

Energieconcepten woningen Oosterwold



Technical Sciences

Leeghwaterstraat 44

2628 CA Delft

Postbus 6012

2600 JA Delft

www.tno.nl**TNO-rapport****TNO 2016 R11232****Energieconcepten woningen Oosterwold**

Datum	22 september 2016
Auteur(s)	A.J. Kalkman
In samenwerking met	P.P. Smoor – Over Morgen
Exemplaarnummer	0100299945
Oplage	
Aantal pagina's	33 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	3
Opdrachtgever	Bewonerscollectief Oosterwold en gemeente Almere
Projectnaam	Energieconcepten woningen Oosterwold
Projectnummer	060.23289

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Terugbrengen van de energievraag	4
2.1	Energiezuinig ventilatiesysteem	4
2.2	Laag temperatuur verwarmingssysteem	6
3	Opwek van warmte en koude	8
3.1	Toepasbare concepten	8
3.2	Technische randvoorwaardes en ruimtebeslag.....	10
4	Energetische prestatie	14
4.1	Energiegebruik en -kosten per woningtype	14
4.2	Zonne-energie	15
4.2.1	Energie-neutrale woning.....	16
4.2.2	Nul-op-de-meter.....	17
4.2.3	Zonneboiler.....	18
5	Investing	20
5.1	Energie-neutraal	20
5.2	ISDE subsidie	21
6	Conclusie	22

Bijlage I Technische specificaties

Bijlage II Bodemenergiesystemen in Oosterwold

Bijlage III Energetische prestatie van verschillende concepten

1 Inleiding

Oosterwold ligt tussen Almere en Zeewolde waarin ruimte is voor circa 15.000 woningen. De ontwikkeling van het gebied wordt vormgegeven met een organisch groeimodel, waarbij particulieren zelf kunnen bepalen waar ze gaan wonen en met zo min mogelijk bemoeienis van de overheid. Een van de gevolgen hiervan is dat in het gebied geen gas- of warmte-infrastructuur wordt aangelegd. Gebouwen worden alleen aangesloten op een elektriciteitsnet. Door het organisch groeimodel komen er veel verschillende woningtypes. Grote vrijstaande villa's, kleinere vrijstaande woningen, bungalows maar ook rijtjeswoningen.

Oosterwold ligt in een drinkwaterwinningsgebied. Daarom mogen er niet zomaar grondboringen gedaan worden in het gebied en zijn er boringsvrije zones. Het realiseren van een bodemenergiesysteem voor het verwarmen van een woning kan daarom alleen onder strikte voorwaarden. Door een collectief van particuliere initiatiefnemers is daarom aan TNO en Over Morgen gevraagd meer inzicht te geven in aardgasloze, energiezuinige en duurzame energieconcepten en de (on)mogelijkheden voor het toepassen van een bodemenergiesysteem in Oosterwold. Voorliggend rapport is tot stand gekomen in een samenwerking tussen TNO en Over Morgen.

Om de zelfbouwers inzicht te geven in de te maken keuzes wordt in deze rapportage op hoofdlijnen inzicht gegeven in:

- Hoe de warmtevraag van de woning optimaal kan worden teruggebracht.
- Welke keuzes er te maken zijn voor het selecteren van een goed werkend ventilatiesysteem.
- Welke keuzes er te maken zijn voor het verwarmen van de woning op laag temperatuur.
- Welke keuzes er te maken zijn voor het opwektoestel voor warmte en wat de gevolgen zijn voor de energierekening en de investeringen.
- Waarmee de bewoners rekening moeten houden bij de realisatie van een bodemenergiesysteem.

Let op:

Daar waar in deze rapportage getallen worden genoemd (energiegebruiken, vermogens, energiekosten, afmetingen, investeringen etc.) zijn deze uitsluitend bedoeld om inzicht te geven in de verschillen tussen verschillende concepten. De getallen zijn gebaseerd op ervaringskennis en op basis van representatieve standaardtypes woningen (rijtjeswoning, vrijstaande woning etc.) Individuele energiegebruiken zijn sterk afhankelijk van individuele keuzes en gedragingen van bewoners. Investeringskosten zijn sterk afhankelijk van kwaliteit, uitvoeringskeuzes, schaalgrootte en lokale marktcondities. Ontwerp en dimensionering van woning en installaties zijn de verantwoordelijkheid van de aannemende partijen.

2 Terugbrengen van de energievraag

Een nieuwbouwwoning is in de basis al energiezuinig. Vanwege de eisen in het Bouwbesluit moet de woning al goed worden geïsoleerd. Er wordt geadviseerd om de volgende maatregelen minimaal aan te houden en te overleggen aan de architect en aannemer:

- Isolatie van vloer, gevel en dak minimaal conform de eisen uit het bouwbesluit. Respectievelijk een Rc waarde van minimaal: 3,5; 4,5 en 6,0 m²K/W.
- Goed geïsoleerde kozijnen met isolatieglas: $U_{raam} \leq 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Door toepassing van drievoudig glas kan $U_{raam} \leq 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ worden gerealiseerd.
- Beglazing met lage ZTA waarde op de zon belaste gevels: ZTA ~ 0,4.
- Geïsoleerde voordeur.
- Goede kierdichting. Luchtdichtheid $q_v 10 \leq 0,4 \text{ dm}^3 / \text{sm}^2$.
- Laag temperatuur radiatoren of vloerverwarming (of combinatie daarvan).
- Energiezuinig ventilatiesysteem: balansventilatie met WTW of ventilatie op basis van CO₂ sturing.
- Een douche in badkamers op de verdieping kan worden voorzien van een douchepijp WTW om warmte terug te winnen uit douchewater.

Om de energievraag te beperken moet daarnaast in het ontwerp, voor zover dit mogelijk is rekening gehouden worden met:

- Glasoppervlak van maximaal 50% in voor- en achtergevel. In eventuele zijgevels en schuine daken beperkt glas toepassen. Het heeft de voorkeur om glas op zuidgevel toe te passen boven de noordgevel.
- Grote glasgevels op zuidgevel voorzien van overstek en/ of buitenzonwering om zon te weren. Grote glasvlakken op oost en westgevel voorzien van buitenzonwering.
- Korte leidinglengtes van het toestel voor het opwekken van warm tapwater naar de badkamer(s).
- Bij grote afstand (> 8 meter) tussen toestel voor het opwekken van warm tapwater en keuken, een keukenboiler toepassen.
- Badkamer(s), toilet en keuken bij voorkeur centraal en gegroepeerd in de woning plaatsen, zodat de ventilatiekanalen compact kunnen worden ingepast in het ontwerp. Bij grotere woningen kunnen eventueel twee ventilatiesystemen worden toegepast, waardoor meer ontwerprijheid ontstaat.

Afwijkingen van deze vuistregels zullen vaak aanleiding geven tot bijzondere aandachtspunten bij het ontwerp en de dimensionering van de installaties.

2.1 Energiezuinig ventilatiesysteem

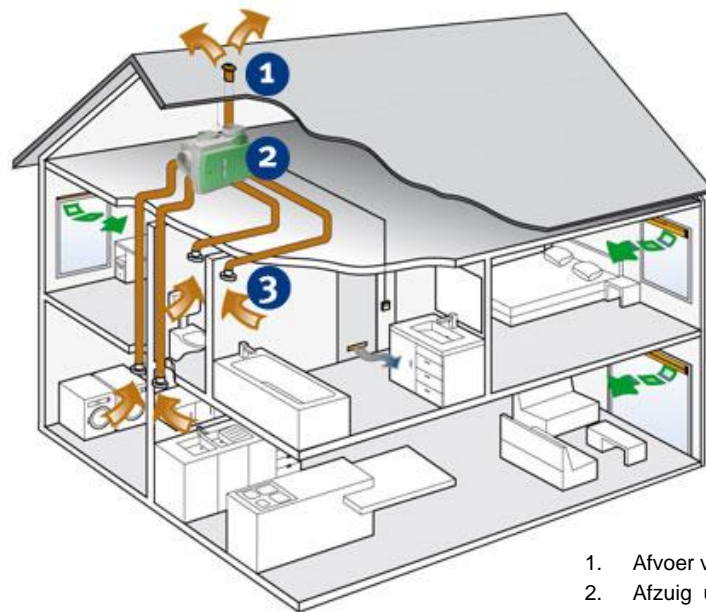
Voor een comfortabele en energiezuinige woning is de juiste keuze voor het

ventilatiesysteem essentieel. De bewoners zijn vrij in hun keuze van een ventilatiesysteem. Er zijn op hoofdlijnen twee systemen op de markt:

- Natuurlijke toevoer met roosters in de gevel en mechanische afvoer in badkamer(s), keuken, toilet en wasmachineruimte. Afvoer wordt gestuurd op aanwezigheid (CO_2 sensor) en vocht (H_2O sensor). Hiermee wordt voorkomen dat onnodig warmte via het ventilatiesysteem verloren gaat. In de installatiebranche wordt dit Systeem C genoemd.
- Balansventilatie: mechanische toevoer in de woonkamer en slaapkamers, en mechanische afvoer in badkamer(s), keuken, toilet en wasmachineruimte in combinatie met warmteterugwinning (WTW). Hiermee wordt de verse buitenlucht voorverwarmd met warmte uit de warme binnenlucht, waardoor er bijna geen warmte verloren gaat. In de installatiebranche wordt dit Systeem D genoemd.

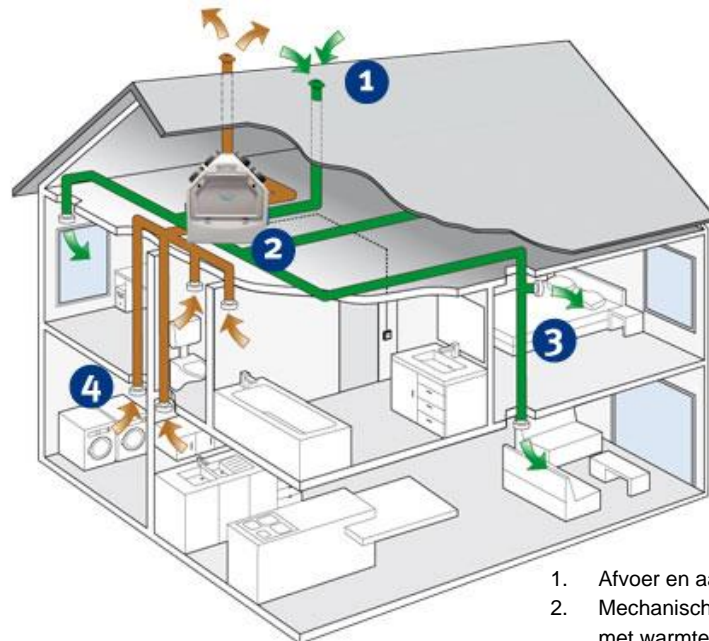
De figuren 2.1 en 2.2 zijn overgenomen van www.vzwdorp.eu, omdat de figuren van deze website productonafhankelijk zijn.

