



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland

Rapportage bodemenergiesystemen in Nederland

Analyse van 125 projecten

In opdracht van het ministerie van Economische Zaken

Engineering the earth



Engineering the earth

Rapportage bodemenergiesystemen in Nederland
Analyse van 125 projecten

Rapportage bodemenergiesystemen in Nederland

Analyse van 125 projecten

Opdrachtgever **Rijksdienst voor Ondernemend Nederland**

Croeselaan 15
3521 BJ Utrecht
T 06 4627 3419 | E rinske.dejong@rvo.nl
Contactpersoon: mevrouw R.M. de Jong

Adviseur **IF Technology bv**

Velperweg 37
6800 AP ARNHEM
T 06 3191 3243 | E s.deboer@iftechnology.nl
Contactpersoon: mevrouw S. de Boer

Colofon

Auteur: **de heer N. Willemsen**
Versie: definitief
Gecontroleerd door: de heer M.J.B. Koenders
Vrijgegeven door: mevrouw S. de Boer

Paraaf:



Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Doel van het onderzoek	5
1.3	Kader	5
1.4	Gemeentelijke klimaatmonitor	6
1.5	Aanpak en methode	7
1.6	Gebruikte data en representativiteit	7
1.6.1	Representativiteit	7
1.6.2	Gesloten bodemenergiesystemen	8
1.6.3	Anonimiteit en validatie	8
1.7	Rol en samenstelling expertgroep	8
1.8	Leeswijzer	9
2	Berekeningsmethodiek	10
2.1	Inputparameters	10
2.2	KPI's	10
2.2.1	Mate van energiebalans	11
3	Berekeningsresultaten	13
3.1	Vergunde versus werkelijke waterverplaatsing	13
3.2	Delta T voor warmte- en koudelevering	13
3.3	Mate van energiebalans	15
4	Spreiding en analyse	17
4.1	Spreiding	17
4.1.1	Waterverplaatsing t.o.v. vergunning	17
4.1.2	Delta T	18
4.1.3	Spreiding mate van balans	19
4.2	Onderlinge verbanden	21
4.3	Analyse per jaar	23
4.3.1	Waterverplaatsing	23
4.3.2	Delta T	24
4.3.3	Mate van energiebalans	25
5	Conclusies	27
5.1	Meetdata	27

5.2	Resultaten.....	27
6	Discussie en aanbevelingen	30
6.1	Kengetallen energiebesparing	30
6.2	Vergelijking met onderzoeken 2006 en 2009	31
6.2.1	WATERVERPLAATSING versus vergunde hoeveelheid (2006-2016).....	31
6.2.2	Delta T (2006-2016).....	31
6.2.3	Mate van energiebalans 2006-2016	33
6.3	Nauwkeurigheid en beschikbaarheid data	33
B1.	Keuze databronnen	36
	Gesloten systemen	38
	Uitleg database provincie Zuid-Holland.....	38
B2.	Metadata projectendatabase	38
	Verdeling per gebruiksdoel	39
B3.	Representativiteit van de dataset	40
	Projecten per provincie	40
	Verdeling per gebruiksdoel	40
	Grootte van de systemen.....	42
	Conclusie representativiteit.....	43
B2.	WATERVERPLAATSING koude versus warmte.....	45

Bijlage 1 Betrouwbaarheid en representativiteit

Bijlage 2 WATERVERPLAATSING t.b.v. koude en warmte

1

Inleiding

1.1 Aanleiding

Bodemenergie wordt al meer dan 25 jaar toegepast in Nederland. Deze techniek is op te splitsen in twee typen systemen: open en gesloten systemen. Deze systemen waren in 2014 samen goed voor 3.573 PJ aan warmte en 1.850 PJ¹ aan koude. Bodemenergie levert daarmee een substantiële bijdrage aan de duurzame warmte- en koudelevering aan kantoren, bedrijven en woningen in Nederland.

1.2 Doel van het onderzoek

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) wil een representatieve en kwantitatieve analyse van in bedrijf zijnde open bodemenergiesystemen. Het doel is het in kaart brengen van gegevens en kengetallen met betrekking tot de Waterwet, zoals de ΔT ², De mate van energiebalans, en de werkelijk verpompde waterhoeveelheden t.o.v. van de vergunde hoeveelheden.

1.3 Kader

De analyse richt zich op de open bodemenergiesystemen. Andere opslag- en onttrekkingstechnieken van warmte en koude in en uit de ondergrond, waaronder bijvoorbeeld geothermie, vallen buiten het kader van dit onderzoek.

Dit rapport en de bijbehorende analyse sluit aan bij eerder uitgevoerde evaluaties in 2006 en 2009 over open bodemenergiesystemen in Nederland:

- Koude/warmteopslag in de praktijk - Meetgegevens van 67 projecten uit 2006.
- Besparingskengetallen warmte- en koudeopslag - Herziening factsheet warmte- en koudeopslag op basis van 74 systemen uit 2009.

In 2006 en 2009 zijn de volgende gegevens verzameld, berekend en geanalyseerd:

- verplaatste hoeveelheid grondwater ten opzichte van de vergunde hoeveelheid;
- ΔT (warmte en koude);
- de mate van energiebalans;
- kengetallen voor energiebesparing en CO₂-emissiereductie.

In dit onderzoek worden dezelfde gegevens geanalyseerd als in 2006 en 2009, met uitzondering van de kengetallen voor energiebesparing en CO₂-emissiereductie. De reden

¹ CBS, Hernieuwbare Energie In Nederland, 2014

² ΔT = temperatuurverschil over de bronnen, die gemeten wordt bij een open bodemenergiesysteem, hieraan kan men het functioneren van de systeem afleiden (hoe hoger, hoe beter).

hiervoor is dat de getallen en berekeningen om te komen tot deze kengetallen bestaan uit relatief veel aannamen (zoals de COP van de warmtepomp en de benuttingsfactor). Hierdoor is er een (te) grote onzekerheid over deze kengetallen.

Het onderzoek van 2016 beperkt zich daarom tot de verplaatste hoeveelheid grondwater, de delta T, en de mate van energiebalans, omdat deze relatief betrouwbaar zijn. In de aanbevelingen paragraaf 6.3 worden suggesties gedaan met betrekking tot de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van data. En hoe deze getallen in de toekomst wellicht wel inzichtelijk kunnen worden gemaakt.

1.4 Gemeentelijke klimaatmonitor

Voorafgaand aan dit onderzoek is door IF Technology de rapportage voor de gemeentelijke klimaatmonitor uitgevoerd³. Dit onderzoek is relevant in de context van deze studie vanwege de koppeling met de provinciale grondwaterregisters en het Landelijk Grondwater Register (LGR). Uit dit onderzoek blijkt dat de volgende aantallen open en gesloten bodemenergiesystemen in Nederland in bedrijf zijn (oktober 2015):

Tabel 1
Data uit de
klimaatmonitor

Type bodemenergiesysteem	Aantal gemelde en/of vergunde systemen
Open bodemenergiesystemen	1976*
Gesloten bodemenergiesystemen	812**

* Dit is het totaal aantal gemelde en/of vergunde open bodemenergiesystemen op 1 juli 2015, en die niet buiten gebruik zijn gesteld. Eén vergund systeem kan meerdere bronnen hebben, en meerdere gebouwen van warmte en koude voorzien (en daarmee meer warmtepompen aangesloten hebben). Let op: in dit aantal zitten ook de systemen die al wel zijn vergund maar nog niet zijn gerealiseerd. Deze laatste categorie betreft echter slechts een klein deel van het totaal.

** Dit zijn het aantal gesloten bodemenergiesystemen geregistreerd in het LGR op 1 juli 2015, en die niet buiten gebruik zijn gesteld. Omdat per 1 juli 2013 de mogelijkheid van centrale registratie van gesloten bodemenergiesystemen bestaat, is dit aantal een klein deel van het werkelijk aantal gesloten bodemenergiesystemen in Nederland.

³ De gemeentelijke klimaatmonitor is een databank die door Rijkswaterstaat Leefomgeving wordt bijgehouden. De gegevens van de monitor zijn te vinden op www.klimaatmonitor.databank.nl

1.5 Aanpak en methode

De uitvoering van het onderzoek bestaat uit 2 fasen: allereerst de selectie van de geschikte databron en de bijbehorende KPI's⁴ die daaruit worden berekend. Vervolgens is het onderzoek uitgevoerd waarbij berekeningen zijn gemaakt. Bij beide fasen was een expertgroep betrokken. Deze expertgroep is betrokken bij de wijze van uitvoering van het onderzoek. Daarnaast heeft de groep de concept- en eindrapportage beoordeeld. Hun reacties zijn besproken en verwerkt. In paragraaf 1.6 en 1.7 worden de twee fasen en de rol van de expertgroep toegelicht.

1.6 Gebruikte data en representativiteit

In de eerste fase is een onderbouwde keuze gemaakt uit de beschikbare data. Het ging o.a. om het Landelijk Grondwaterregister, de provinciale grondwaterregisters, en een projectendatabase van beheerders van systemen. Deze keuze is beschreven in een aparte notitie (ref. 65251/MaK/20151007, Analyse databronnen en te onderzoeken KPI's). Uit de analyse blijkt dat de database van de beheerders en eigenaren (hierna genoemd de "Projectendatabase") het meest geschikt is voor de analyse van de open bodemenergiesystemen. Deze databron (in beheer bij IF Technology) heeft de grootste volledigheid en betrouwbaarheid van de gegevens. Het voordeel van het gebruik van deze database is dat een jaarlijkse of tweejaarlijkse herhaling snel en effectief kan worden uitgevoerd.

1.6.1 Representativiteit

Ten tijde van het uitvoeren van dit onderzoek heeft de provincie Zuid-Holland een soortgelijk onderzoek gestart naar de werking van de open systemen in de provincie. Dit is gedaan op basis van gegevens die zij in hun provinciale grondwaterregister hebben staan.

Ter verificatie voor de analyse van de 125 open bodemenergiesystemen is de analyse van de projectendatabase vergeleken met de resultaten van het onderzoek van de provincie Zuid-Holland. Op deze manier kan de betrouwbaarheid en representativiteit van de data vergeleken worden.