Afbeelding 2.1: Systeem C met toevoer via roosters in de gevel



1. Afvoer ventilatie via het dak.
2. Afzuig unit ventilatie op basis van CO_2 / H_2O sturing.
3. Afzuigpunten in badkamer, keuken, toilet en wasmachineruimte.

Afbeelding 2.2: Systeem D met balansventilatie en warmteterugwinning



1. Afvoer en aanvoer ventilatie via het dak.
2. Mechanische aan -en afvoer installatie met warmteterugwinning.
3. Ventilatie aanvoer naar slaapkamers en woonkamer.
4. Afzuigpunten in badkamer, keuken, toilet en wasmachineruimte.

Het ventilatiesysteem heeft bij een goed geïsoleerde woning grote invloed op de energiebehoefte voor ruimteverwarming, en daarmee ook het vermogen van de installaties, die nodig is om de woning te verwarmen. De warmtevraag voor ruimteverwarming en daarmee ook het vermogen is bij systeem D lager dan bij systeem C, zie tabel 2.1.

Tabel 2.1: Indicatie warmtevraag (energie in GJ per jaar) bij gemiddeld gebruik en benodigd verwarmingsvermogen per woning.

	GBO m ²	Warmtevraag ruimteverwarming		Indicatie vermogen	
		Systeem C GJ/ per jaar	Systeem D GJ/ per jaar	Systeem C kW	Systeem D kW
Vrijstaand groot	200	36	29	12	10
Vrijstaand klein	140	25	20	8	7
Bungalow	100	20	16	6	5
Rijtjeswoning	110	16	12	6	4

2.2 Laag temperatuur verwarmingssysteem

Een goed functionerende verwarmingsinstallatie is belangrijk voor het energiegebruik en het comfort in de woning. Door te kiezen voor verwarmingsinstallatie op laag temperatuur (LTV) is de bewoner flexibel in de keuze voor het opwektoestel voor warmte (zie hoofdstuk 3).

Bij LTV is de aanvoertemperatuur van het water dat gaat naar de radiatoren, vloer- of wandverwarming, circa 35 °C. Bij gewone centrale verwarming kan dat oplopen tot 70 °C bij een nieuwbouwwoning. Vanwege de lagere temperatuur is de energiegebruik voor verwarmen van de woning bij LTV lager. Dat scheelt op de energierekening. Bij toepassing van een warmtepomp geldt dit in versterkte mate.

De vloerverwarmingsinstallatie maakt integraal onderdeel van het gehele verwarmingssysteem en is essentieel voor de werking van en het rendement van bijvoorbeeld een warmtepompinstallatie. Maatgevend hierin is de benodigde watertemperatuur voor verwarming. Er wordt geadviseerd het ontwerp van de installateur van de vloerverwarming op basis van de warmteverliesberekening per vertrek ter controle voor te leggen aan een onafhankelijke installatieadviseur, zie ook bijlage I.

De ontwerpeis is dat de vloerverwarming wordt ontworpen op een aanvoerwatertemperatuur van maximaal 35 °C. Wanneer de installateur van mening is dat in een specifieke situatie een aanvoerwatertemperatuur van 35 °C niet haalbaar is, dient de vloerverwarming te worden aangevuld met wandverwarming of laag temperatuur convectoren/ radiatoren. De ontwerpeis kan eenvoudiger worden gehaald:

- Bij ventilatiesysteem D.
- Door het toepassen van drievoudig glas.
- Door het beperken van grote glasvlakken.

Er wordt geadviseerd om een regeling toe te passen waarmee de slaapvertrekken op een andere temperatuur kunnen worden ingesteld als het woonvertrek. Vaak wordt daarom gekozen om de slaapvertrekken uit te voeren met alleen laag temperatuur convectoren/ radiatoren met een thermostaatknop. Met LTV met vloer- of wandverwarming, dan kan de gebruiker de thermostaat tot 2 graden lager instellen dan hij gewend is bij een hoog temperatuursysteem. De thermostaat kan 's nachts een paar uur voor het slapen gaan en bij afwezigheid overdag nog eens 2 graden lager; Let op: een grotere verlaging is niet aan te raden, omdat bij een grotere verlaging het opwarmen te lang duurt. Dit is nadelig voor zowel het comfort als de energierekening.

3 Opwek van warmte en koude

Om een woning te verwarmen is er een minimaal basisverwarmingsvermogen nodig voor ruimteverwarming en moet de bewoner daarnaast altijd warm tapwater beschikbaar hebben. In Oosterwold komt geen gas- of warmte-infrastructuur.

3.1 Toepasbare concepten

Voor het efficiënt opwekken van warmte en om te kunnen voldoen aan de energieprestatie eis voor nieuwbouwwoningen zijn er op hoofdlijnen twee systemen:

- Biomassaketels.
- Warmtepompen.

Voordeel van een warmtepompsysteem is dat naast ruimteverwarming en warm tapwater ook koude geleverd kan worden om de woning te koelen. Voorwaarde voor het goed functioneren van een warmtepompsysteem is laag temperatuur verwarming. Warmtepompsystemen hebben een bron nodig om warmte en koude te kunnen maken. Er zijn twee type bronnen:

- Warmtepompen die functioneren op buitenlucht, in de installatiebranche worden dit lucht-water warmtepompen genoemd.
- Warmtepompen die functioneren op bodemenergie, in de installatiebranche worden dit water-water of 'brine-water' warmtepompen genoemd.

Afbeelding 3.1: Voorbeelden van binnen-units en buiten-units van warmtepompen met als bron buitenlucht.



Punt van aandacht bij het uitzoeken van het type warmtepomp is dat deze zowel ruimteverwarming als warm tapwater kan leveren. Er zijn namelijk ook warmtepompen op de markt die geen warm tapwater leveren, waardoor aanvullend een inefficiënte elektrische boiler moet worden geplaatst.

Bij grotere woningen kan het interessant zijn om twee systemen te combineren. In de installatiebranche wordt dat een bivalent systeem genoemd. Mogelijke combinaties zijn:

- Een warmtepompsysteem, dat functioneert op bodemenergie én buitenlucht. Hiermee is tevens een hoger jaarrendement mogelijk.
- Een warmtepompsysteem aangevuld met een biomassakachel.

Biomassaketels en kachels verbranden hout of houtpellets (geperste gedroogde hout korrels). Zelfs in een gebied als Oosterwold is er niet voldoende grond beschikbaar om lokaal voldoende duurzaam beheert hout te produceren om de woningen als basislast te kunnen verwarmen. Er wordt daarom geadviseerd om hout als brandstof daarom alleen te gebruiken als bijstook voor grote woningen en eventueel als verwarming voor een aantal kleinere woningen. Bijstook is erg interessant bij grotere woningen waar men voornemens is om een open haard in de woonkamer te realiseren, deze kan dan worden vervangen door een pelletkachel. Een pelletkachel heeft een veel betere verbranding dan een open haard, waardoor er meer warmte wordt benut en minder fijnstof wordt uitgestoten. Bijkomend voordeel is dat de woning dan ook, in combinatie met een warmtepomp, gekoeld kan worden.

Afbeelding 3.2: Houtpellets



Een woning met een warmtepomp wordt ook wel een “all electric” woning genoemd, omdat deze woningen alleen maar elektriciteit gebruiken als energiebron. Er komen ook steeds meer “all electric” systemen op de markt, die niet gebruik maken van warmtepompen op bodemenergie of buitenlucht:

- Infraroodpanelen: Het rendement van deze panelen is laag vergeleken met een warmtepomp. Wat de gevolgen zijn voor de energierekening is zeer afhankelijk van de comfortbeleving en het gedrag. Er is geen goed onafhankelijk onderzoek vanuit de praktijk bekend. Infraroodpanelen verbruiken bij gelijk gedrag relatief veel elektriciteit ten opzichte van een laag temperatuur CV installatie met warmtepomp. Dit systeem werkt dus alleen voor bewuste gebruikers die bereid zijn het stookgedrag aan te passen.

- Elektrische geisers en boilers: Het rendement van elektrische geisers en boilers voor het opwekken van warm tapwater is laag. Deze systemen werken alleen voor zeer zuinige gebruikers en kleine huishoudens.
- Een warmtepomp met als bron binnenlucht, gecombineerd met ventilatiesysteem C: Er kan maar een beperkte hoeveelheid warmte uit de binnenlucht worden gehaald, dit is niet toereikend voor het verwarmen van de woning en het opwekken van warm tapwater. Groot deel van deze warmte zal dan dus inefficiënt zonder de warmtepomp worden opgewekt.

“All electric” systemen zonder efficiënte warmtepomp hebben veel elektrisch vermogen nodig. Aandachtspunt is dat de aansluiting binnen de 3x 25 A blijft, anders worden de vastrechtkosten, die betaald moeten worden aan Liander, voor de bewoner veel hoger. Er moeten dan ook veel meer zonnepanelen op het dak van de woning komen om het hogere elektriciteitsgebruik te compenseren. Ook voor Liander zijn dergelijke systemen niet gewenst, omdat er dan in de winter een hoge piekvraag komt naar elektriciteit vanuit het net en in de zomer een overschot aan elektriciteitsproductie door de zonnepanelen.