Uit de representativiteitstoets (bijlage 1) blijkt dat de Projectendatabase over de totale dataset voldoende overeen komt met de data van Zuid-Holland. Een aandachtspunt is dat

⁴ KPI = Kritische Prestatie Indicator

de deelsectoren landbouw en woningbouw relatief minder projecten bevatten in verhouding tot landelijke en provinciale gegevens.

Dit betekent dat de uitkomsten voor de sectoren landbouw en woningbouw in dit onderzoek niet zonder meer als representatief beschouwd mogen worden.

Voor een uitgebreide beschrijving van de vergelijking wordt verwezen naar bijlage 1 van dit rapport.

1.6.2 Gesloten bodemenergiesystemen

Uit de selectie van de geschikte databronnen voor dit onderzoek is gebleken dat er op dit moment geen betrouwbare databron voor gesloten bodemenergiesystemen aanwezig is. Er zijn wel gesloten systemen geregistreerd, maar de data over het functioneren van deze systemen ontbreekt of is onvolledig. In fase 2 (het onderzoek) zijn de gesloten systemen daarom buiten de analyse gehouden. In de aanbevelingen komen we nog terug op het ontbreken van deze data en welke acties hiervoor in de toekomst gewenst zijn.

1.6.3 Anonimiteit en validatie

In het onderzoek is gebruik gemaakt van informatie van bestaande bodemenergiesystemen. De data mag gebruikt worden voor dit onderzoek mits deze volledig geanonimiseerd en onherleidbaar is. Derhalve is de basisdata niet in deze rapportage opgenomen.

Vanuit de expertgroep is de wens uitgesproken om zo transparant mogelijk te werken en inzicht te hebben in de aangeleverde gebruiksdata. De aangeleverde gebruiksdata zijn tijdens een bespreking op 16 november 2015 besproken. De brondata van het onderzoek is tijdens het projectoverleg geanonimiseerd (zonder naam en locaties) gepresenteerd aan de expertgroep en de opdrachtgever.

1.7 Rol en samenstelling expertgroep

De expertgroep bestaat uit professionals vanuit verschillende disciplines die te maken hebben met het onderwerp bodemenergie. Het doel van de expertgroep is:

- bewaken dat de analyse aansluit bij de actuele kennis en kunde rondom bodemenergie en de gebruikte uitgangspunten;
- input en kennis leveren;

-
- toetsen of het resultaat van de analyse aansluit bij de praktijkervaring van de expertgroep.

In de expertgroep zijn de volgende personen vertegenwoordigd:

- Martin Bloemendal (KWR / TU Delft), afvaardiging van de branchevereniging BodemenergieNL;
- Lambert den Dekker (DWA) afvaardiging ervaringsdeskundigen;
- Charles van der Pijl (provincie Zuid-Holland) afvaardiging bevoegd gezag open systemen (provincies);
- Reinoud Segers en André Meurink (CBS) afvaardiging in relatie tot het monitoren van duurzame energie;
- Roger Ravelli en Wouter Wienk (RVO).

RVO wil de leden van de expertgroep hartelijk danken voor hun tijd en bijdrage aan het project.

1.8 Leeswijzer

Aanvullende informatie over de metadata en de representativiteit van de dataset is te lezen in bijlage 1. In hoofdstuk 2 is de berekeningsmethodiek beschreven van de uitgevoerde analyse. In hoofdstuk 3 en 4 zijn de resultaten van de analyses gepresenteerd. Deze zijn samengevat in hoofdstuk 5: conclusies. Duiding van de analyses, in relatie tot de onderzoeken uit 2006 en 2009 vindt plaats in het laatste hoofdstuk (6). Dit hoofdstuk wordt afgesloten met een aantal aanbevelingen voor vervolgonderzoek, bijvoorbeeld in het geval de analyse over een (paar) jaar weer herhaald wordt.

2

Berekeningsmethodiek

De projectendatabase bevat gegevens van 125 open bodemenergiesystemen, afkomstig uit 11 provincies (Drenthe ontbreekt). De projecten zijn verdeeld over de gebruiksdoelen utiliteit, woningbouw en agrarisch. Ze zijn eigendom van en/of in beheer bij kantooreigenaren, scholen, ziekenhuizen, ontwikkelaars, woningcorporaties en energieleveranciers. De grootte van de systemen varieert van 10 m³ per uur tot 900 m³ per uur. In totaal zijn 734 meetjaren gebruikt, en de oudste gegevens komen uit 2005. Alle gegevens zijn beoordeeld op volledigheid en betrouwbaarheid. In tabel 2 zijn de aantallen opgenomen van de onderzochte systemen in 2006, 2009 en 2016.

Tabel 2
Basisgegevens van
de onderzoeken in
2006, 2009 en 2016

Parameter	2006	2009	2016
Aantal onderzochte systemen	67	74	125
Aantal onderzochte meetjaren	233	395	734
Totaal verplaatst grondwater (m ³) ⁵	64.848.134	125.335.842	140.536.749

2.1 Inputparameters

Uit de gegevens van de 125 systemen zijn de volgende inputparameters gebruikt voor de berekeningen:

- delta T of verplaatste energiehoeveelheid;
- verplaatste waterhoeveelheid;
- gebruiksdoel;
- systeemconcept.
- vergunde waterverplaatsing
- provincie

2.2 KPI's

De Kritische Prestatie Indicatoren (kortweg KPI's) zijn bepaald in overleg met RVO. De KPI's zijn weergegeven als de gemiddelde waarden voor dat jaar. De reden voor de uitsplitsing per jaar is om schommelingen en trends inzichtelijk te maken. De KPI's zijn:

- vergunde versus werkelijke waterverplaatsing;
- delta T;
- mate van energetische balans.

De vergunde versus werkelijke waterverplaatsing en de delta T zijn opgenomen in de vergunningseisen om doelmatig gebruik van de ondergrond te bewerkstelligen. De mate

⁵ Totaal verplaatst grondwater: hoeveelheid grondwater dat binnen alle meetjaren van de projecten is verplaatst.

van energetische balans is opgenomen om het rendement en de thermische invloeden te kunnen monitoren.

De waterverplaatsing en delta T zijn waarden die direct uit de meetdata komen. Daar waar de delta T ontbreekt is deze berekend aan de hand van energielevering en de waterverplaatsing. De relatie tussen energie, waterverplaatsing en delta T is als volgt:

$$E = V * dT * \frac{4,19}{3,6}$$

Waarbij:

E = thermische energie [kWh]

V = verplaatste waterhoeveelheid in [m³]

dT= temperatuurverandering in [°C]

De factor $\frac{4,19}{3,6}$ komt voort uit de warmtecapaciteit van water (4,19 kJ/kg) en de omrekenfactor voor kJ/kg naar kWh/m³ ($\frac{1000}{3600} = \frac{1}{3,6}$).

De energetische balans is berekend aan de hand van de delta T en de jaarlijkse waterverplaatsing. Omdat de energetische balans beïnvloed wordt door jaarlijkse weersinvloeden is in de vergunning een balans over 5 jaar vereist. Binnen het onderzoek is daarom ook alleen de mate van energiebalans berekend over projecten met ten minste 5 meetjaren.

2.2.1 Mate van energiebalans

De mate van energiebalans is als volgt berekend:

$$\frac{\text{Geladen warmte} - \text{geladen koude}}{\text{Geladen warmte} + \text{geladen koude}}$$

Dit betekent dat een positieve waarde een warmteoverschot voorstelt en een negatieve waarde een koudeoverschot. Er zijn verschillende methodes om mate van energiebalans in een bodemenergiesysteem te berekenen. Deze drie methodes zijn in onderstaand kader door middel van een voorbeeldberekening weergegeven:

Warmte = 110 MWh

Koude = 100 MWh

$$\frac{W}{K} = \frac{110}{100} = 110\%$$

$$\frac{W - K}{K} = \frac{10}{100} = 10\%$$

$$\frac{W - K}{W + K} = \frac{10}{210} \approx 5\%$$

Voor dit onderzoek is gekozen voor de laatste methode waarbij het verschil tussen de bronnen wordt gedeeld over de totale warmte plus koude die geladen is over die periode. De 5% onbalans lijkt een onderschatting aangezien er in dit voorbeeld 10% meer warmte is geladen dan koude.

De reden dat wij kiezen voor de laatste methode is omdat dit een betere weergave is van de werkelijke staat van het systeem. De hoeveelheid geladen warmte en koude zijn namelijk twee 'communicerende vaten'. Onttrekking van warmte gaat altijd gepaard met opslag van koude en andersom.

Om de balans in het bovenstaande voorbeeld te herstellen moet er 5MWh (+/-5%) meer koude geleverd worden. De balanssituatie wordt vervolgens 105 / 105. In dit licht is de 5% onbalans een betere representatie van de onbalans dan 10%. Ook kan de mate van energiebalans nooit hoger zijn dan 100%. Met de eerste twee rekenmethodes kan de mate van energiebalans oneindig groot worden wanneer een kleine hoeveelheid energie wordt geladen.

3

Berekeningsresultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten ten aanzien van de waterverplaatsing, de delta T en de mate van energiebalans weergegeven.

3.1 Vergunde versus werkelijke waterverplaatsing

In tabel 3 zijn de vergunde en de werkelijk verplaatste waterhoeveelheden weergegeven. De hoeveelheid vergund en verplaatst water is weergegeven als gemiddeld per project en per jaar. Ook het percentage van de vergunde hoeveelheid dat daadwerkelijk verplaatst wordt is als gemiddeld per jaar berekend. In bijlage 2 is de waterverplaatsing uitgesplitst naar warm en koud.

Tabel 3: Vergunde versus werkelijke waterverplaatsing

Meetjaar	Gemiddeld Vergund (m ³ /jaar)	Gemiddeld werkelijk verplaatst (m ³ /jaar)	Werkelijk tov vergund (%)
Voor 2010	553.782	235.616	42,5%
2010	527.552	247.550	46,9%
2011	524.506	224.202	42,7%
2012	513.164	215.530	42,0%
2013	516.918	211.226	40,9%
2014	551.658	190.143	34,5%
Totaal	532.723	218.337	41,0%

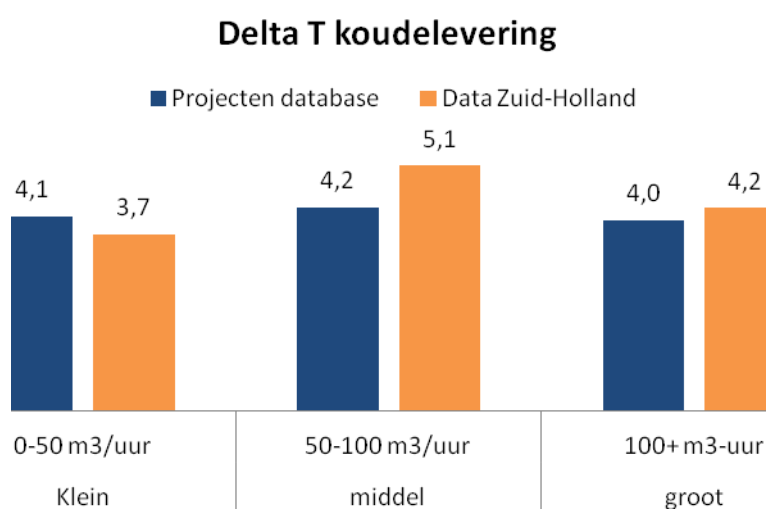
3.2 Delta T voor warmte- en koudelevering

De delta T is berekend als een gewogen gemiddelde op basis van de waterverplaatsing (zie tabel 4). Dit is gedaan om een project met beperkte waterverplaatsing en een afwijkende delta T geen onevenredig grote invloed te geven op de resultaten. Daarnaast is ook de gevonden delta T uitgesplitst naar projectomvang en vergeleken met de delta T van de database van de provincie Zuid-Holland (zie figuur 1 en 2). We zien dat de er een overeenkomst is tussen de delta T zoals die gemeten wordt in Zuid-Holland en die gemeten is in de projecten database.

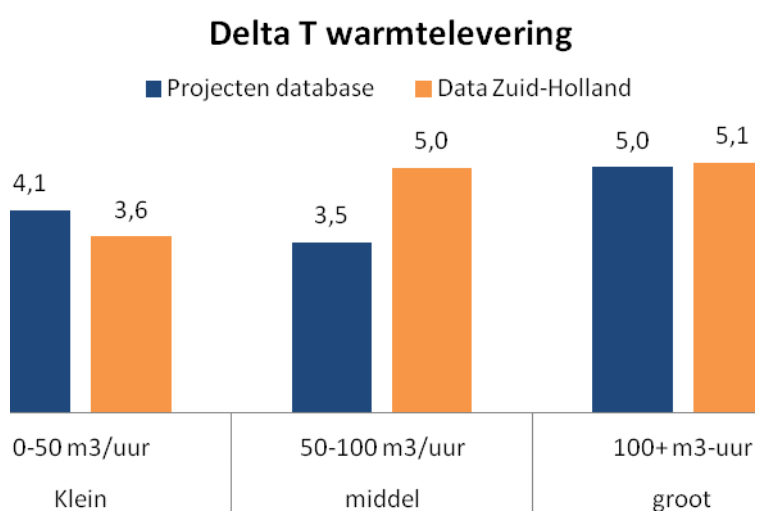
Tabel 4: Gemiddelde delta T voor warmte- en koudelevering

	gemiddelde delta T bij warmtelevering	gemiddelde delta T bij koudelevering
Projecten database	4,6 °C	4,0 °C
Onderzoek Zuid-Holland	4,4 °C	4,2 °C

Figuur 1
Delta T bij
koudelevering
uitgesplitst naar
systeemgrootte



Figuur 2
Delta T bij
warmtelevering
uitgesplitst naar
systeemgrootte



3.3 Mate van energiebalans

Onderstaande tabel 5 geeft voor de verschillende jaren in de projectendatabase weer wat er gemiddeld per project aan warmte en koude is onttrokken. Hieruit volgt ook de gemiddelde mate van balans per project in zowel MWht als in percentage.

De variatie in deze balans is grotendeels te verklaren door meerjaarlijkse weersinvloeden. Deze weersinvloeden worden weergegeven als het aantal graaddagen. Graaddagen zijn gedefinieerd als de optelsom van het verschil tussen de gemiddelde dagelijkse buitentemperatuur en kamertemperatuur. Dit betekent dat een jaar met veel graaddagen een koud jaar is geweest.

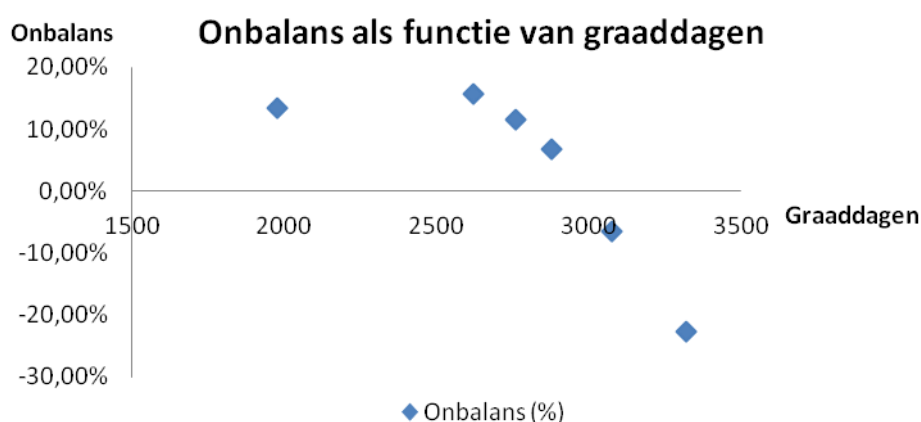
Als de temperatuur invloed heeft op de mate van balans is er sprake van een inverse relatie, oftewel een jaar met veel graaddagen veroorzaakt een koudeoverschot. Tabel 5 laat inderdaad zien dat er sprake is van een inverse relatie tussen graaddagen en geladen warmte.

Tabel 5 Energie en mate van energiebalans

Meetjaar	Geladen koude (MWht)	Geladen warmte (MWht)	Onbalans (MWht)	Onbalans (%)	Graaddagen	variatie graaddagen
Voor 2010	453	567	117	11,5%	2760	-0,5%
2010	750	481	-279	-22,7%	3320	19,8%
2011	468	642	174	15,7%	2622	-5,4%
2012	511	590	74	6,7%	2878	3,8%
2013	638	553	-78	-6,6%	3077	11,0%
2014	401	527	126	13,5%	1977	-28,7%

De relatie tussen graaddagen en onbalans wordt inzichtelijk deze twee variabelen tegen elkaar worden uitgezet. In figuur 3 is de relatie te zien tussen graaddagen (gemiddelde buitentemperatuur) en de mate van energiebalans. D

Figuur 3: Mate van energiebalans als functie van graaddagen



Onder mee vanwege de natuurlijke fluctuatie (die ontstaat door weersinvloeden) is het belangrijk om de focus te leggen op de meerjarige onbalans. Deze meerjarige balans kan op twee manieren berekend worden. Dat kan via de netto balans, waarbij een koude- en een warmteoverschot elkaar opheffen. Deze waarde zegt iets over de mate van energiebalans van alle open bodemenergiesystemen bij elkaar, en het netto effect op de Nederlandse ondergrond. Dit is 2,4%.

Ook kan er gekeken worden naar de gemiddelde mate van energiebalans op projectniveau, waarbij geen onderscheid gemaakt wordt tussen een koude- en een warmteoverschot. Deze waarde zegt iets over de gemiddelde onbalans in een systeem genomen over 5 jaar. Dit is 22%.

Voor de berekeningen van de thermische balans is alleen gekeken naar systemen met 5 of meer meetjaren om de effecten van weersinvloeden te beperken. De resultaten van beide methodieken worden in tabel 6 weergegeven.

Tabel 6 Onbalans methodiek en resultaat

Onbalans methodiek	Onbalans (%)
Meerjarige onbalans (van alle systemen bij elkaar)	2,4%
Gemiddelde meerjarige onbalans (op projectniveau)	22%

Een onbalans is te voorkomen of op te heffen door het aanbrengen en gebruiken van een regeneratievoorziening, zoals een droge koeler of een oppervlaktewatersysteem.

4

Spreiding en analyse

In dit hoofdstuk worden de resultaten onderworpen aan een nadere analyse. Eerst wordt de spreiding bepaald van de KPI's. Vervolgens wordt onderzocht welke verbanden er zijn te definiëren tussen de verschillende parameters. Tenslotte wordt bepaald welke invloed de geografie en de tijd hebben op de KPI's.

4.1 Spreiding

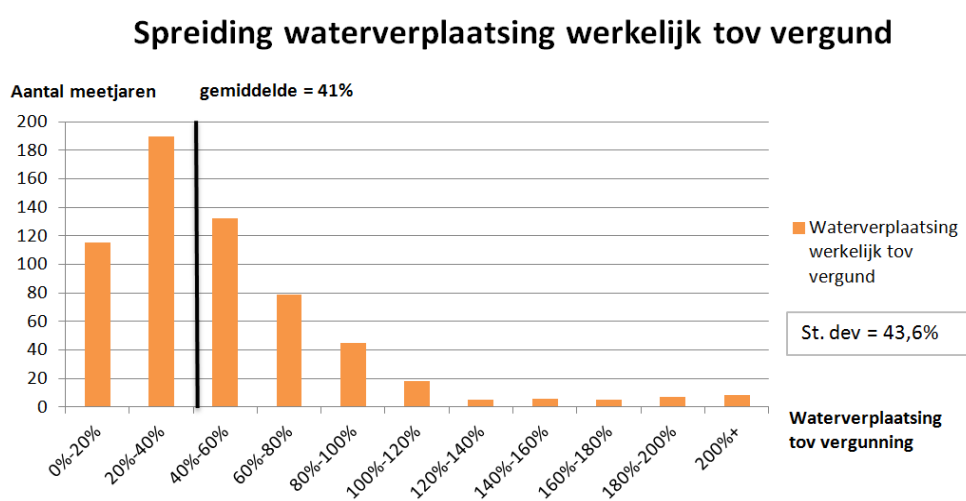
Het is van belang om een beeld te krijgen van de spreiding van de resultaten. Er is gekozen om de spreiding van de data per meetjaar weer te geven en niet gemiddeld per project. Voor een analytische benadering van de spreiding is ook de standaarddeviatie toegevoegd aan de grafieken.