3.2 Technische randvoorwaardes en ruimtebeslag

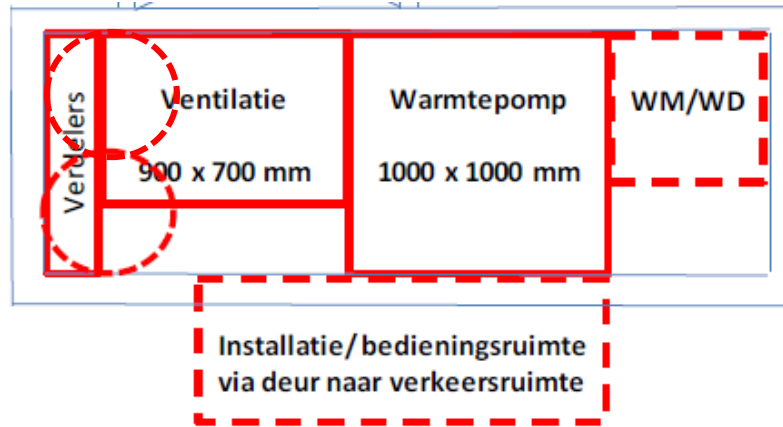
In het ontwerp moet rekening worden gehouden met een technische ruimte voor de warmtepomp en het ventilatiesysteem in de woning. Voor de technische randvoorwaardes van het warmtepompsysteem en een biomassa installatie wordt verwezen naar bijlage I. De binnen-units inclusief het boilervat van de lucht-water warmtepomp (buitenlucht) en water-water warmtepomp (bodemenenergie) zijn qua omvang gelijk. Het ruimtegebruik is vergelijkbaar met een koel-vriescombinatie.

Geluid producerende installaties zoals ventilatieboxen en warmtepompen worden geplaatst in een met een deur afgesloten opstelruimte, waarbij de deur van de opstelruimte niet uitkomt in een verblijfsruimte. De opstelruimte zorgt voor geluidsafscherming, zodanig dat aan de gestelde ontwerpeisen met betrekking tot installatiegeluid wordt voldaan.

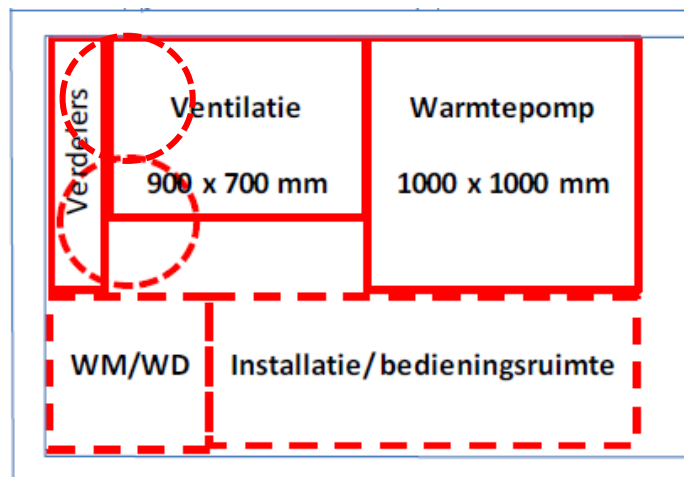
Afbeelding 3.3 en 3.4 laten twee opties zien, als er een technische ruimte komt waar alle installaties worden gecombineerd. Dus voor verwarmen, ventileren inclusief wasmachine en droger. Afbeelding 3.5. laat een opstelling zien van de warmtepompinstallatie in de trapkast. In dat geval is een separate kast nodig voor het ventilatiesysteem, zie afbeelding 3.6.

Naast de technische ruimte in de woning komen er ook verticale bodemussen in de grond als wordt gekozen voor een bodemwarmtepomp. In Nederland is een lengte van 100 tot 150 meter diepte gebruikelijk. In Oostervold is dit een aandachtspunt vanwege de beperkte diepte die is toegestaan voor boringen. Voor de technische randvoorwaardes van het bodemenenergie wordt verwezen naar bijlage II.

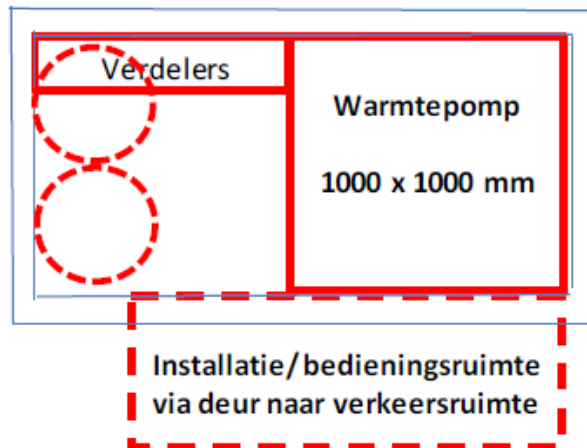
Afbeelding 3.3: Minimale opstelruimte installaties 2600 x 1000 mm



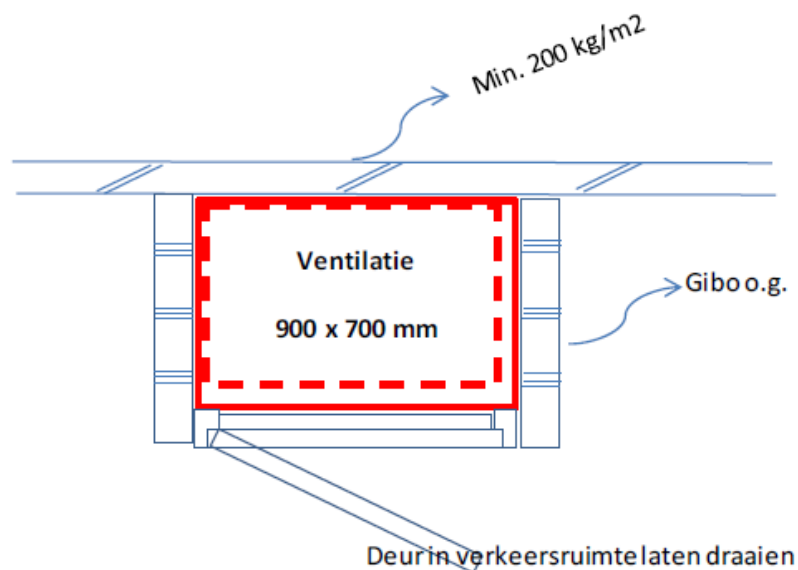
Afbeelding 3.4: Minimale opstelruimte installaties 2000 x 1600 mm



Afbeelding 3.5: Separate opstelling warmtepomp in trapkast 2000 x 1000 mm



Afbeelding 3.6: Separate opstelling WTW unit ventilatie installatie



Tabel 3.1 geeft een indicatie van het aantal verticale bodemwisselaars die nodig zijn met een lengte van 27 meter (zie bijlage II) bij toepassing van een bodemwarmtepomp. De onderlinge afstand van de boorgaten is 6 meter.

Tabel 3.1: Indicatie vermogen warmtepomp per woning en aantal verticale bodemwisselaars met een lengte van 27 meter.

	GBO m ²	Indicatie vermogen warmte		Indicatie aantal bodemwisselaars	
		Systeem C kW	Systeem D kW	Systeem C kW	Systeem D kW
Vrijstaand groot	200	12	10	11	9
Vrijstaand klein	140	8	7	8	7
Bungalow	100	6	5	6	5
Rijteswoning	110	6	4	5	4

Als een bodemwarmtepomp wordt gecombineerd met buitenlucht als bron of met een pelletkachel (bivalent systeem) zijn veel minder verticale bodemwisselaars nodig, zie tabel 3.2.. Dit is met name, omdat dan ook de investering een stuk lager is, zie hoofdstuk 5.

Tabel 3.2: Indicatie aantal verticale bodemwisselaars met een lengte van 27 meter bij een bivalent systeem.

	GBO m ²	Indicatie aantal bodemwisselaars	
		Systeem C kW	Systeem D kW
Vrijstaand groot	200	5	4
Vrijstaand klein	140	3	3

Als wordt gekozen voor een warmtepomp met als bron buitenlucht wordt er ook een buitenunit geplaatst, zie ook afbeelding 3.1. Hiermee moet rekening worden gehouden in het architectonisch ontwerp. Ook moet er rekening mee worden gehouden dat de buiten-unit geluid produceert.

4 Energetische prestatie

In dit hoofdstuk wordt indicatief het energiegebruik en de energielasten van de verschillende concepten per woningtype vergeleken. De werkelijke energieprestatie is sterk afhankelijk van het ontwerp, de realisatie, de oplevering en het onderhoud aan het systeem, zie hiervoor bijlage II.

Vervolgens wordt indicatief het aantal zonnepanelen berekend, die nodig zijn om de elektrische energie, nodig voor het verwarmingssysteem, het koelsysteem en het ventilatiesysteem te compenseren. Ook wordt het aantal zonnepanelen, die nodig zijn om de elektrische energie nodig voor verlichting en huishoudelijke apparatuur te compenseren en zo Nul op de Meter te realiseren. Tot slot worden de effecten van het toepassen van een zonneboiler inzichtelijk gemaakt.

4.1 Energiegebruik en -kosten per woningtype

Tabel 4.1 geeft een indicatie van het totale elektriciteitsgebruik in kWh per jaar per energieconcept en ventilatieconcept voor een grote vrijstaande woning bij een gemiddeld gebruik. In tabel 4.2 is het elektriciteitsgebruik vertaald naar de jaarlijkse energierekening. Opgemerkt kan worden dat:

- Een warmtepomp met als bron buitenlucht (WP buitenlucht) het meeste energie gebruikt. Dit komt door het lagere rendement dat wordt gehaald door gebruik te maken van de buitenlucht als bron in plaats van bodemenergie. Hierdoor presteert deze warmtepomp minder goed voor de opwek van ruimteverwarming, warm tapwater en koeling.
- Een bodemwarmtepomp gecombineerd met een pelletkachel het minste elektriciteit gebruikt (WP bodem + pellet). Opgemerkt moet hierbij worden dat in dit concept een deel van de ruimteverwarming, circa 25% met houtpellet stook wordt ingevuld. Voor de prijs van houtpellets is gerekend met externe inkoop. Als dit lokaal wordt geproduceerd, middels een coöperatie met voldoende volume, kan de kostprijs lager zijn.
- In Nederland men per elektriciteitsaansluiting een vast bedrag per jaar betaalt aan de netwerkbeheerder (in Oostervold Liander) en aan de energieleverancier (vrije keuze voor gebruiker). Dit wordt ook wel het vastrecht genoemd. Voor een gasaansluiting moet ook vastrecht worden betaald (circa € 200,- per jaar), echter in Oostervold is dit niet van toepassing.
- In Nederland moet een consument energiebelasting (EB) betalen, de hoogte is afhankelijk van het energiegebruik. Ook krijgt in Nederland elk huishouden een vast bedrag terug aan EB, dit wordt de teruggave EB genoemd, dit is dus onafhankelijk van het gebruik van energie.