4.1.1 Waterverplaatsing t.o.v. vergunning

In figuur 4 is op de horizontale as de werkelijke waterverplaatsing ten opzichte van de vergunde waterverplaatsing als percentage weergegeven. Op de verticale as zijn het aantal meetjaren weergegeven. Hieruit blijkt dat het overgrote deel (92%) van de meetjaren binnen de vergunde waterverplaatsing blijft.

Het gemiddelde ligt onder de 50% van de vergunde hoeveelheid. Maar dit ligt in de lijn der verwachting rekening houdend met de ontwerpnormen en zekerheidsmarges bij de vergunningsaanvraag. Daarnaast kunnen we ook concluderen dat die zekerheidsmarges wel nodig zijn aangezien de ruimte tot aan 100% van de vergunde hoeveelheid redelijk wordt opgevuld met meetpunten.

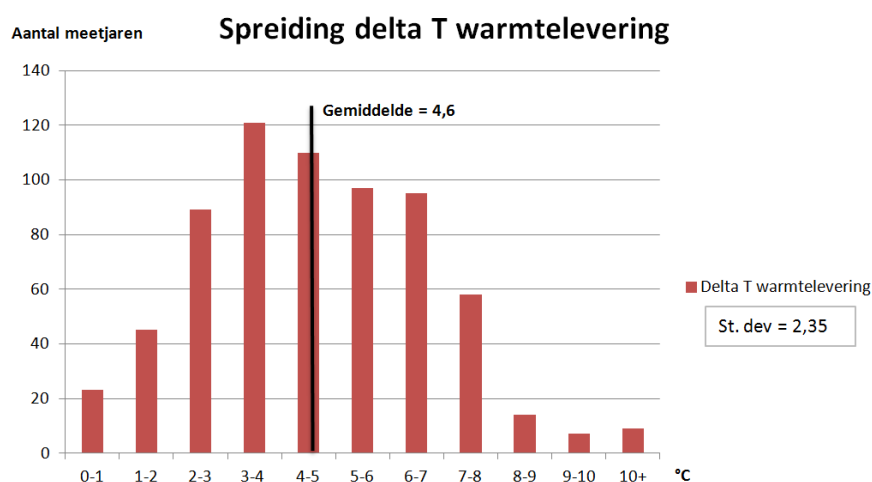
Figuur 4



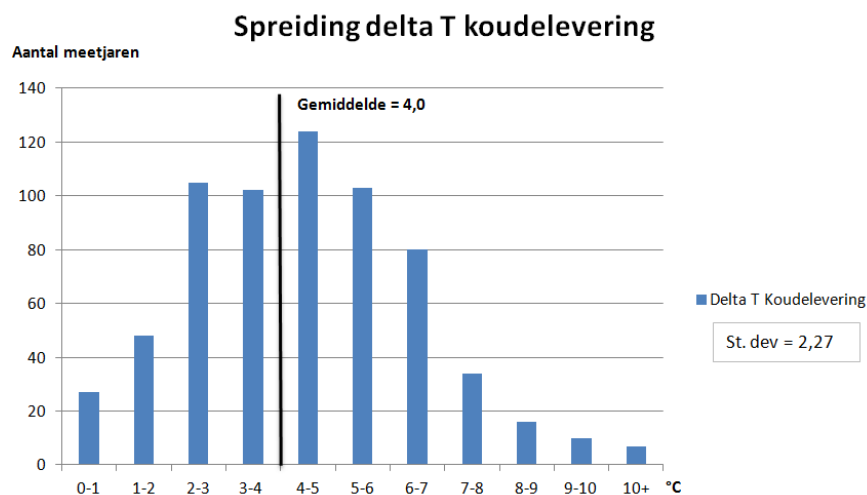
4.1.2 Delta T

In Figuur 6 en Figuur 6 is de spreiding van de delta T voor resp. warmte- en koudelevering te zien. Hieruit blijkt dat de spreiding in de delta T een normaalverdeling volgt. Het merendeel van de metingen (+/- 85%) voor zowel warmte- als koudelevering ligt tussen de 2 en de 7 graden.

Figuur 5 Spreiding
delta T
warmtelevering



Figuur 6 Spreiding
delta T koudelevering

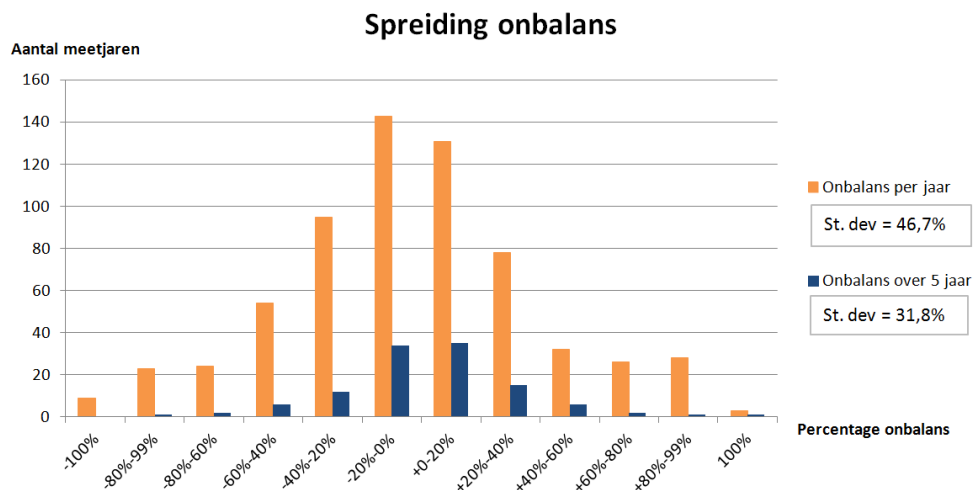


4.1.3 Spreiding mate van balans

De mate van energiebalans wordt berekend over 5 jaar. Uit Figuur 7 is te zien waarom. De oranje staven geven de onbalans weer zoals die per jaar ontstaat. In een individueel jaar kan er een significante onbalans zijn. In 17% van de meetjaren ontstaat zelfs een onbalans van 60% of meer. Maar doordat dit in opvolgende jaren weer gecompenseerd kan worden komt een dergelijke onbalans over 5 jaar veel minder voor. Een onbalans van 60% of meer

komt dan nog maar in 6% van de gevallen voor. Deze afname kan zowel komen door het bijsturen van de beheerder als door uitmiddeling van jaarlijkse weersinvloeden. Als plus of min 20% onbalans als acceptabel wordt gezien dan is bij 60% van de systemen sprake van een thermische balans over 5 jaar of meer.

Figuur 7 Spreiding van de onbalans

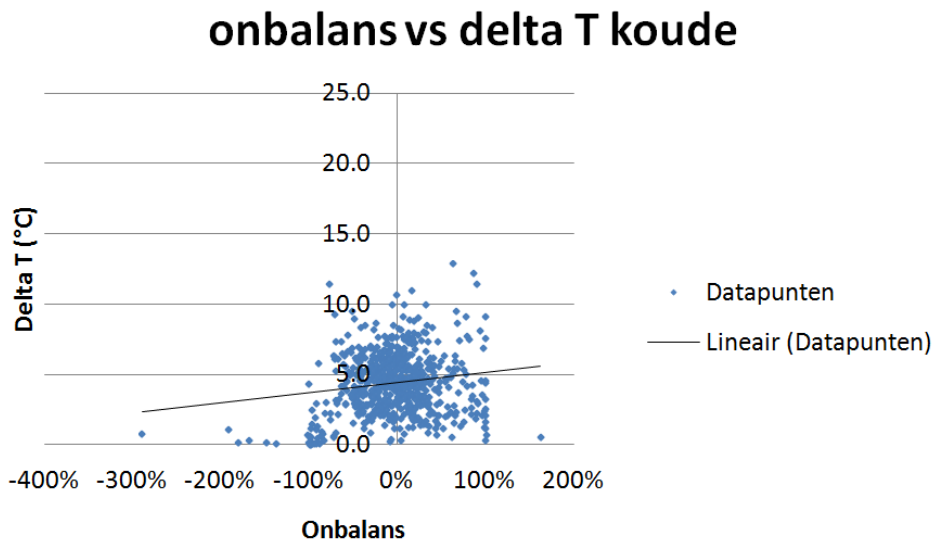


4.2 Onderlinge verbanden

Naast het bekijken van de spreiding is het ook mogelijk om te zoeken naar onderlinge verbanden in de data. Is het bijvoorbeeld zo dat systemen met een onbalans ook een lagere delta T hebben? Of maken grote systemen procentueel gezien meer gebruik van de vergunde waterverplaatsing dan kleine systemen?

Om dit te onderzoeken zijn de verschillende meetwaarden tegen elkaar uitgezet. In figuur 8 is de mate van energiebalans uitgezet tegen de delta T.

Figuur 8



Het is echter lastig om uit een dergelijk plot af te lezen hoe sterk de correlatie is. Een betere methode is via een Pearson analyse. De Pearson analyse geeft een waarde (correlatiecoëfficiënt r) die ligt tussen de -1 en 1. Positief of negatief maakt voor de mate van correlatie niet uit dus kijken we naar de absolute waarde. Voor de absolute waarden uit de Pearson analyse kan de interpretatie als volgt gedaan worden⁶:

⁶ Basishandboek SPSS 19. IBM SPSS Statistics 19, Alphons de Vocht

-
- $0.00 < r < 0.30$: nauwelijks of geen correlatie
 - $0.30 < r < 0.50$: lage correlatie
 - $0.50 < r < 0.70$: middelmatige correlatie
 - $0.70 < r < 0.90$: hoge correlatie
 - $0.90 < r < 1.00$: zeer hoge correlatie

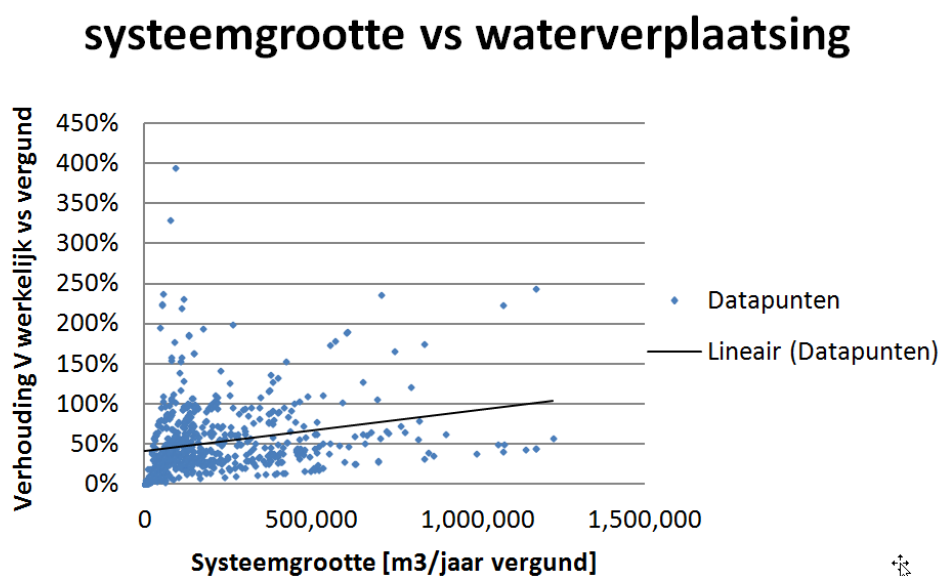
Als we de Pearson coëfficiënt bepalen voor de meest voor de hand liggende correlaties zien we de volgende resultaten:

Tabel 7: Pearson correlatie tussen de KPIs

KPI A	KPI B	Pearson correlatiecoëfficiënt (r)
onbalans	delta T koude	15%
onbalans	delta T warmte	-3%
waterverplaatsing	delta T warmte	-9%
waterverplaatsing	delta T koude	3%
waterverplaatsing	onbalans	4%
systeemgrootte	delta T warmte	10%
systeemgrootte	delta T koude	7%
systeemgrootte	onbalans	2%
systeemgrootte	waterverplaatsing	24%

Uit tabel 7 blijkt dat er geen betrouwbare correlaties zijn te maken. De “beste” correlatie is tussen de systeemgrootte, uitgedrukt in de vergunde waterverplaatsing per jaar in m³, en het percentage daarvan wat daadwerkelijk verpompt wordt. Toch is er volgens de methodiek van de Vocht ook in deze relatie niet of nauwelijks sprake van een correlatie. Ter informatie is hieronder de plot deze data weergegeven (Figuur 9).

Figuur 9: Verhouding
systeemgrootte en
waterverplaatsing



4.3 Analyse per jaar

Als laatste is het interessant om te kijken of er veranderingen te zien zijn over tijd. Zijn er trends te zien als we de gegevens per jaar groeperen? Het is wel belangrijk om terughoudend te zijn met het toekennen causale verbanden tussen eventuele trends en veranderingen in techniek of wetgeving. Invloeden als temperatuur en economie kunnen bijvoorbeeld evengoed een rol spelen.

4.3.1 Waterverplaatsing

In Tabel 8 is de gemiddelde waterverplaatsing (vergund en werkelijk) per jaar te zien. Hierin is een iets dalende trend te zien in de werkelijk verplaatste hoeveelheid, zowel absoluut als in percentage van de vergunde hoeveelheid.

Tabel 8: Vergunde en werkelijke waterverplaatsing per jaar

Jaar	Vergund [m ³ /jaar]	Werkelijk totaal [m ³ /jaar]	Percentage
Voor 2010	553.782	235.616	42.5%
2010	527.552	247.550	46.9%
2011	524.506	224.202	42.7%
2012	513.164	215.530	42.0%
2013	516.918	211.226	40.9%
2014	551.658	190.143	34.5%
Gemiddeld	532.723	218.337	41.0%

4.3.2 Delta T

In tabel 9 is de gemiddelde delta T voor zowel warmte- als koudelevering per jaar te zien. Er is een licht stijgende trend te zien in de delta T. 2014 is daarin echter een trendbreuk, wat dit heeft veroorzaakt is lastig met zekerheid te zeggen. Er zou een verband kunnen zijn met het feit dat 2014 het warmste jaar ooit gemeten is in Nederland ten tijde van dit onderzoek.

De twee trends van een dalende waterverplaatsing en een stijgende delta T kunnen met elkaar verband houden. Kijkend naar de gemiddelde energielevering aan het gebouw dan is er geen duidelijke stijgende of dalende trend te zien. Dit betekent dat de dalende waterverplaatsing voor een groot deel gecompenseerd wordt door een toename in de delta T. Anders was er namelijk ook een dalende trend te zien in de energielevering. Dit wijst erop dat de dalende waterverplaatsing veroorzaakt wordt doordat de systemen efficiënter omgaan met het verpompte water.

Tabel 9 De delta T voor warmtelevering en koudelevering per jaar

Jaar	Delta T warmtelevering [°C]	Delta T koudelevering [°C]
Voor 2010	4.30	3.77
2010	4.65	3.78
2011	4.39	3.97
2012	4.58	4.11
2013	4.91	4.74
2014	4.77	3.75
2015 (tot okt)	4,86	4,57
Gemiddeld	4.6	4.0

4.3.3 Mate van energiebalans

De trend in de balans is al eerder in dit rapport (paragraaf 3.33.3) benoemd. Er is een duidelijke correlatie tussen de onbalans en de temperatuur (het aantal graaddagen). Het feit dat het warmste jaar ooit (2014) een kleinere onbalans laat zien dan een eerder minder warm jaar (2011) zou erop kunnen wijzen dat de mate van de onbalans als gevolg van temperatuur wel iets afneemt. Dit is echter een zeer speculatieve opmerking en vereist meer onderzoek om te beantwoorden.

Tabel 10: De mate van energiebalans per jaar

Jaar	Onbalans
Voor 2010	11,5%
2010	-22,7%
2011	15,7%
2012	6,7%
2013	-6,6%
2014	13,5%
Gemiddeld	2,4%



5

Conclusies

5.1 Meetdata

De gebruikte dataset bevat 734 meetjaren met een totale waterverplaatsing van meer dan 140 miljoen m³. De meetjaren zijn geregistreerd gedurende de periode 2005 tot 2015.

5.2 Resultaten

Werkelijke waterverplaatsing versus vergunde hoeveelheid

- De werkelijke waterverplaatsing is gemiddeld 41% van de vergunde hoeveelheid.
- In de periode 2010 – 2014 is een gestage afname te zien van dit percentage van circa 47% naar ruim 34%. Er wordt in die periode dus elk jaar minder water verpompt. In dezelfde periode is er sprake van een stijging van de delta T.
- In 92% van de meetjaren blijft de waterverplaatsing binnen de vergunde waterhoeveelheid.

Delta T

- Het gemiddelde temperatuurverschil over de bronnen tijdens warmtelevering is 4,6 graden Celsius en die tijdens koudelevering 4,0 graden Celsius.
- De spreiding in de delta T volgt een normaalverdeling. Het merendeel (85%) van de metingen ligt tussen 2 en de 7 graden Celsius.
- De delta T neemt in de periode 2010-2013 gestaag toe van 3,8 graden Celsius naar 4,8 graden Celsius. In dezelfde periode is er een jaarlijkse afname van de verpompte hoeveelheid water.
- De gemiddelde delta Ts voor warmte en koudelevering zijn nagenoeg onveranderd vergeleken met het onderzoek uit 2009 (zie ook hoofdstuk 6).
- De delta T komt goed overeen met de waarden die uit het onderzoek van de provincie Zuid-Holland naar voren komen.

Mate van energiebalans

- De mate van energiebalans over alle systemen genomen is 2%.
- De gemiddelde meerjarige mate van energiebalans op projectniveau is 22%.
- De variatie in de jaarlijkse mate van energiebalans in een jaar is grotendeels te verklaren door weersinvloeden: er is namelijk een aantoonbare relatie tussen mate van energiebalans en de jaartemperatuur weergegeven als het aantal graaddagen.

Onderlinge verbanden

- In het onderzoek zijn de verschillende parameters tegenover elkaar uitgezet. Het gaat om de parameters waterverplaatsing, systeemgrootte, delta T en mate van energiebalans.
- Hieruit blijkt dat er vooralsnog geen relaties met een hoge mate van correlatie zijn te leggen tussen deze parameters.



6

Discussie en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste discussiepunten behandeld. Tevens worden de uitkomsten vergeleken met de resultaten uit 2006 en 2009. Tenslotte wordt de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van de data besproken. De discussiepunten zijn vergezeld van aanbevelingen.

6.1 Kengetallen energiebesparing

Een belangrijk verschil met de onderzoeken uit 2006 en 2009 is dat in het onderzoek van 2016 geen kengetallen voor energiebesparing en CO₂-emissiereductie zijn bepaald. Dit heeft te maken met de betrouwbaarheid van de achterliggende aannamen om te komen tot deze kengetallen. In overleg met de opdrachtgever is besloten om te focussen op daadwerkelijke meetdata.

Het probleem is nu dat er te weinig praktijkinformatie van gebouwszijdige componenten voorhanden is om de betreffende kengetallen als energiebesparing en CO₂-emissiereductie met zekerheid te kunnen bepalen. Het ontbreekt bijvoorbeeld aan gegevens over het werkelijke elektriciteitsverbruik van de warmtepomp of de hoeveel regeneratie die heeft plaatsgevonden.

Sinds 1 juli 2013 is het voor nieuwe bodemenergie-installaties verplicht om de zogenaamde SPF vooraf te bepalen en daarna jaarlijks te meten en/of registreren. Hiermee wordt het rendement van de gehele duurzame installatie bepaald: bronnen, warmtepomp en regeneratiesysteem. Piekvoorzieningen zoals gasketels zijn uitgesloten. Het opleggen en meten van de SPF is een zeer goede stap voorwaarts om het totale rendement, en daarmee de energiebesparing die in werkelijkheid optreedt, te bepalen. De periode vanaf 1 juli 2013 is echter te kort om een uitgebreide set van metingen voorhanden te hebben.