In bijlage III zijn de overige drie woningtypes uitgewerkt.

Tabel 4.1: Indicatie totale elektriciteitsgebruik per energieconcept voor grote vrijstaande woning van 200 m² vloeroppervlak

Vrijstaand groot	WP buitenlucht		WP bodem		WP bodem+ lucht		WP bodem+ pellet	
	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D
Ruimteverwarming	3.333	2.667	1.818	1.455	2.197	1.758	1.364	1.091
Tapwater	1.466	1.466	1.056	1.056	1.056	1.056	1.056	1.056
Koeling	467	467	117	117	117	117	117	117
Ventilatie + hulp	400	600	400	600	400	600	400	600
Overig huishoudelijk	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400
TOTAAL kWh/jaar	9.066	8.599	6.790	6.627	7.169	6.930	6.336	6.263

Tabel 4.2: Indicatie energiekosten per energieconcept voor grote vrijstaande woning van 200 m² vloeroppervlak

Vrijstaand groot	WP buitenlucht		WP bodem		WP bodem+ lucht		WP bodem+ pellet	
	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D
Vastrecht elektriciteit	€ 271	€ 271	€ 271	€ 271	€ 271	€ 271	€ 271	€ 271
Variabel elektriciteit	€ 1.723	€ 1.634	€ 1.290	€ 1.259	€ 1.362	€ 1.317	€ 1.204	€ 1.190
Teruggave EB	€ -376	€ -376	€ -376	€ -376	€ -376	€ -376	€ -376	€ -376
Houtpellets	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 204	€ 163
TOTAAL per jaar	€ 1.617	€ 1.528	€ 1.185	€ 1.154	€ 1.257	€ 1.212	€ 1.303	€ 1.248
TOTAAL per maand	€ 135	€ 127	€ 99	€ 96	€ 105	€ 101	€ 109	€ 104

4.2 Zonne-energie

Nieuwbouwwoningen moeten voldoen aan een minimale energieprestatie eis (EPC) om te voldoen aan het bouwbesluit. Er wordt geadviseerd om in het ontwerp een systeem met zonnepanelen op te nemen en te begroten van minimaal 6 tot 8 panelen van ieder 320 Wp. Dit is het vermogen van de zonnepanelen. Totaal dus 1920 tot 2560 Wp per woning met bij voorkeur een oriëntatie zuidwest tot zuidoost. Dit is circa 10-13 m². Dit type zonnepaneel levert circa 280 kWh per jaar aan stroom per paneel, totaal dus 1.680 tot 2.240 kWh stroom per jaar. Hiermee zal de woning in de meeste gevallen voldoen aan de wettelijke eis met een EPC ≤ 0,4. Voor elke woning zal wel een berekening gemaakt moeten worden om aan te tonen dat de woning ook daadwerkelijk voldoet aan deze eis.

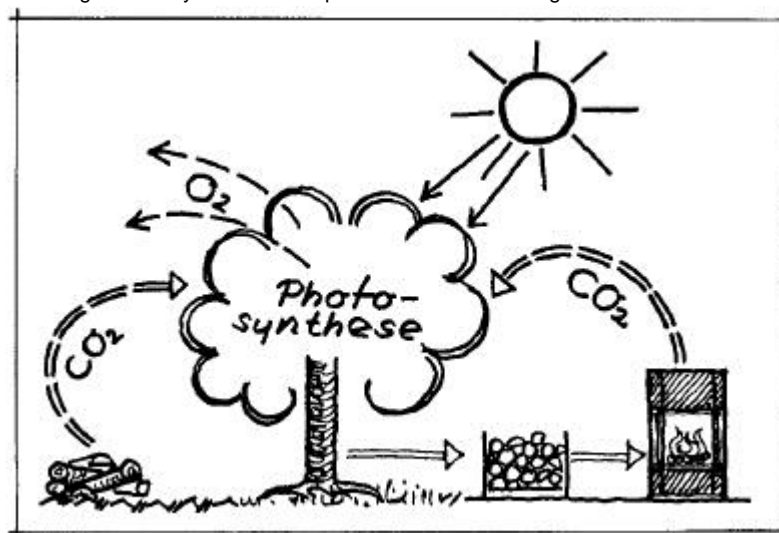
Afbeelding 4.1: Het advies is om in het ontwerp rekening te houden met minimaal 6-8 panelen



4.2.1 Energie-neutrale woning

Om een energie-neutrale woning te bouwen zullen in veel gevallen meer zonnepanelen nodig zijn. Hiervoor moet de elektrische energie, nodig voor het verwarmingssysteem, het koelsysteem en het ventilatiesysteem minimaal worden gecompenseerd. (N.B. hierbij wordt dus het huishoudelijk gebruik nog buiten beschouwing gelaten. De uitwerking inclusief het huishoudelijke gebruik wordt in de volgende paragraaf beschreven).

Het is niet zinvol om eventuele bijstook met houtpellets te compenseren met duurzame opwek van stroom. Daarbij is de hele cyclus van hout produceren en verbranden al (bijna) CO₂ neutraal, zeker als het hout en de pellets lokaal in Oosterwold worden geproduceerd en er dus geen transport nodig is.

Afbeelding 4.2: De cyclus van hout productie en verbranding is CO₂ neutraal.

Tabel 4.3 geeft een indicatie van het aantal zonnepanelen dat nodig is om een energie-neutrale woning te realiseren.

Tabel 4.3: Indicatie aantal zonnepanelen voor energie-neutrale woning bij gemiddeld gebruik

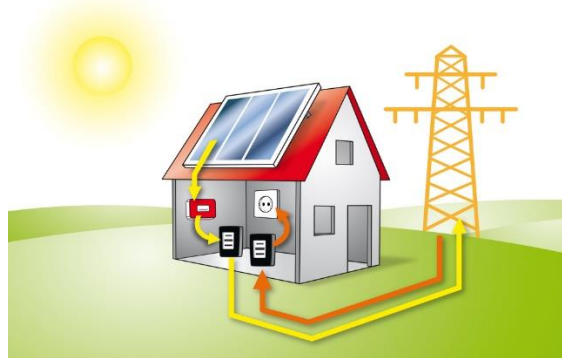
	WP buitenlucht		WP bodem		WP bodem+ lucht		WP bodem+ pellet	
	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D
Vrijstaand groot	20	19	12	12	13	13	10	10
Vrijstaand klein	16	15	10	9	11	10	8	8
Bungalow	10	9	6	6				
Rijtjeswoning	10	9	6	6				

4.2.2 Nul-op-de-meter

Een nul-op-de-meter (NOM) woning betekent dat alle elektriciteit, die de woning gebruikt ook wordt opgewekt met zonnepanelen, dus inclusief verlichting en het huishoudelijk gebruik.

Belangrijk hierbij om te weten is dat in Nederland duurzaam opgewekte stroom mag worden gesalderd. De salderingsregeling is geldig bij zonnepanelen, die gekoppeld zijn aan de elektriciteitsmeter van een woning. De vraag naar elektrische energie van een woning, is vaak op een ander tijdstip dan de productie van de duurzame stroom met zon. De regeling zorgt ervoor dat elektriciteit opgewekt door deze zonnepanelen en die terug geleverd wordt aan het net als de zon schijnt, dezelfde waarde heeft als elektriciteit die van het net gehaald wordt als de zon niet schijnt. Voor het salderen is het van belang dat een huishouden niet meer elektriciteit produceert dan dat het gebruikt. De huidige salderingsregeling zal naar verwachting in 2020 worden herzien.

Afbeelding 4.3: Salderen van zelf opgewekte stroom



Het energiegebruik van een woning is erg afhankelijk van het gedrag van de bewoner, denk daarbij aan:

- De stooktemperatuur in de woning.
- Het openen van ramen in de winter.
- Hoelang er dagelijks wordt gedoucht of in bad wordt gegaan en door hoeveel personen.
- Hoe vaak er wekelijks wordt gewassen en hoe vaak de droger wordt gebruikt.
- Het type verlichting en hoe vaak deze aanstaat.
- De hobby's van de bewoners, zoals klussen en of er een verwarmd aquarium of terrarium aanwezig is.

Tabel 4.4 geeft een indicatie voor het aantal zonnepanelen per woningtype en energieconcept om NOM te realiseren. Als de zelfbouwer energiebewust is of bijvoorbeeld een deel van de winter in het buitenland woont, wordt geadviseerd om niet meer dan vier panelen extra te plaatsen als bij een energie-neutrale woning (tabel 4.3).

Tabel 4.4: Indicatie aantal zonnepanelen voor een NOM woning bij gemiddeld gebruik.

	WP buitenlucht		WP bodem		WP bodem+ lucht		WP bodem+ pellet	
	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D
Vrijstaand groot	32	31	24	24	26	25	23	22
Vrijstaand klein	27	25	20	20	21	21	19	19
Bungalow	21	20	17	16				
Rijtjeswoning	21	20	17	16				

Als wordt gekozen voor een groot zonnestelsel op het dak is het van belang dat dit wordt meegenomen in het dakontwerp.

Afbeelding 4.4: Voorbeeld van grote zonnestelsels geïntegreerd in het dakontwerp.