Aanbeveling rendement, energiebesparing en CO₂-emissiereductie

De aanbeveling is om op korte termijn een selectie te maken van projecten waarbij de SPF is vastgelegd en wordt gemeten. Bij voorkeur mogen dit projecten zijn waarbij ook het verbruik van de piekvoorzieningen wordt bijgehouden. Begin vervolgens met het registreren van de data zodat over twee jaar (2018) uitspraken kunnen worden gedaan over het werkelijk rendement van bodemenergiesystemen. Neem daarbij ook de gesloten bodemenergiesystemen mee.

Omdat het gaat om projecten vanaf 1 juli 2013 zal het aantal projecten die voldoen aan deze voorwaarden nog relatief gering zijn. Echter, het is goed te beseffen dat er nu een kans aanwezig is om te beginnen, en deze projecten en meetgegevens zo goed mogelijk vast te leggen. Op basis daarvan kan over twee jaar (2018) al een goede inschatting worden gegeven van het werkelijk rendement, de werkelijke energiebesparing en de werkelijke CO₂-emissiereductie.

6.2 Vergelijking met onderzoeken 2006 en 2009

6.2.1 Waterverplaatsing versus vergunde hoeveelheid (2006-2016)

De onderzoeken van 2006 en 2009 gebruikten de waterverplaatsing uit het ontwerp, niet die uit de vergunning. De waterverplaatsing in de vergunning ligt vaak 50% hoger dan het ontwerp om extreme jaren op te kunnen vangen zonder de vergunning te overschrijden. Dit betekent dat we de resultaten van 2006 en 2009 niet 1-op1 kunnen vergelijken. We kunnen wel een schatting maken op basis van de 50% norm. In Tabel 11 zien we dat het percentage waterverplaatsing ten opzichte van de vergunning nauwelijks veranderd is sinds 2009. In 2006 was het een stuk lager, dit zou kunnen komen doordat er in die tijd nog niet veel warmtepompen gebruikt werden. Zonder warmtepomp is het lastiger om de bronnen optimaal in te zetten. Dit zou het verschil met 2006 kunnen verklaren.

Tabel 11
Waterverplaatsing
t.o.v. de vergunning

Kental	Ontwerp	Vergunning
2006*	41%	27%
2009*	60%	40%
2016	62%*	41%

* op basis van schatting obv 50% norm

Aanbeveling waterverplaatsing

De cijfers wijzen op een stabilisatie van de werkelijke waterverplaatsing ten opzichte van de vergunde waterverplaatsing. Het merendeel van de systemen voldoet aan de vergunningseisen op dit vlak. Er hoeven geen acties ondernomen te worden vanuit de vergunningverlener.

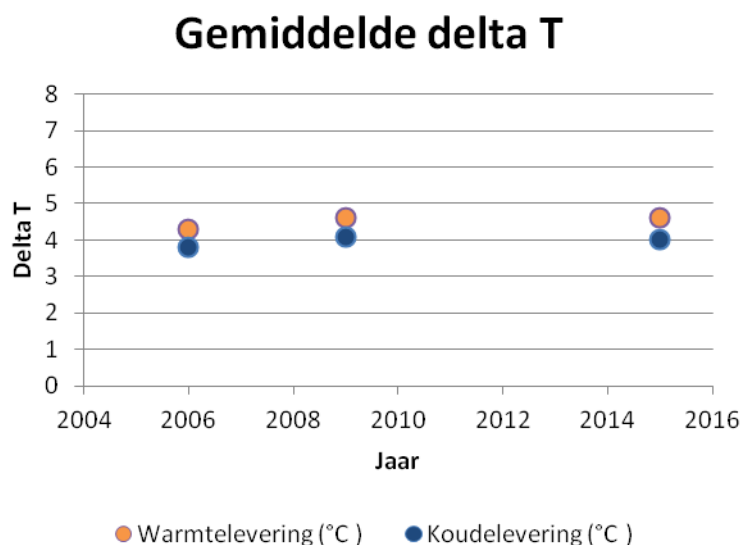
6.2.2 Delta T (2006-2016)

De delta T is weinig veranderd voor zowel warmte- als koudelevering in vergelijking met het onderzoek van 2009 (zie tabel 12). De gemiddelde delta T is bijna identiek aan die uit 2009. Dit is opvallend omdat er vrij veel tijd tussen de twee onderzoeken zit en een groot deel van

Tabel 12 Vergelijking
delta T met
onderzoeken uit
2006 en 2009

Kental	Warmtelevering (°C)	Koudelevering (°C)
2006	4,3	3,8
2009	4,6	4,1
2016	4,6	4,0

Figuur 10:
Verandering in de
gemiddelde delta T
over de jaren



De vraag werpt zich op of de delta T een factor is die nog nader moet worden onderzocht. Uit de onderzoeken uit 2006, 2009 en 2016 blijkt deze te variëren tussen 3,8 graden Celsius en 4,6 graden Celsius. De cijfers van het onderzoek van Zuid-Holland vallen hier binnen (4,2 à 4,4 graden Celsius). Ook de spreiding van de getallen is gering. Geografisch of qua gebruiksdoel zijn er ook geen substantiële verschillen.

Aanbeveling delta T

Bespreek de resultaten ten aanzien van de delta T met experts. Op basis hiervan kan consensus worden verkregen over het nut en de noodzaak voor vervolgonderzoek naar de delta T.

6.2.3 Mate van energiebalans 2006-2016

De onderzoeken uit 2006 en 2009 hadden een iets andere benadering bij het rapporteren van de energiebalans. Derhalve is het niet mogelijk om de gemiddelde balans over 5 jaar direct te vergelijken. Het is wel mogelijk om de energiebalans over de gehele dataset te vergelijken, deze is te zien in Tabel 13. Daarin is een duidelijke dalende trend te zien. We kunnen dus concluderen de WKO-systemen in Nederland meer in balans zijn dan in 2009 en 2006.

Tabel 13 Mate van energiebalans vergeleken met de voorgaande onderzoeken

Kental	Mate van energiebalans
2006	10,0%
2009	5,3%
2016	2,4%

6.3 Nauwkeurigheid en beschikbaarheid data

De nauwkeurigheid van het onderzoek is sterk verbonden met de nauwkeurigheid van de beschikbare meetgegevens. Om de actualisatie van de KPI's in de toekomst te verbeteren en ook de kennis en integratie met de bovengrondse installaties te vergroten is de beschikbaarheid en nauwkeurigheid van de data van groot belang.

In het ideale geval is de benodigde data afkomstig van grote landelijke databronnen waarin zich alle systemen met volledige dataset bevinden. Het Landelijk Grondwater Register (LGR)⁷ is daarvoor een uitgelezen mogelijkheid.

De ervaring leert dat niet alle bodemenergiesystemen door provincies en gemeenten in het LGR worden geregistreerd. Dit is ongewenst omdat hierdoor: a) belangrijke data niet beschikbaar is en b) negatieve thermische interferentie tussen bodemenergiesystemen kan optreden omdat systemen niet bekend zijn bij initiatiefnemers.

Op dit moment (april 2016) wordt een evaluatie van het Wijzigingsbesluit Bodemenergiesystemen uitgevoerd. Daarin kan de registratie worden meegenomen. Ook bij de ontwikkelen van de Omgevingswet kan dit onderwerp ingebracht worden.

⁷ En in de toekomst eventueel de Basis Registratie Ondergrond (BRO)

Aanbeveling registratie in het LGR

Zorg er voor dat gemeenten en provincies alle bij hen gemelde open- en gesloten bodemenergiesystemen registreren in het LGR. Zorg er tevens voor dat de gegevens volledig en correct worden ingevoerd. Agendeer dit onderwerp bij de evaluatie van de AMvB Bodemenergie en de Omgevingswet.

Aanbeveling verbetering gegevensvelden en rapportages LGR

Breid de invoervelden van het landelijk register uit met *specifieke gemeten data* van de open en gesloten bodemenergiesystemen. Randvoorwaarde is dat de gebruiksvriendelijkheid voor het invoeren gewaarborgd is, alsmede dat er een goede rapportagefunctie beschikbaar komt voor overheden.

Hieronder worden de aanbevelingen weergegeven die per type bodemenergiesysteem van toepassing zijn.

Aanbevelingen gesloten bodemenergiesystemen

- **Voorkom dataruis in het LGR:** zorg dat de landelijke database voor gesloten bodemenergiesystemen op eenduidige wijze gevuld wordt. Op dit moment staat veel onbruikbare “dataruis” in het LGR.
- **Uitleg aan initiatiefnemers en verbetering meldingsformulieren:** geef extra uitleg aan initiatiefnemers over de invoervelden en de bijbehorende eenheden.
- **Gebruiksvriendelijkheid LGR voor overheden:** zorg voor het (makkelijk) registreren van de gegevens van vergunde gesloten bodemenergiesystemen in het LGR, zodat hier datareeksen opgebouwd kunnen worden.

Aanbevelingen open bodemenergiesystemen

- **Verzamel functioneringsdata bovengrondse componenten:** zorg voor data met betrekking tot het functioneren van het bovengrondse deel van een bodemenergiesysteem.
- **Toets praktijkgegevens van de bovengrondse installatie:** toets deze aan de laboratoriumopstellingen, zodat de werkelijke rendementen bekend zijn.



Bijlage 1

Betrouwbaarheid en representativiteit

B1. Keuze databronnen

Dit hoofdstuk geeft een samenvatting van de keuze van de databron. Bij de start van het project is de wens geuit om het aantal systemen (en bijbehorende meetjaren) ten opzichte van 2006 en 2009 te vergroten tot het aantal van 125 bodemenergiesystemen. Bij voorkeur een mix van open- en gesloten bodemenergiesystemen.

De onderstaande databronnen zijn onderzocht, waarbij rekening is gehouden met volledigheid, betrouwbaarheid, representativiteit en het aantal systemen die in de databron aanwezig was:

- De database met gegevens die geregistreerd zijn door verschillende beheerders en eigenaren van bodemenergiesystemen.
- BodemenergieOnline, het registratiesysteem voor bodemenergiesystemen van de provincies Drenthe en Noord-Brabant.
- Het Landelijk Grondwaterregister (LGR).
- De Provinciale Grondwater Registers (PGWR), Dit zijn Excel-sheets met de data export van de provincies uit 2013.
- Gebruikersplatform, zie www.gebruikersplatformbodemenergie.nl.

Uit de analyse blijkt dat de database van de beheerders en eigenaren (hierna genoemd de "Projectendatabase") het meest geschikt is om data aan te leveren voor de open bodemenergiesystemen. Deze databron (in beheer bij IF Technology) heeft de grootste volledigheid en betrouwbaarheid van de gegevens. Het voordeel van het gebruik van deze database is dat een jaarlijkse of tweejaarlijkse herhaling snel en effectief kan worden uitgevoerd.

Ter verificatie voor de analyse van de open bodemenergiesystemen wordt een analyse van de database van de provincie Zuid-Holland vergeleken met de resultaten van de projectendatabase. Zodat op deze manier de betrouwbaarheid en representativiteit van de data vergeleken kan worden.

Uit de analyse is gebleken dat er op dit moment geen betrouwbare databron voor gesloten bodemenergiesystemen aanwezig is. Er zijn wel gesloten systemen geregistreerd, maar de data is onvolledig.

Dit betekent dat in dit onderzoek 125 open bodemenergiesystemen geanalyseerd worden. De gegevens van de gesloten bodemenergiesystemen beperken zich tot de landelijke totale aantallen systemen, het totaal aantal lussen, en de gemiddelde opgegeven SPF.

Tabel B1 Parameters en KPI's

	Open systemen	Gesloten systemen
Te verzamelen gegevens per project		
Locatie (provincieniveau)	X	X
Gebruiksdoel + subdoelen	X	X
Waterhoeveelheid per jaar (vergund)	X	
Waterhoeveelheid per jaar (werkelijk)	X	
Energiehoeveelheid per jaar (werkelijk)	X	
Max debiet	X	
Gemiddelde Delta T ⁸ voor zomer / winter	X	
SPF ⁹ (in melding of vergunning)	X	X
Aantal lussen		X
KPI's (vergunning)		
Waternverplaatsing werkelijk vs vergund	X	
Energie (on)balans	X	
Delta T (zomer / winter)	X	
KPI's (rendement)		
SPF (werkelijk vs Ontwerp)	X	
Productie hernieuwbare energie ¹⁰	X	
CO ₂ -emissiereductie	X	
Energiebesparing	X	

⁸ Delta T = temperatuurverschil tussen de koude en warme bron, of tussen de infiltratie- en onttrekkingbron

⁹ SPF = Seasonal Performance Factor

¹⁰ Overeenkomstig de methodiek uit het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie – Herziening 2015

Gesloten systemen

Uit de analyse van de verschillende databronnen is gebleken dat er voor gesloten bodemenergiesystemen op dit moment nog geen betrouwbare data aanwezig is. Om in de toekomst het gebruik en de werking van gesloten systemen te monitoren is het van belang dat de data en de bijbehorende KPI's hiervoor beter geregistreerd worden.

Uitleg database provincie Zuid-Holland

De provincie Zuid-Holland heeft recentelijk ook een analyse uitgevoerd naar de werking van open bodemenergiesystemen binnen de provincie. De resultaten van deze analyse zullen worden toegevoegd aan de rapportage en worden vergeleken.

B2. Metadata projectendatabase

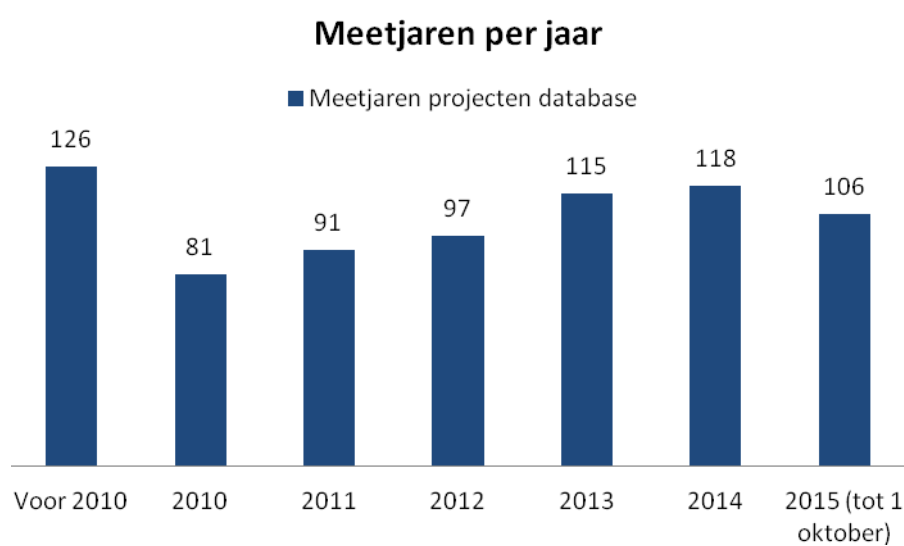
De gegevens uit de projectendatabase zijn gebruikt als basis voor dit onderzoek. Deze gegevens zijn verzameld door de experts van IF Technology. De representativiteit van deze gegevens zijn vervolgens getoetst. Dit hebben we gedaan op basis van een drietal parameters die de meeste invloed hebben op de uitkomsten van het onderzoek.

De toets is verricht op basis van de volgende parameters:

- de geografie (verdeling over de provincies);
- het gebruikstype (verdeling over utiliteit, woningbouw, agrarisch en industrie);
- de systeemgrootte (verdeling over kleine, middelgrote en grote systemen).

Voor de geografische toets en de toets per gebruikstype is CBS data beschikbaar. De resultaten van deze toets zijn te zien in de volgende paragrafen.

Figuur B1 Meetjaren
verdeling per jaar in de
projectendatabase



Tabel B2
Metadata per
gebruiksdoel

Verdeling per gebruiksdoel

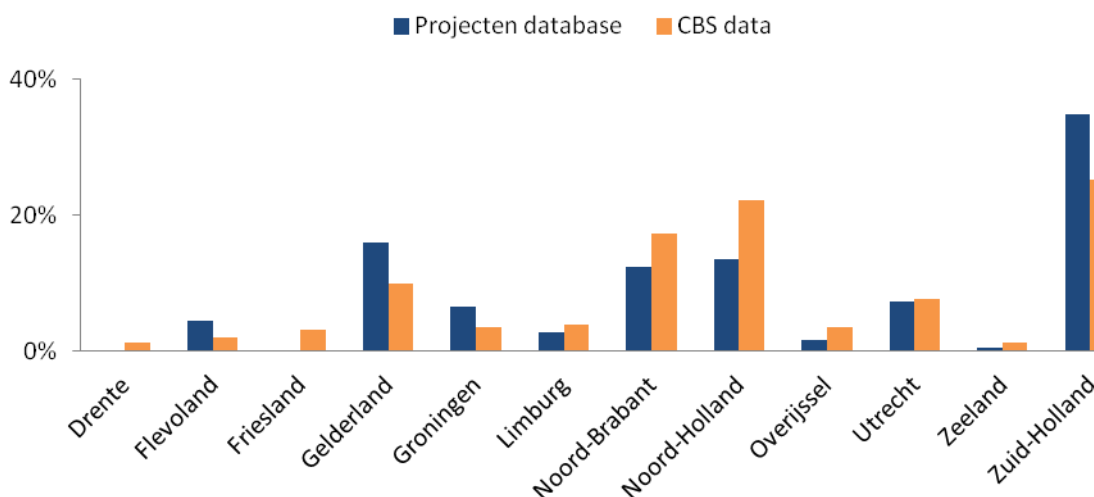
Parameter	Agrarisch	industrie	utiliteit	woningbouw	Totaal
Aantal projecten	3	0	115	7	125
Aantal meetjaren	14	0	665	55	734
Verplaatst grondwater (m ³)	380.000	0	19.123.000	1.270.000	20.774.000
% grondwater t.o.v. totaal	2%	0%	92%	6%	100%

B3. Representativiteit van de dataset

Projecten per provincie

De verdeling van projecten over de provincies is gedaan op basis van de waterverplaatsing omdat het CBS deze eenheid gebruikt in hun publicaties. We vergelijken hier de procentuele verdeling van de werkelijke jaarlijkse waterverplaatsing per provincie over 2014. Onderstaande figuur B2 geeft weer hoe deze percentages zich per provincie verhouden voor zowel de CBS data als de projectendatabase uit dit onderzoek.