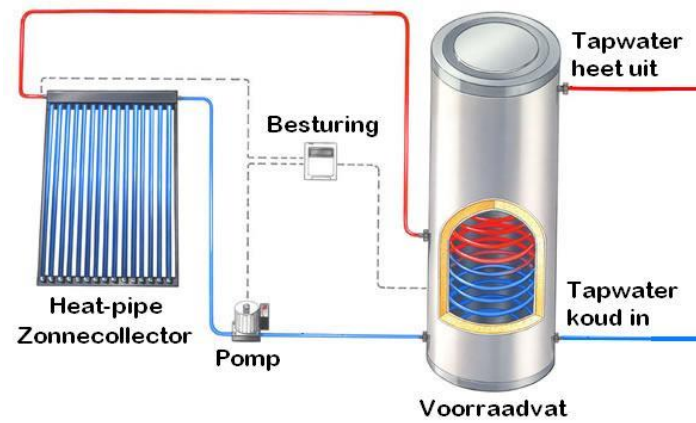
4.2.3 Zonneboiler

Met zonnecollectoren op het dak kan warmte worden opgewekt. Deze warmte kan worden gebruikt om te douchen. De beschikbare warmte is afhankelijk van hoeveel de zon schijnt. De warmte kan maar voor een beperkte tijd in een boiler vat opgeslagen worden. Hierdoor kan jaarlijks maar circa 50% energie bespaard worden op het warm tapwater gebruik en daarom is het niet efficiënt om met een zonneboiler ook de woning te verwarmen, omdat de zon te weinig warmte opwekt tijdens koude dagen. Ter indicatie; er kan jaarlijks tussen de 350 en 750 kWh aan elektriciteit worden bespaard voor het opwekken van warm tapwater. Een besparing van circa € 65 tot € 140 per jaar. Deze beperkte kostenbesparing weegt vaak niet op tegen de investering. Een zonneboiler kan mogelijk wel interessant zijn bij een van de volgende factoren:

- Bij toepassing van een biomassaketel (minder biomassa nodig).
- Voor grote gezinnen (veel douchegebruik).
- Bij regelmatig gebruik van het bad (grote warmwaterbehoefte).

Zonnecollectoren zijn ook interessant voor het natuurlijk verwarmen van een zwembad in de tuin.

Afbeelding 4.5: Voorbeeld van de werking van een zonneboilersysteem



Een keuze om al dan niet een zonneboiler toe te passen kan gemaakt worden onafhankelijk van de keuze voor het verwarmingssysteem.

5 Investerings

In dit hoofdstuk is indicatief de investering berekend nodig voor het opwek systeem voor warmte voor ruimteverwarming en warm tapwater en koude voor ruimtekoeling, exclusief het vloerverwarmingssysteem. Daarnaast is ook de meerinvestering berekend van ventilatiesysteem D ten opzichte van C en de investering in zonnepanelen om te komen tot een energie-neutrale woning. Alle genoemde investeringen zijn exclusief btw.

De investeringen zijn goed met elkaar vergelijkbaar omdat ze resulteren in dezelfde energierekening, namelijk alleen een energierekening voor het huishoudelijk energiegebruik inclusief verlichting, gemiddeld tussen de € 35,- en € 45,- per woning per maand. Bij de variant met bijstook met de pelletkachel komt daar nog circa € 15,- per maand kosten bij voor inkoop van de houtpellets. Ter vergelijking, de gemiddelde energierekening van een gemiddeld huishouden in Nederland is € 130,- per maand. Bij grotere vrijstaande woningen loopt dat op richting gemiddeld € 190,- per maand.

5.1 Energie-neutraal

Onderstaande tabellen geeft indicatief de investeringen voor een energie-neutraal energieconcept.

Tabel 5.1: Indicatie investering energie-neutraal installatieconcept in duizenden euro's voor grote vrijstaande woning inclusief BTW

Vrijstaand groot	WP buitenlucht		WP bodem		WP bodem+ lucht		WP bodem+ hout	
	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D
Opwek warmte en koude	€ 15	€ 13	€ 23	€ 20	€ 19	€ 17	€ 21	€ 18
Meerkosten systeem D	€ -	€ 2	€ -	€ 2	€ -	€ 2	€ -	€ 2
Zonnepanelen	€ 9	€ 9	€ 6	€ 5	€ 6	€ 6	€ 5	€ 5
Totaal	€ 24	€ 24	€ 28	€ 27	€ 25	€ 25	€ 26	€ 25
onvoorzien 10%	€ 2	€ 2	€ 3	€ 3	€ 3	€ 2	€ 3	€ 2
Totaal exclusief BTW	€ 26	€ 26	€ 31	€ 30	€ 28	€ 27	€ 28	€ 27

Tabel 5.2: Indicatie investering energie-neutraal installatieconcept in duizenden euro's voor kleine vrijstaande woning inclusief BTW

Vrijstaand klein	WP buitenlucht		WP bodem		WP bodem+ lucht		WP bodem+ hout	
	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D
Opwek warmte en koude	€ 12	€ 11	€ 17	€ 16	€ 15	€ 14	€ 16	€ 15
Meerkosten systeem D	€ -	€ 1	€ -	€ 1	€ -	€ 1	€ -	€ 1
Zonnepanelen	€ 7	€ 7	€ 4	€ 4	€ 5	€ 5	€ 4	€ 4
Totaal	€ 19	€ 19	€ 22	€ 21	€ 20	€ 20	€ 20	€ 20
onvoorzien 10%	€ 2	€ 2	€ 2	€ 2	€ 2	€ 2	€ 2	€ 2
Totaal exclusief BTW	€ 21	€ 21	€ 24	€ 23	€ 22	€ 22	€ 22	€ 22

Tabel 5.3: Indicatie investering energie-neutraal installatieconcept in duizenden euro's voor bungalow woning inclusief BTW

Bungalow	WP buitenlucht		WP bodem	
	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D
Opwek warmte en koude	€ 11	€ 10	€ 14	€ 13
Meerkosten systeem D	€ -	€ 1	€ -	€ 1
Zonnepanelen	€ 6	€ 5	€ 3	€ 3
Totaal	€ 16	€ 16	€ 18	€ 17
onvoorzien 10%	€ 2	€ 2	€ 2	€ 2
Totaal exclusief BTW	€ 18	€ 18	€ 20	€ 19

Tabel 5.4: Indicatie investering energie-neutraal installatieconcept in duizenden euro's voor rijwoning inclusief BTW

Rijwoning	WP buitenlucht		WP bodem	
	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D
Opwek warmte en koude	€ 10	€ 8	€ 13	€ 11
Meerkosten systeem D	€ -	€ 1	€ -	€ 1
Zonnepanelen	€ 5	€ 4	€ 3	€ 3
Totaal	€ 15	€ 14	€ 16	€ 15
onvoorzien 10%	€ 1	€ 1	€ 2	€ 1
Totaal exclusief BTW	€ 16	€ 15	€ 18	€ 16

5.2 ISDE subsidie

De investeringssubsidie duurzame energie (ISDE) is een tegemoetkoming die kan worden verkregen voor de aanschaf van zonneboilers, warmtepompen, biomassaketels en pelletkachels. De regeling is voor zowel particulieren als zakelijke gebruikers. De meerjarige regeling opent op 1 januari 2016 en loopt tot en met 31 december 2020. Per subsidiejaar wordt het budget vooraf bekend gemaakt. In 2016 is er € 70 miljoen subsidie beschikbaar. Ga voor de regeling en naar:

<http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/investeringsubsidie-duurzame-energie>

Op de site staan lijsten met merken en vermogens van goedgekeurde systemen, die in aanmerking komen voor de subsidie. Voor alle concepten beschreven in deze rapportage is dus subsidie beschikbaar. Onderstaand een indicatie.

	Indicatie ISDE subsidie
Lucht-water warmtepomp	€ 2000,- tot € 2500,-
Water-water warmtepomp	€ 2800,-
Biomassaketel	€ 3200,-
Pelletkachel	€ 500,-
Zonneboiler	€ 500,-

6 Conclusie

Voor nieuwbouwwoningen zijn goede alternatieven op de markt voor woningen zonder aardgas- of warmte aansluiting. Belangrijk is dat de woningen goed worden geïsoleerd, slim worden ontworpen en worden voorzien van een laag temperatuur verwarmingssysteem en een energiezuinig ventilatiesysteem.

Alternatieven voor het opwekken voor warmte voor ruimteverwarming en warm tapwater voor kleinere woningtypes, zoals bungalows en rijtjeswoningen zijn:

- Biomassaketels met hout of houtpellets.
- Warmtepompen met als bron bodemenergie of buitenlucht.

Voor grotere vrijstaande woningen kan het heel interessant zijn om verschillende systemen te combineren, waarbij de basislast wordt ingevuld met een bodemwarmtepomp en de bijstook door bijvoorbeeld een pelletkachel of met de inzet van buitenlucht als bron. Voordeel is hiervan dat het aantal boringen voor het bodemsysteem beperkt kan blijven.

Zelfs in een gebied als Oosterwold is er niet voldoende grond beschikbaar om lokaal voldoende duurzaam beheert hout te produceren om de woningen als basislast te kunnen verwarmen. Er wordt daarom geadviseerd om hout als brandstof daarom alleen te gebruiken als bijstook voor grote woningen en eventueel als verwarming voor een aantal kleinere woningen. Groot voordeel van de inzet van warmtepompen is dat de woningen ook actief kunnen worden gekoeld.

Het toepassen van een bodemwarmtepomp (water-water warmtepomp) is in Oosterwold niet zomaar toegestaan, vanwege de beperkte diepte die is toegestaan voor boringen. De verticale bodemwisselaars mogen bij de onderzochte kavels maximaal 27 meter lang zijn. In Nederland is een lengte van 100 tot 150 meter diepte gebruikelijk.

Een warmtepomp met als bron buitenlucht (lucht-water warmtepomp) presteert energetisch minder goed als een bodemwarmtepomp. Er zijn dit systeem daarom meer zonnepanelen nodig om een energie-neutrale woning te realiseren, circa 60 tot 70% meer. Aandachtspunt bij de keuze voor een warmtepomp is dat deze ook warm tapwater kan opwekken.

Tabel 6.1: Indicatie aantal zonnepanelen van 320 WP voor het realiseren van een energie-neutrale woning.

	Investering inclusief BTW	
	van	tot
Vrijstaand groot	12	20
Vrijstaand klein	8	16
Bungalow	6	10
Rijteswoning	6	10

De investeringen in een energie-neutrale woning in de opwek van warmte voor ruimteverwarming, warm tapwater en koeling inclusief de zonnepanelen is fors. Tabel 6.1 geeft een indicatie van de totale investering per woningtype.

Tabel 6.2: Indicatie investering opwec warmte en koude en zonnepanelen voor energie-neutrale woning in duizenden euro's

	Investering inclusief BTW	
	van	tot
Vrijstaand groot	€ 26	€ 31
Vrijstaand klein	€ 21	€ 24
Bungalow	€ 18	€ 20
Rijteswoning	€ 15	€ 18

Tot en met 2020 kan ISDE subsidie worden aangevraagd voor warmtepompen, pelletkachels en biomassaketels. Ook hoeft de zelfbouwer geen investering te doen in een traditionele installatie met een HR ketel, circa € 3.600,- inclusief BTW of aansluitkosten te betalen voor een warmtenet, circa € 6.000,- inclusief BTW.

De gemiddelde energierekening van een energie-neutrale woning is slechts € 35,- tot € 45,- per woning per maand is. De werkelijke energieprestatie is sterk afhankelijk van het ontwerp, de realisatie, de oplevering en het onderhoud aan het systeem, het is dus van belang dat dit wordt geborgd in het ontwerp en bouwproces, zie bijlage II.

Bij een goed werkend systeem resteren bij een energie-neutrale woning alleen nog de kosten voor elektriciteit voor huishoudelijke energie en verlichting. Dit is circa € 90,- per maand lager dan die van een gemiddelde woning, en circa € 150,- per maand lager dan een gemiddelde vrijstaande woning in Nederland. Er moet wel rekening worden gehouden dat het onderhoud hoger is dan de kosten voor een traditioneel systeem (circa € 20,- per maand).

De lagere energiekosten kunnen worden ingezet voor de aflossing en rente van de hogere hypotheek, circa € 840,- tot € 1560,- per jaar. Een energie-neutrale nieuwbouwwoning kan dus financieel uit, mits er voldoende hypotheek beschikbaar komt of de zelfbouwer voldoende eigen geld heeft.

Aanvullend zijn 10-12 panelen nodig om van een energie-neutrale woning een nul-op-de-meter woning te maken. Opgemerkt moet worden dat het energiegebruik sterk afhankelijk is van het gebruikersgedrag. Als de zelfbouwer energiebewust is of bijvoorbeeld een deel van de winter in het buitenland woont, wordt geadviseerd om niet meer dan vier panelen extra te plaatsen als bij een energie-neutrale woning (tabel 6.1).

Bijlage I: Technische specificaties

Om een goede werking van de installaties te borgen is het van belang dat de verwarmingsinstallatie, bestaande uit bronsysteem, opwekker en afgiftesysteem, in combinatie met de ventilatie installatie, in de bouwketen op elkaar af te stemmen. Er wordt daarom geadviseerd om de genoemde installaties onder verantwoordelijkheid van één installateur te ontwerpen en te realiseren, die de installaties goed werkend oplevert. Hiervoor moeten het system worden ingeregeld. Voor de werking van het systeem is het belangrijk de woning ook kierdicht wordt opgeleverd door de aannemer. Daarom wordt geadviseerd om een blow door test (luchtdichtheidsmeting) te laten uitvoeren voor oplevering van de woning.

De aannemer van de installatie moet een warmteverliesberekening per vertrek en van de totale woning maken. De warmteverliesberekening dient te worden uitgevoerd conform: - ISSO publicatie 51, zonder opwarmtoeslag, kwaliteitsklasse A, voor koopwoningen. Als alternatief mag een dynamische berekening worden uitgevoerd.

Ook wordt geadviseerd om het onderhoud (preventief en correctief) voor minimaal 5 jaar van de gehele verwarmingsinstallatie bij dezelfde installateur neer te leggen inclusief prestatie garantie. Uiteraard moeten de kosten voor dit contract marktconform zijn. Het is daarom van belang om meerdere offertes op te vragen. Optioneel kan een contract afgesloten worden voor 25 jaar, waarbij alle risico's worden kunnen worden afgekocht. Installateur garandeert dan 25 jaar de werking van de installaties en is verantwoordelijk voor al het onderhoud en de vervanging inclusief energieprestatie. Als door de installateur een dergelijk contract niet wordt aangeboden, is het van groot belang dat het ontwerp door een onafhankelijk installatieadviseur wordt beoordeeld.

Ventilatiesystemen

Voor de genoemde systemen gelden de volgende ontwerpisen:

- Systeem C: Ventilatiesysteem moet worden voorzien van vraagsturing op basis van één of meer CO₂ sensoren in de verblijfsruimten waarbij de mechanische afvoer wordt geregeld op basis van de behoefte. De gevelroosters worden voorzien van een zelfregelende klep. Gevelroosters kunnen in combinatie met laag temperatuur verwarming lokale tochtverschijnselen geven. Om tochtverschijnselen te minimaliseren wordt geadviseerd meerdere kleinere roosters in de woonkamer te plaatsen in plaats van één groot rooster.
- Systeem D: Het ventilatiesysteem moet worden ontworpen conform de kwaliteitseisen uit ISSO publicatie 61 "Kwaliteitseisen ventilatiesystemen voor woningen" en ISSO publicatie 62 "Gebalanceerde ventilatie en WTW in woningen". De ventilatie installatie dient bij oplevering te worden gekeurd door een BRL 8010 gecertificeerd bedrijf. Bij de warmteverliesberekening mag een WTW-rendement worden gehanteerd van 75%. Aanvullend wordt geadviseerd om het systeem uit te breiden met CO₂ sturing op de afvoer, om zo de warmtevraag verder te beperken. Aanvullend op de eis van maximaal 30dB(A) installatiegeluid geldt als aanvullende ontwerpisen dat in

de slaapkamers bij luchtvolumestromen conform het Bouwbesluit een maximaal installatiegeluid-niveau van 27dB(A) is toegestaan.

Vloerverwarmingssystemen

Ontwerpeis is dat de vloerverwarming wordt ontworpen op een aanvoerwatertemperatuur van maximaal 35 °C, en conform de ontwerpmethodiek van ISSO publicatie 49 'Ontwerpeisen vloer- en wandverwarming'. Wanneer de installateur van mening is dat in een specifieke situatie een aanvoerwatertemperatuur van 35 °C niet haalbaar is, dient de vloerverwarming te worden aangevuld met wandverwarming of laag temperatuur convectoren/radiatoren.

Warmtepompsystemen

- Het (condensor)vermogen van de warmtepompinstallatie dient te worden bepaald op basis van de volgende ontwerpeisen: - Uitgangspunt is de warmteverliesberekening conform ISSO 51. - Ontwerpmethodiek baseren op ISSO publicatie 73 'Individuele warmtepompinstallaties'.
- De warmtepomp wordt uitgevoerd als combi-warmtepomp voor zowel ruimteverwarming als warm tapwater. Voor tapwaterbedrijf is het toestel voorzien van een voorraadvat. De installateur toont aan voor welk tapwatergebruik het voorraadvat, gezien de afmeting, geschikt is.
- De warmtapwateraansluiting van de warmtepomp wordt voorzien van een instelbare doorstroombegrenzer. Bij de instelling van de doorstroombegrenzer wordt ook de bewoner (koper of huurder) betrokken, waarbij de bewoner wordt voorgelicht over de consequenties van de instelling: hoog tapwatercomfort en een hoger energiegebruik, of een begrensd tapwatercomfort (geschikt voor douchegebruik) en een lager energiegebruik. - Het warmtapwaterpunt in de keuken wordt bij voorkeur gevoed vanuit een elektrische close-in boiler en niet vanuit de warmtepomp.
- De warmtepomp moet zijn voorzien van de mogelijkheid van monitoring op afstand. Het hiervoor benodigde data-abonnement voor het eerste jaar moet zijn inbegrepen in de levering. Onderdeel van de monitoring zijn in ieder geval de draaiuren van de compressor, de bedrijfsuren van het elektrische element en de mediumtemperatuur aan de bronzijde. Ook wordt geadviseerd om de temperatuurinstelling van de thermostaat te monitoren. Met deze data kunnen bewoners geadviseerd worden over gebruikers gedrag. Het is van belang dat de woning op een constante temperatuur wordt verwarmd, zowel overdag als in de nacht.
- Voor de eisen aan het bodemenergiesysteem wordt verwezen naar bijlage II.

Biomassaketels

- De ketel voldoet aan de norm NEN-EN 303-5.
- De ketel heeft een minimaal warmterendement kent van 89% op nominaal vermogen.
- De ketel kent een uitstoot aan zwevende deeltjes (PM), die ten hoogste 38 mg/Nm³ in droog rookgas bij 6% zuurstof, een uitstoot van koolmonoxide die ten hoogste 750 mg/Nm³ in droog rookgas bij 6% zuurstof en een uitstoot van stikstofdioxide (uitgedrukt als NO₂) die ten hoogste 300 mg/ Nm³ in droog rookgas bij 6% zuurstof bedraagt, vastgesteld door een geaccrediteerde instelling.

Aan bovenstaande moet ook worden voldaan om in aanmerking te komen voor de investeringssubsidie duurzame energie (ISDE). Op de website is een lijst te vinden met het vermogen, merk van ketels die hieraan voldoen.

Pelletkachels

- De kachel wordt automatisch gestookt;
- De kachel heeft gesloten voorkant;
- De kachel voldoet aan de norm EN 14785;
- voldoet aan de technische eisen gesteld in bijlage 2, 2a iii voor stof (PM), 2b ii voor gasvormige organische verbindingen (OGC of C_xH_y), 2c iii voor CO en 2d i voor NO_x, van Verordening (EU) 2015/1185.

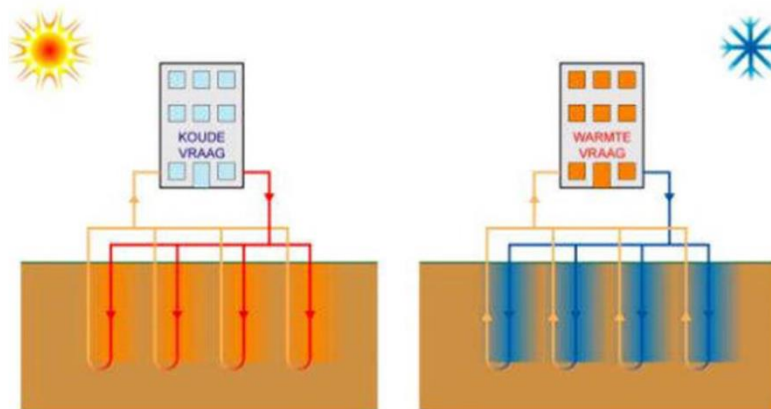
Aan bovenstaande moet ook worden voldaan om in aanmerking te komen voor de investeringssubsidie duurzame energie (ISDE). Op de website is een lijst te vinden met het vermogen en merk van kachels, die hieraan voldoen.

Bijlage II: Bodemenergiesystemen in Oosterwold

Algemeen

Er zijn bodemenergiesystemen op de markt in allerlei varianten. Een belangrijk onderscheid is dat tussen 'open systemen' en 'gesloten' systemen. Open systemen pompen grondwater op uit de ondergrond, gebruiken de warmte of koude en retourneren het water weer terug in de ondergrond. Open systemen zijn economisch interessant voor bijvoorbeeld grotere kantoorgebouwen, en niet voor woningen. Bovendien zijn open systemen verboden in Oosterwold, vanwege de ligging in een drinkwaterbeschermingsgebied. Wanneer in Oosterwold sprake is van een bodemenergiesysteem zal dat dus altijd gaan over een gesloten bodemenergiesysteem. Een illustratie van een gesloten bodemenergiesysteem is gegeven in figuur 1.

Figuur 1: Gesloten bodemenergiesysteem in de zomer (links: warmte wordt afgevoerd naar de bodem) en in de winter (rechts: warmte wordt aan de bodem onttrokken en geleverd aan het gebouw). [bron: rvo.nl]



In het voorbeeld van Figuur 1 bestaat het bodemenergiesysteem uit een viertal lussen ('verticale bodemwarmtewisselaars') die gezamenlijk de warmte en koude aan het gebouw leveren. Het aantal verticale bodemwisselaars dat nodig is voor een gebouw hangt af van de energie- en vermogensvraag van het gebouw, en van de lengte van de verticale bodemwarmtewisselaars.

Gesloten bodemenergiesystemen kennen een regulering die onder andere afhankelijk is van het vermogen. Omdat individuele woningen met bodemwarmtewisselaars onder de vermogensgrens van 70 kW blijven, zijn deze systemen alleen meldingsplichtig.

In Oosterwold gelden beperkingen aan de diepte waarop verticale bodemwarmtewisselaars mogen worden aangelegd. Soms worden de funderingspalen (heipalen) van een woning gebruikt als verticale bodemwarmtewisselaar, soms wel 'energiepaal' genoemd. Hoewel technisch een interessante optie is het gebruik van heipalen als bodemwarmtewisselaar niet toegestaan in Oosterwold. [bron: verordening voor de fysieke leefomgeving, Artikel 4.7 tweede lid onder e.] <http://www.flevoland.nl/getmedia/cd819e7c-3ee0-4350-8c51-4654ff8eea01/Verordening-Fysieke-Leefomgeving-Flevoland-2012.pdf>

Behalve het gebruik van verticale bodemwarmtewisselaars kan het technisch mogelijk zijn om een horizontale bodemwarmtewisselaar toe te passen. Hiervoor worden sleuven van circa 1,5 m diepte gegraven in het terrein, waarin de leidingen van de warmtewisselaar worden gelegd. Omdat hiervoor een groot oppervlak nodig is wordt dit systeem in Nederland weinig toegepast. Omdat de vrije kavels in Oosterwold ruim opgezet worden, kan een horizontale bodemwarmtewisselaar in die gevallen technisch soms wel een geschikte optie zijn. Bedenk hierbij dat op de plek waar een bodemwarmtewisselaar wordt aangelegd, later niet meer gebouwd kan worden. Ook beplanting met diepwortelende bomen wordt afgeraden, omdat de wortels op termijn de installatie kunnen beschadigen. Naast de horizontale bodemwarmtewisselaar zijn er op kleine schaal nog meer verschillende alternatieve bodemsystemen op de markt. Met deze systemen is vaak maar beperkte ervaring opgedaan, en vaak zijn er ook geen objectieve ontwerpmethodes beschikbaar waarmee een nauwkeurige dimensionering kan worden uitgevoerd, die eventueel door een deskundige kan worden getoetst. Voor deze systemen bent u daarom altijd afhankelijk van de deskundigheid en de garanties die de leverancier kan geven. Daarnaast zijn deze systemen lastig te ontwerpen en realiseren binnen de richtlijnen voor certificering (zie onder paragraaf certificering). Hoewel toepassing van deze systemen dus niet verboden is, zullen gecertificeerde bedrijven in de praktijk kiezen voor verticale bodemwarmtewisselaars

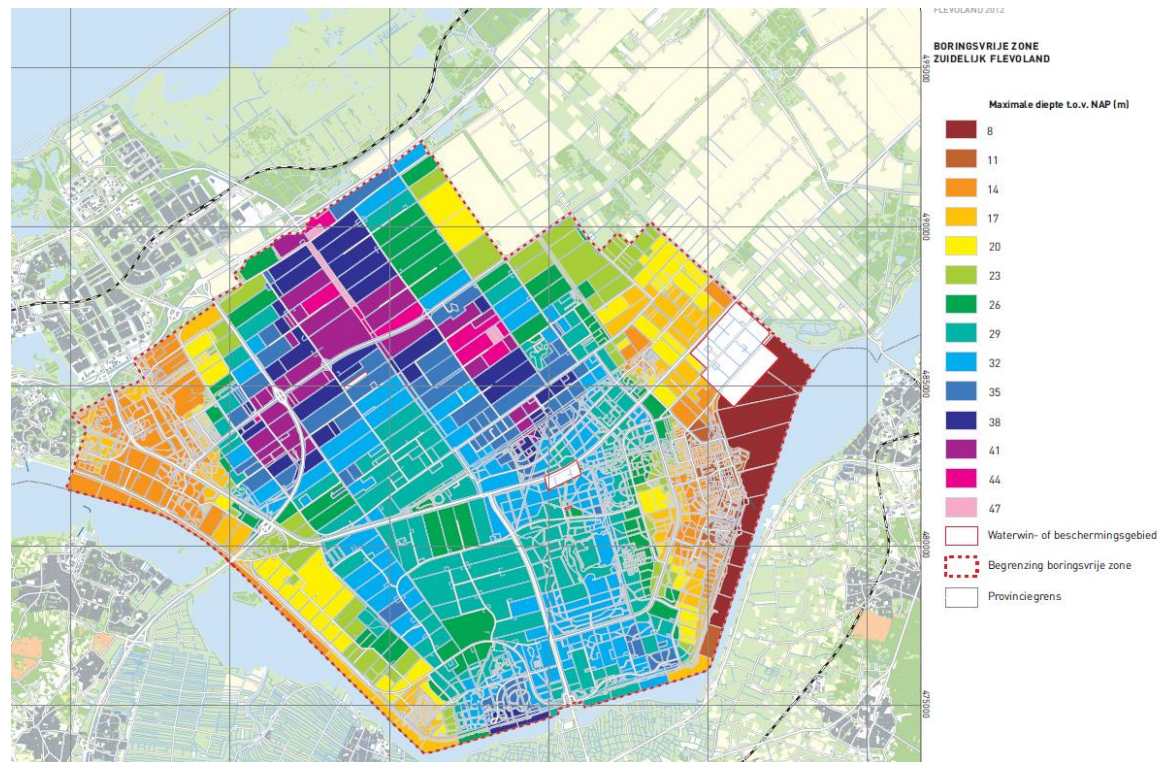
In de praktijk zullen “*geboorde verticale bodemwarmtewisselaars*” daarom de enige toepasbare optie zijn.

Toegestane gebruiksdiepte van de bodem

In Oosterwold gelden beperkingen aan de diepte waarop bodemwarmtewisselaars mogen worden aangelegd. De regels voor de toegestane diepte zijn te vinden op <https://www.ofgv.nl/boringsvrije-zones>. Raadpleeg voor u aan de slag gaat altijd de actuele versie van de wetgeving!

Afhankelijk van de locatie van uw woning mag u tot een diepte van 8 tot 47 meter onder NAP een bodemenergiesysteem realiseren. Dit is op kaart vastgelegd en te vinden op genoemde website, waarvan een deel is weergegeven in figuur 2.

Figuur 2: Toegestane dieptes voor bodemenergiesystemen. Raadpleeg altijd de actuele versie op <https://www.ofgv.nl/boringsvrije-zones> !



Toegestane gebruiksdiepte voor de vijf onderzochte kavels in Oosterwold

Voor de locatie van kavel 173 zijn Rijksdriehoekskoördinaten aangeleverd door L. Wiegiers per e-mail met als datum 17-06-2016. De coördinaten van de locatie zijn X=150.014, Y=482.676.

Van toepassing voor de toegestane diepte is Kaart 4.1 uit de “Verordening voor de fysieke leefomgeving Flevoland 2012” ‘Boringsvrije zone zuidelijk Flevoland’. Deze is voor dit onderzoek gedownload van <https://www.ofgv.nl/boringsvrije-zones> in PDF formaat op 17/6/2016. Omdat deze kaart in PDF vorm is, is de afleesnauwkeurigheid beperkt. Voor een definitief ontwerp is het nodig dat deze kaart in digitale vorm beschikbaar komt, en in digitale vorm over de kaveltekening heen gelegd kan worden. Onderstaande analyse moet daarom worden beschouwd als voorlopig.

De vijf kavels bevinden zich – globaal – rond het centrale kavel 173. Op basis van de kaart met de boringsvrije zones ligt dit punt op een grenslijn tussen een toegestane diepte van 26 m-NAP en 32 m-NAP. Voor zover de nauwkeurigheid van de PDF kaart hierover een uitspraak toelaat lijkt dit punt aan de zijde van de grenslijn te liggen waar een diepte van 32 m-NAP toegestaan is. Dit dient echter bevestigd te worden op basis van een nauwkeuriger afleesbare kaart.

Het maaiveld op deze locatie ligt op ongeveer 4,0 tot 4,5 meter onder NAP (voorafgaande aan de bouwactiviteiten). Rekening houdend met het onderling verbinden van de verschillende verticale bodemwarmtewisselaars op ongeveer 1 meter onder maaiveld, betekent dit dat op deze locatie een bodemwarmtewisselaar aangelegd mag worden met een lengte (diepte) van ongeveer 27 meter. Dit is samengevat in tabel 1.

Tabel 1: Lengte verticale bodemwarmtewisselaar op de locatie van de vijf onderzochte kavels.

Locatie	X=150.014 Y =482.676
Toegestane diepte onder NAP	32 m-NAP
Maaiveldhoogte in meter onder NAP	4 m -mv
Ongebruikt deel van de bodem	1 meter onder maaiveld
Nuttige lengte per verticale bodemwarmtewisselaar	32-4-1=27 meter

Let op: op andere locaties in Oosterwold gelden andere toegestane dieptes.

Kengetallen voor bodemwarmtewisselaars

In deze paragraaf worden kengetallen gegeven waarmee een voorlopige dimensionering van een verticaal bodemwarmtewisselaarsysteem kan worden gemaakt. De definitieve dimensionering moet altijd door de installateur worden gemaakt op basis van ontwerpberekeningen!

Verwarmingsbehoefte van de woning.

Om te beginnen is het nodig om vast te stellen welk verwarmingsvermogen nodig is. Hiervoor kan worden uitgegaan van 40 – 60 W/m² vloeroppervlakte van de woning. De lage waarde behoort bij een goed geïsoleerde en goed luchtdichte woning met warmteterugwinning op de ventilatie en geen grote glasoppervlakken. De hoge waarde hoort bij woningen waar niet aan deze voorwaarde wordt voldaan. Door dit kengetal te vermenigvuldigen met het aantal vierkante meters verwarmd oppervlak wordt een indicatie verkregen van het verwarmingsvermogen dat nodig is. De installateur zal een definitieve berekening uitvoeren op basis van ISSO publicatie 51.

Wanneer een warmtepomp dit verwarmingsvermogen levert met een rendement van 4,0, ook wel de Coëfficiënt Of Performance (COP) genoemd, betekent dit dat ¼ van dit vermogen uit het elektriciteitsnet komt, en ¾ van dit vermogen uit de bodem. De woning vraagt daarom 30 - 45 W/m² verwarmd oppervlak aan de bodem.

Ontwerpberekening Verticale bodemwarmtewisselaar

De opbrengst van een verticale bodemwarmtewisselaar is afhankelijk van de opbouw van de bodem, de onderlinge afstand tussen de bodemwarmtewisselaars (en dus de afstand tot de burens), het aantal draaiuren per jaar en de energiebalans, samen met een aantal technische ontwerpparameters. De installateur kan een gedetailleerde berekening uitvoeren met behulp van de ontwerprichtlijnen in ISSO-publicatie 'ISSO-73 Ontwerp en uitvoering van verticale bodemwarmtewisselaars' en de richtlijnen uit de certificeringsregeling. Op basis van kengetallen kan op dit moment wel een eerste inschatting worden gemaakt van de capaciteit van een verticale bodemwarmtewisselaar. Een kengetal voor de capaciteit van een verticale bodemwarmtewisselaar bedraagt ca. 25 - 30W per m⁻¹ waarbij rekening is gehouden met het feit dat ondiepe wisselaars relatief dicht op elkaar worden geplaatst. Bij een effectieve lengte van 27 meter bedraagt het vermogen dus 675 – 800 W per bodemwarmtewisselaar. Uitgaande van een onderlinge afstand van 4

meter tussen de warmtewisselaars bedraagt het vermogen wat geleverd kan worden ca. 42 W/m². Voor verticale bodemwarmtewisselaars is daarom ca. 1 m² ruimte per m² verwarmd gebouwoppervlak nodig. Er kan worden gekozen voor een wat grotere onderlinge afstand (bijv. 6 meter). Dit geeft meer ruimtebeslag, maar er zijn minder wisselaars nodig en dus is dit goedkoper.

In geval van korte/ ondiepe bodemwisselaars zoals van toepassing op de locatie Oosterwold zullen aanbieders van gesloten bodemenergiesystemen soms kiezen voor technieken die de opbrengst per strekkende meter verhogen, zoals de toepassing van 'dubbele U-lussen' of van concentrische wisselaars met een verbeterde warmteoverdracht. De kostprijs per wisselaar wordt hierdoor hoger, maar er kan worden volstaan met minder wisselaars. Hiervoor kan worden gekozen op basis van een kostenafweging.

Certificering bodemenergie

Een opdrachtgever (initiatiefnemer) is verplicht om werkzaamheden die genoemd zijn in het Besluit bodemkwaliteit te laten uitvoeren door een bedrijf dat daarvoor een erkenning heeft. Voor bodemenergiesystemen geldt deze verplichting voor het uitvoeren van mechanische boringen (BRL 2100), en voor het ontwerp, de realisatie en het beheer en onderhoud van bodemenergiesystemen (BRL 11000 en de BRL 6000, onderdelen 6000-00 en 6000-21). Erkende bedrijven zijn opgenomen in het zoekmenu 'erkende bodemintermediairs' van Bodem+. Dit register is online te raadplegen via <http://www.rwsleefomgeving.nl/onderwerpen/bodem-ondergrond/erkenningen/zoekmenu/>

Bijlage III: Energetische prestaties per concept

Per woningtype zijn gemiddelde energiegebruiken (kWh/jaar) en energiekosten opgenomen bij de verschillende concepten. Let op: getallen zijn indicatief en afhankelijk van diverse factoren.

Vrijstaand groot	WP buitenlucht		WP bodem		WP bodem+ lucht		WP bodem+ hout	
	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D
Ruimteverwarming	3.333	2.667	1.818	1.455	2.197	1.758	1.364	1.091
Tapwater	1.466	1.466	1.056	1.056	1.056	1.056	1.056	1.056
Koeling	467	467	117	117	117	117	117	117
Ventilatie + hulp	400	600	400	600	400	600	400	600
Overig huishoudelijk	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400
TOTAAL kWh/jaar	9.066	8.599	6.790	6.627	7.169	6.930	6.336	6.263

Vrijstaand groot	WP buitenlucht		WP bodem		WP bodem+ lucht		WP bodem+ hout	
	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D
Vastrecht elektriciteit	€ 271	€ 271	€ 271	€ 271	€ 271	€ 271	€ 271	€ 271
Variabel elektriciteit	€ 1.723	€ 1.634	€ 1.290	€ 1.259	€ 1.362	€ 1.317	€ 1.204	€ 1.190
Teruggave EB	€ -376	€ -376	€ -376	€ -376	€ -376	€ -375	€ -374	€ -373
Houtpellets	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 204	€ 163
TOTAAL per jaar	€ 1.617	€ 1.528	€ 1.185	€ 1.154	€ 1.257	€ 1.212	€ 1.304	€ 1.251
TOTAAL per maand	€ 135	€ 127	€ 99	€ 96	€ 105	€ 101	€ 109	€ 104

Vrijstaand klein	WP buitenlucht		WP bodem		WP bodem+ lucht		WP bodem+ hout	
	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D
Ruimteverwarming	2.333	1.867	1.273	1.018	1.538	1.230	955	764
Tapwater	1.466	1.466	1.056	1.056	1.056	1.056	1.056	1.056
Koeling	327	327	82	82	82	82	82	82
Ventilatie + hulp	280	420	280	420	280	420	280	420
Overig huishoudelijk	3.040	3.040	3.040	3.040	3.040	3.040	3.040	3.040
TOTAAL kWh/jaar	7.446	7.119	5.730	5.615	5.995	5.828	5.412	5.361

Vrijstaand klein	WP buitenlucht		WP bodem		WP bodem+ lucht		WP bodem+ hout	
	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D
Vastrecht elektriciteit	€ 271	€ 271	€ 271	€ 271	€ 271	€ 271	€ 271	€ 271
Variabel elektriciteit	€ 1.415	€ 1.353	€ 1.089	€ 1.067	€ 1.139	€ 1.107	€ 1.028	€ 1.019
Teruggave EB	€ -376	€ -376	€ -376	€ -376	€ -376	€ -375	€ -374	€ -373
Houtpellets	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 143	€ 114
TOTAAL per jaar	€ 1.309	€ 1.247	€ 983	€ 962	€ 1.034	€ 1.003	€ 1.068	€ 1.030
TOTAAL per maand	€ 109	€ 104	€ 82	€ 80	€ 86	€ 84	€ 89	€ 86

Bungalow	WP buitenlucht		WP bodem		Biomassaketel	
	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D
Ruimteverwarming	1.833	1.500	1.000	818	-	-
Tapwater	1.157	1.157	833	833	-	-
Koeling	267	267	67	67	-	-
Ventilatie + hulp	200	300	200	300	200	300
Overig huishoudelijk	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800
TOTAAL kWh/jaar	6.257	6.024	4.900	4.818	3.000	3.100

Bungalow	WP buitenlucht		WP bodem		Biomassaketel	
	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D
Vastrecht elektriciteit	€ 271	€ 271	€ 271	€ 271	€ 271	€ 271
Variabel elektriciteit	€ 1.189	€ 1.145	€ 931	€ 915	€ 570	€ 589
Teruggave EB	€ -376	€ -376	€ -376	€ -376	€ -376	€ -375
Houtpellets	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 585	€ 503
TOTAAL per jaar	€ 1.084	€ 1.039	€ 826	€ 810	€ 1.049	€ 988
TOTAAL per maand	€ 90	€ 87	€ 69	€ 68	€ 87	€ 82

Rijteswoning	WP buitenlucht		WP bodem		Biomassaketel	
	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D
Ruimteverwarming	1.467	1.100	800	600	-	-
Tapwater	1.003	1.003	722	722	-	-
Koeling	220	220	55	55	-	-
Ventilatie + hulp	220	330	220	330	220	330
Overig huishoudelijk	2.860	2.860	2.860	2.860	2.860	2.860
TOTAAL kWh/jaar	5.770	5.513	4.657	4.567	3.080	3.190

Rijteswoning	WP buitenlucht		WP bodem		Biomassaketel	
	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D	Systeem C	Systeem D
Vastrecht elektriciteit	€ 271	€ 271	€ 271	€ 271	€ 271	€ 271
Variabel elektriciteit	€ 1.096	€ 1.047	€ 885	€ 868	€ 585	€ 606
Teruggave EB	€ -376	€ -376	€ -376	€ -376	€ -376	€ -375
Houtpellets	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 472	€ 383
TOTAAL per jaar	€ 991	€ 942	€ 779	€ 762	€ 952	€ 884
TOTAAL per maand	€ 83	€ 79	€ 65	€ 64	€ 79	€ 74