Waterverplaatsing per provincie



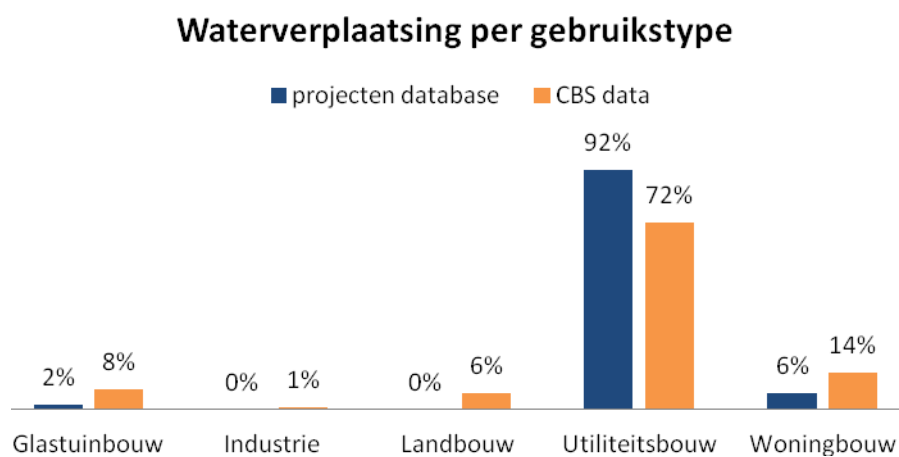
Figuur B2
Waterverplaatsing
per provincie

**Verdeling van de werkelijke jaarlijkse waterverplaatsing door open bodemenergiesystemen uitgesplitst over de provincies en de twee databases.*

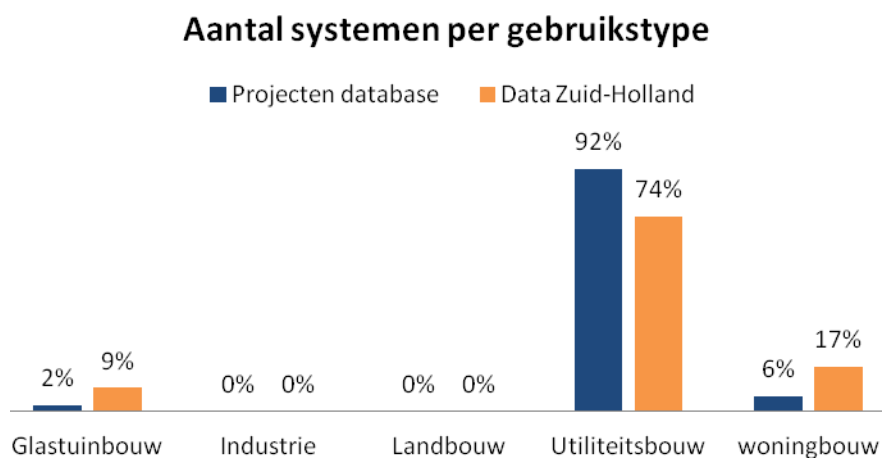
Verdeling per gebruiksdoel

Net als de geografische spreiding is ook de spreiding per gebruikstype van belang voor de representativiteit. Deze parameter is zowel vergeleken met CBS data als met de input vanuit de provincie Zuid-Holland. De vergelijking met CBS data is gemaakt op basis van waterverplaatsing. De data vanuit Zuid-Holland is vergeleken op basis van het aantal systemen. Het is wel belangrijk om te weten dat er in de projecten database geen glastuinbouw zit en dat die in de data vanuit de provincie Zuid-Holland wel aanwezig is.

Figuur B3
Waterverplaatsing
per gebruikstype



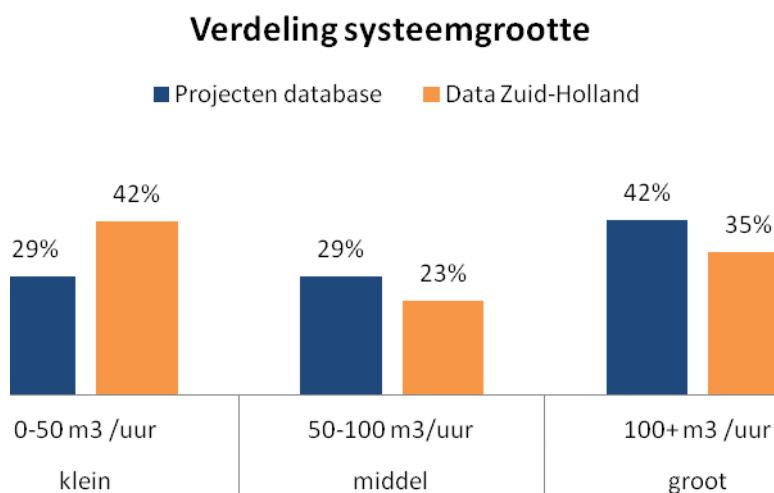
Figuur B4 Aantal
systemen per
gebruikstype



Grootte van de systemen

De verdeling in de grootte (uitgedrukt in het maximaal debiet) van de systemen in projectendatabase is te zien in de onderstaande figuur. Omdat gegevens vanuit het CBS ontbreken m.b.t. deze parameter is input vanuit de provincie Zuid-Holland gebruikt ter vergelijking. Het gaat hierbij om een dataset van 230 systemen.

Figuur B5
Systeemgrootte
bodemenergiesystem
en



Een tweede controle op de systeemgrootte is te doen met behulp van de vergunde waterverplaatsing per systeem zoals bepaald in het recent uitgevoerde onderzoek voor de Gemeentelijke Klimaatmonitor. Dit onderzoek is gebaseerd op data uit de Provinciale grondwaterregisters en het Landelijk grondwater register.

Tabel B3
Jaarlijks vergunde
onttrekking per
project

Bron	Vergunde onttrekking per project
Gemeentelijke klimaatmonitor	495.000 m3/jaar
Projectendatabase	536.000 m3/jaar

Conclusie representativiteit

Uit de bovenstaande gegevens concluderen we dat de projectendatabase zowel geografisch als in termen van gebruikstype en grootte een goede overeenkomst vertoont met de data van het CBS en provincie Zuid-Holland. Dit is een ruim voldoende representatieve dataset voor dit onderzoek.

Bijlage 2

Waternverplaatsing t.b.v. koude en warmte

B2. Waterverplaatsing koude versus warmte

Om de verhouding tussen waterverplaatsing voor warmtelevering en koudelevering inzichtelijk te maken is het essentieel om over meerdere jaren te kijken. De waterverplaatsing is namelijk gerelateerd aan de warmte of koudevraag en die varieert van jaar tot jaar als gevolg van factoren zoals de gemiddelde temperatuur. Vandaar dat we het best kunnen kijken naar de gemiddelde verhouding tussen warmte en koudelevering over de gehele dataset omdat dit het effect van jaarlijkse weersinvloeden vermindert.

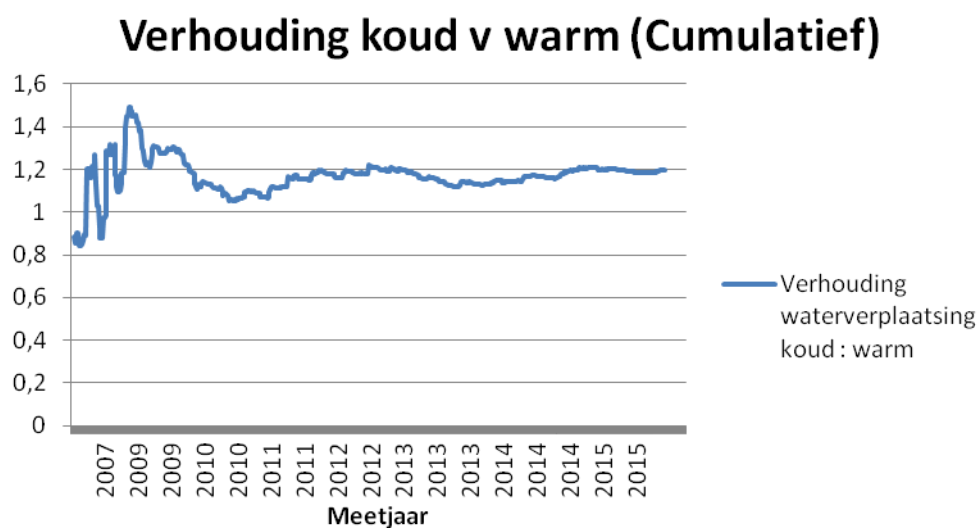
Tabel B1
verhouding
waterverplaatsing

	Totaal
Waterverplaatsing koude	76.545.040 m ³
Waterverplaatsing warmte	63.979.912 m ³
Verhouding	1,196391758

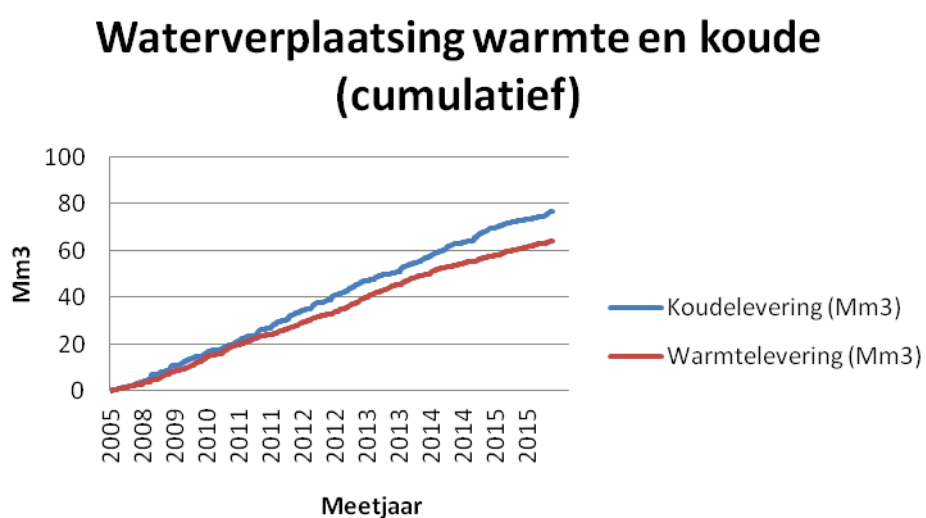
Uit tabel 1 blijkt dat er gemiddeld 20% meer water voor koude wordt verplaatst dan voor warmte. Dit wordt op energetisch vlak echter weer grotendeels gecompenseerd doordat de delta T voor warmtelevering hoger ligt.

In de grafiek (figuur B1) is te zien weer hoe de cumulatieve verhouding tussen verplaatst warm en koud water verloopt over de tijd. Cumulatief betekent in dit geval de verhouding over al het verplaatste water tot dat moment. De schommeling in het begin komt doordat er nog weinig meetjaren in de berekening zitten en elk nieuw meetjaar een grotere invloed heeft.

Figuur B1
Verhouding koud v
warm



Figuur B2
Waterverplaatsing





Dit is een publicatie van:

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
Croeselaan 15 | 3521 BJ Utrecht
Postbus 8242 | 3503 RE Utrecht
T +31 (0) 88 042 42 42
E klantcontact@rvo.nl
www.rvo.nl

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van
het ministerie van Economische Zaken

© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland | juni 2016
Publicatienummer: RVO-082-1601/RP-DUZA

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) stimuleert duurzaam,
agrarisch, innovatief en internationaal ondernemen. Met subsidies, het
vinden van zakenpartners, kennis en het voldoen aan wet- en regelgeving.
RVO.nl werkt in opdracht van ministeries en de Europese Unie.
RVO.nl is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken.