

# Energiebesparingspotentieel Dienstensector gasverbruik

December 2014

ECN – drs. Ing. J.M. Sipma



## Energiebesparingspotentieel dienstensector<sup>1</sup>

### Samenvatting

Energiebesparing in de utiliteitsbouw is voor de rijksoverheid een beleidsprioriteit zoals onder meer blijkt uit het in september 2013 afgesloten 'Energieakkoord voor duurzame groei'. Een probleem bij het bepalen van het besparingspotentieel was het ontbreken van inzicht in de totale voorraad utiliteitsgebouwen en het energieverbruik per gebouwtype. Hier is met de rapportage 'Verbetering referentiebeeld utiliteitssector' verandering in gekomen. Dit artikel laat zien welk besparingspotentieel er binnen de dienstensector ligt op het gasverbruik. Daarnaast gaat het artikel in op gerelateerde investeringskosten en arbeidseffecten.

door drs. ing. J.M. Sipma

In opdracht van het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) heeft ECN (Energieonderzoek Centrum Nederland) in 2013 de kwaliteit van het 'referentiebeeld' van de utiliteitsbouw verbeterd. Het onderzoek bestond uit twee delen. Eerst is gekeken naar onderscheiden gebouwtypen, voorraadgegevens, inzicht in de verdeling naar bouwgrrootte, leegstand en energie-intensiteiten. Hieruit volgde het huidig energiegebruik waarover in een eerste artikel in september is bericht (Sipma, 2014). Daarna is de voorraad verder opgedeeld naar energetische kwaliteit waarbij bouwjaarklassen en penetratiegraden van energiebesparende maatregelen bepalend waren. Hiermee werd inzicht verkregen in het besparingspotentieel van aanvullende maatregelen. Dit potentieel is afhankelijk van het ambitieniveau dat nagestreefd wordt. Met deze reden is de terugverdientijd als variabele factor meegenomen. Deze bepaalt uiteindelijk de daadwerkelijke realisatie van energiebesparing en de hiermee gepaard gaande investeringskosten en arbeidseffecten. Eerst wordt de onderzoeksmethode besproken. Daarna volgen de belangrijkste resultaten. Het artikel sluit af met een discussie en conclusie.

## Onderzoeksmethode

De besparing die uiteindelijk gerealiseerd wordt in een willekeurig gebouw is sterk afhankelijk van de energetische kwaliteit van dat gebouw op dat moment. In deze macro-analyse zijn de voorraden en energie-intensiteiten die per gebouwtype waren bepaald in het eerste artikel, verder opgesplitst naar het niveau van 7 onderscheiden bouwjaarklassen. Figuur 1 geeft een impressie hoe dit voor kantoren is uitgevoerd.

Figuur 1: Opdelen van de kantorenvorraad naar bouwjaarklassen

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ubouwproject referentie	Historie en/of Bouwbesluit regelgeving nieuwbouw	Spouw breedte mm	Spouw gevuld mm	Rc-gevel	Fysieke voorraad volgens BAG	Voorraad naar energetische kwaliteit	gas-int; verhouding tov gemiddeld	gas-int m3/m2 bvo
ref 1	tot 1920	nvt	nvt	Rc=0.2	24%	4%	313%	50
ref 2	van 1920 tot 1975	40	0	Rc=0.4	16%	10%	218%	35
ref 3	van 1975 tot 1988	70	40	Rc=1.3	10%	12%	105%	17
ref 4	van 1988 tot 1992	100	90	Rc=2.0	42%	16%	95%	15
ref 5	Van 1992 tot 2015	>100	>90	Rc=2.5	0%	43%	73%	12
ref 6; renovatiedoel	vanaf 2015	>100	>90	Rc= 3.5	nvt	14%	54%	9
ref 7	elek-wp	nvt	nvt	Rc=>5.0	100%	2%	0%	0
					100%	100%		
								16.00

De bouwjaarklassen zijn overgenomen uit de EPA methodiek. De bouwregelgeving wordt in een volgende klasse steeds verder aangescherpt. Het uitgangspunt is dat de isolatiewaarde van de schil binnen een bouwjaarklasse een constante is. Dit wordt voor de gevel weergegeven in kolommen 2, 3, 4 en 5. Met de Basisadministratie Gebouwen (BAG) kan de procentuele opdeling van de kantorenvorraad naar deze bouwjaarklassen bepaald worden (kolom 6) (Ministerie van I&M, 2013). Dit is de voorraad op grond van het originele bouwjaar. Dit geeft geen inzicht in mogelijk in het verleden uitgevoerde renovaties. Er zijn twee bronnen die hiervoor kunnen corrigeren. Het zogenaamde Ubouwpanel inventariseert sinds 2002 middels enquêtes welke energiebesparende maatregelen in kantoren zijn getroffen (Hoevenagel, 2012). Daarnaast geeft de Labeldatabase inzicht in de relatie bouwjaarklasse versus energetische kwaliteit (RVO, 2014a). Ondanks de twijfelachtige representativiteit van deze bronnen kon zodoende in kolom 7 de voorraad naar de huidige energetische kwaliteit onderverdeeld worden. Het verschil tussen kolommen 6 en 7 zegt iets over het aandeel kantoren dat inmiddels gerenoveerd is.

We willen nu voor iedere bouwjaarklasse de gas-intensiteit weten (het gasverbruik per m2). Er is veel te doen geweest over rekenmethodieken als de EPA en EPC en in hoeverre deze in staat (of ontwikkeld) zijn om het daadwerkelijk gasverbruik van een gebouw te voorspellen, (OTB Delft, 2013). In dit onderzoek gaan we daarom bewust niet uit van het door rekenmethodieken geschatte absolute verbruik. We hebben echter wel vertrouwen in het relatieve verbruik. Rekenmethodieken maken immers gebruik van relatief eenvoudige warmte-verlies berekeningen. Dit relatieve verbruik, ten opzichte van het gemiddelde verbruik voor alle kantoren, is gegeven in kolom 8. Vanuit het eerste artikel weten we dat we voor de gehele kantorenvorraad in

Nederland uit willen komen op 16 m<sup>3</sup> gasverbruik per m<sup>2</sup>. Door hier naar toe te navigeren verkrijgen we in kolom 9 de energie-intensiteit per bouwjaarklasse.

Het besparingspotentieel op gasverbruik voor de functie ruimteverwarming wordt bepaald met de volgende maatregelen:

- Gevel, dak en vloerisolatie naar Rc=3,5
- Enkelglas of dubbelglas vervangen door HR++ glas.
- Toepassen van warmteterugwinning uit ventilatie
- Een conventionele ketel, VR-ketel of HR100 ketel vervangen door een HR107 ketel.

Aanvullend op de bouwjaarklasse-afhankelijkheid voor gevel-, dak- en vloerisolatie, is voor iedere referentiesituatie in Figuur 1 een inschatting gemaakt van de af- of aanwezigheid van de overige maatregelen. Deze inschatting leunt sterk op de enquêtes van het eerder genoemde Ubouwpanel. Vanuit andere bronnen is echter steeds gezocht naar verificatie. Dit geeft de huidige energetische staat van de voorraad en is het uitgangspunt voor het berekenen van besparingspotentiëlen. Door nu stapsgewijs per gebouwtype en per bouwjaarklasse besparingsmaatregelen toe te voegen, zal het gasverbruik afnemen. Hierbij is nog geen rekening gehouden met terugverdiëntijden, dus dit betreft het maximaal technisch aanwezige potentieel dat met de gekozen maatregelen haalbaar is.

Door dit te combineren met de gasprijs per gebouwtype (RVO, 2014b) en de investeringskosten per getroffen maatregel (RVO & Arcadis, 2013) krijgen we inzicht in de totale financiële besparing per jaar, de totale investeringskosten en dus ook een eenvoudige terugverdiëntijd, uitgedrukt in jaren. Deze terugverdiëntijd kan in het iteratieve model juist dienen als sturingsfactor. De Wet Milieubeheer schrijft bijvoorbeeld voor dat een 'inrichting' (bedrijf, gebouw) iedere maatregel behoort te treffen, die zich binnen vijf jaar terugverdient. Door de terugverdiëntijd in het model op 5 jaar te zetten, wordt voor ieder gebouwtype en iedere bouwjaarklasse bepaald welke maatregelen genomen worden. Hierbij kan de terugverdiëntijd per afzonderlijke maatregel worden ingesteld, of op het 'pakket' aan maatregelen van toepassing zijn. Dit laatste is relevant voor ESCo's die vaak denken in de vorm van pakketten aan maatregelen, dat zichzelf bijvoorbeeld binnen 15 jaar terugverdienen.

Bij de investeringskosten maakt het rekenmodel onderscheid tussen een zelfstandig-, en natuurlijk moment. Een zelfstandig moment betekent dat de maatregel op dat moment afzonderlijk genomen wordt. Bij een natuurlijk moment kan gedacht worden aan een grootschalige renovatie. Arcadis maakt onderscheid naar materiaal- en arbeidskosten. Door de arbeidskosten te delen door een uurtarief, wordt een indicatie gekregen voor het arbeidseffect, uitgedrukt in manjaren.

### **Belangrijkste resultaten**

#### **Maximaal besparingspotentieel gasverbruik ruimteverwarming**

In tabel 2 worden de resultaten voor het gasbesparingspotentieel gegeven, voor de gehele gebouwvoorraad binnen de dienstensector, zonder rekening te houden met een terugverdiëntijd. Dit kan gezien worden als het maximaal technisch potentieel voor de geëvalueerde maatregelen.

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen een zelfstandig-, en natuurlijk moment. Ook de investeringskosten en het arbeidseffect worden getoond. Bij het indirecte effect worden ook de effecten op toeleveranciers meegenomen. Het indirecte effect is bepaald door de strategie van (Volkering et al, 2012) te volgen.

**Tabel 2:** Resultaten besparingspotentieel gasverbruik zonder rekening te houden met een terugverdientijd

Voorraad Dienstensector in gebruik 440 mln m <sup>2</sup> BVO ; 386.000 individuele gebouwen	Natuurlijk moment	Zelfstandig moment	Gemiddeld
Besparing (PJ)	67	67	67
Directe investeringskosten (mln €)	18.000	28.000	23.000
Directe arbeidsinzet (manjaar)	63.000	116.000	90.000
Directe + indirecte investeringskosten (mln €)	29.000	45.000	37.000
Directe + indirecte arbeidsinzet (manjaar)	96.000	178.000	137.000

Het maximaal potentieel komt uit op 67 PJ. Dit is 37% op het totaal gasverbruik dat in deze gebouwen wordt ingezet (181 PJ, zie hiervoor ook het eerste artikel). Dit gaat gepaard met een directe investering van gemiddeld bijna € 23 miljard en een directe arbeidsinzet van 90 duizend manjaar. Wanneer we hier de *indirecte* investering bij optellen, komen we op een totale investering van € 37 miljard en een totale arbeidsinzet van 137 duizend manjaar. Hier staat tegenover een financiële gasbesparing van € 1,2 miljard per jaar. Wanneer we dit maximale besparingspotentieel als ‘pakket’ zouden beschouwen en ook daadwerkelijk zouden toepassen, ligt de terugverdientijd tussen 15 en 24 jaar (natuurlijk versus zelfstandig moment).

#### Besparingspotentieel gasverbruik onder handhaving Wet Milieubeheer

In tabel 3 worden de resultaten gegeven voor het besparingspotentieel gerelateerd aan de handhaving van de Wet Milieubeheer. De terugverdientijd voor iedere afzonderlijke maatregel is nu op 5 jaar gesteld. Bovendien wordt alleen de voorraad meegenomen die binnen de Wet Milieubeheer valt op grond van het jaarlijks gas- en elektriciteitsverbruik

**Tabel 3:** Resultaten voorraad binnen WmB, bij een terugverdientijd van 5 jaar

Voorraad Dienstensector in gebruik 290 mln m <sup>2</sup> BVO ; 100.000 individuele gebouwen	Natuurlijk moment	Zelfstandig moment	Gemiddeld
Besparing (PJ)	23	14	19
Directe investeringskosten (mln €)	900	500	700
Directe arbeidsinzet (manjaar)	4.100	2.000	3.000
Directe + indirecte investeringskosten (mln €)	1.500	900	450
Directe + indirecte arbeidsinzet (manjaar)	6.200	3.000	4.600

Het besparingspotentieel komt uit op 14 PJ bij een zelfstandig moment, en 23 PJ bij een natuurlijk moment. Bij een terugverdientijd van 5 jaar domineren de meest kosteneffectieve maatregelen. Dit heeft relatief een grote invloed op de investeringskosten en arbeidsinzet, welke sterk afnemen. Hetzelfde geldt voor de directe arbeidsinzet. Wanneer de investering als *pakket* zou worden beschouwd, verdient deze zich binnen 2,5 jaar terug.

**Potentieel gasbesparing naar bouwtype**

In figuur 2 is het totaal gasbesparingspotentieel binnen de Dienstensector weergegeven als relatieve bijdrage per bouwtype. De totale potentiëlen van voorgaande tabellen komt terug in de onderste rij. Per bouwtype wordt weergegeven wat de relatieve bijdrage is aan dit potentieel. Kantoren dragen bijvoorbeeld voor 22% bij aan het maximale besparingspotentieel.

De gegevens zijn gesorteerd naar de grootste bijdrage aan het maximaal besparingspotentieel, weergegeven door de eerste kolom. Dit zijn de 14 bouwtypen waar ook het meeste gas wordt verbruikt. De tweede en derde kolom geven de bijdrage aan het potentieel onder handhaving van de WmB, op een natuurlijk- en zelfstandig moment. Het blijkt dat de volgorde van bouwtypen van een hoge- naar lage bijdrage aan het potentieel er geheel anders uit komt te zien. Hiervoor zijn diverse redenen, o.a. de variatie in het aandeel per bouwtype dat binnen de grenzen van de Wet Milieubeheer valt.

**Figuur 2: Procentuele verdeling gasbesparingspotentieel naar gebouwtype**

Gebouwtype	% PJ gas besparing MAX	% PJ gas besparing WmB NAT	% PJ gas besparing WmB ZELFST
Kantoor	22%	31%	18%
Bedrijfshal	13%	6%	7%
Eet- en drinkgelegenheden	10%	11%	7%
Groepspraktijken	7%	3%	4%
Winkel zonder koeling	7%	3%	3%
Verpleeg	6%	11%	16%
Ziekenhuizen	4%	8%	11%
Sport accommodatie	4%	3%	3%
Autobedrijf	4%	3%	3%
Onderwijs secundair	3%	2%	3%
Onderwijs primair	3%	1%	1%
Logies overig	3%	2%	2%
Winkel met koeling	2%	3%	2%
Sauna	2%	5%	8%
Overige 10 gebouwtypen	11%	10%	12%
<b>Totaal Dienstensector PJ</b>	<b>67</b>	<b>23</b>	<b>14</b>

**Potentieel gasbesparing naar economische sector**

In het eerste artikel is aangegeven dat we de relatie tussen voorraden gebouwtypen en economische sector kennen. Zodoende zijn we in staat figuur 3 samen te stellen. In figuur 3 zijn de besparingspotentiëlen gerelateerd aan SBI-hoofdafdeling. Het grootste potentieel bevindt zich binnen de Handel en Gezondheidszorg. Deze twee zijn verantwoordelijk voor 42%-50% van het potentieel.

**Figuur 3:** Procentuele verdeling gasbesparingspotentieel naar hoofdafdeling Dienstensector

Hoofd-afdeling	Omschrijving	% PJ gasbesparing MAX	% PJ gasbesparing WmB NAT	% PJ gasbesparing WmB ZELFST
G	Handel	22%	14%	13%
Q	Gezondheidszorg	21%	28%	37%
I	Horeca	10%	8%	7%
P	Onderwijs	9%	5%	5%
M	Specialistische diensten	8%	11%	8%
R	Cultuur, sport	6%	6%	6%
O	Openbaar bestuur	5%	8%	6%
S	Overige dienstverlening	4%	7%	10%
N	Overig zakelijk	4%	3%	2%
H	Vervoer en opslag	4%	2%	2%
J	Informatie en communicatie	3%	3%	2%
K	Financiële dienstverlening	3%	4%	2%
L	Verhuur onroerend goed	1%	1%	1%
	Totaal Dienstensector:	67	23	14

#### Effect pakket-benadering

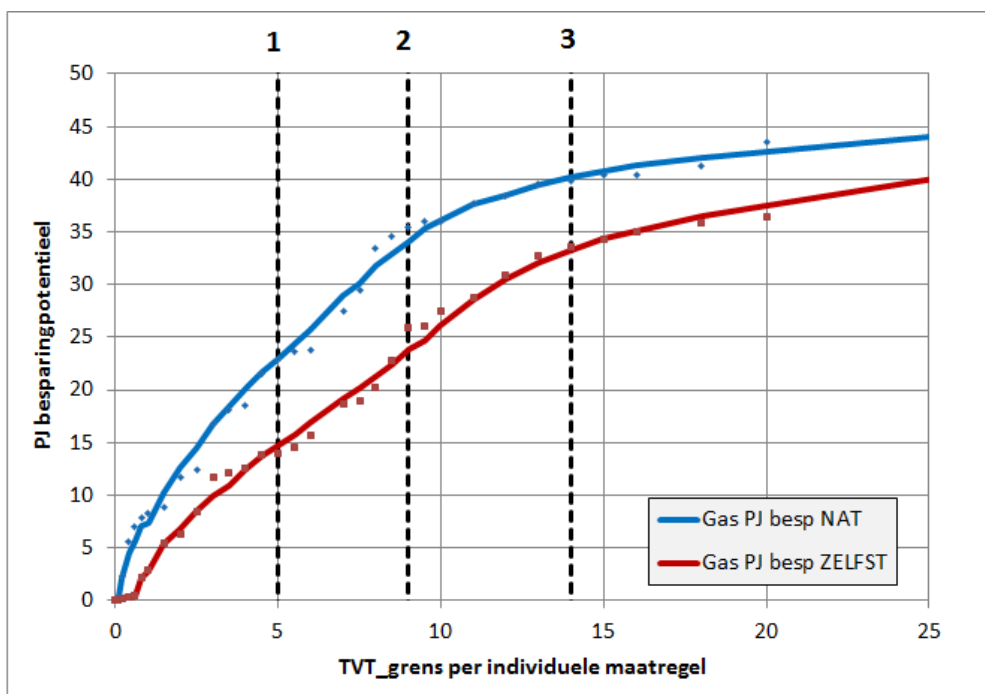
In figuur 4 wordt het besparingspotentieel getoond als functie van de geaccepteerde terugverdientijd. Dit wordt zowel voor het natuurlijke moment (NAT) als voor het zelfstandige moment (ZELFST) getoond. In tabel 3 was het besparingspotentieel op gasverbruik gegeven bij een terugverdientijd van 5 jaar voor iedere afzonderlijke maatregel. Deze situatie wordt in figuur 4 weergegeven door de eerste verticale onderbroken lijn. Interessant is het gegeven dat de terugverdientijd voor het gehele pakket uitkomt op 2,3 jaar. Dit is eenvoudigweg de uitkomst wanneer voor de gehele Dienstensector de totale investeringskosten worden gedeeld door de totale gasbesparing in euro's. De kosteneffectieve maatregelen compenseren dan voor de minder kosteneffectieve.

Wanneer geaccepteerd zou worden dat het gehele *pakket* een terugverdientijd van 5 jaar zou mogen hebben, dan mag de terugverdientijd voor de individuele maatregelen verruimd worden. Dit wordt weergegeven door de tweede onderbroken lijn. Door de terugverdientijd van individuele maatregelen rond de 9 jaar te plaatsen, verdient het hele pakket zich in 5 jaar terug. Het besparingspotentieel neemt nu met zo'n 70% toe. We zien dit als een additioneel potentieel dat voornamelijk interessant is voor Escos. Het effect op investeringskosten en arbeidsinzet is groter, deze nemen een factor 4, respectievelijk 3 toe, ten opzichte van de waarden in tabel 3 omdat nu ook de meer arbeidsintensieve maatregelen een belangrijkere rol gaan spelen.



In dit artikel is het besparingspotentieel op elektriciteitsverbruik voor verlichting niet behandeld. Deze maatregelen zijn over het algemeen kosten-effectiever. Wanneer we ook deze meenemen in de pakketbenadering, dan mag de terugverdientijd van de gasbesparingsmaatregelen opschuiven naar de derde onderbroken lijn, wil het gehele pakket zich binnen 5 jaar terugverdienen.

**Figuur 4:** Het effect van een pakketbenadering op het gasbesparingspotentieel



## Discussie

In dit onderzoek is gekeken naar gasbesparing op de functie ruimteverwarming. Dit is uiteraard niet de enige gasfunctie, er wordt bijv. ook gas ingezet voor warmtapwaterbereiding. Het verbruik voor ruimteverwarming is echter zeer dominant en betreft 96% van het totaal gasverbruik. Dit geldt alleen voor de utiliteitsgebouwen binnen de dienstensector. Wanneer we ook de utiliteitsgebouwen binnen bijv. de industrie zouden meenemen, missen we een groot potentieel bij het procesmatig gasverbruik, bijv. gas dat ingezet wordt in (verouderde) droogovens. Een tweede opmerking is dat wij in dit onderzoek enkel gekeken hebben naar de zes belangrijkste maatregelen om het gasverbruik op ruimteverwarming te reduceren. Er zijn veel meer maatregelen mogelijk. Op de Infomil website 'Energiebesparing en Winst' worden voor kantoren zo'n 16 maatregelen gevonden die direct of indirect het gasverbruik voor ruimteverwarming beïnvloeden (Infomil, 2013). We schatten dat we met de 6 belangrijkste maatregelen ongeveer 85% van het totaal besparingspotentieel in kaart brengen, bepaald via (Volkers et al, 2010; Volkers, 2013).

Een ander discussiepunt is het verschil tussen een 'statisch' en 'dynamisch' besparingspotentieel. Het model dat voor dit onderzoek is ontwikkeld levert een besparingspotentieel in het hier en nu op, uitgaande van de huidige energetische kwaliteit van de bouwvoorraad. Er is hierbij geen rekening gehouden met zogenaamde autonome ontwikkelingen. Een autonome ontwikkeling is dat verouderde ketels aan het eind van hun levensduur (natuurlijk moment) sowieso vervangen moeten worden. Het ligt voor de hand dat dan automatisch gekozen wordt voor een efficiënte HR107 verwarmingsketel, ongeacht of er beleid wordt gevoerd dat dit probeert te stimuleren (bijv. de Wet Milieubeheer). In dit soort situaties mag het besparingseffect niet toegerekend worden aan de Wet Milieubeheer maar is het onderdeel van het autonome proces. Dit was niet relevant voor dit onderzoek en is dan ook geen rekening mee gehouden. Ook het overlap met andere beleidsmaatregelen zoals Ecodesign is in dit onderzoek niet meegenomen.

### **Conclusie**

In dit artikel is ingegaan op het gasbesparingspotentieel per gebouwtype voor de functie ruimteverwarming. Het maximale potentieel ligt rond de 67 PJ. Wanneer alleen uitgegaan wordt van de Wet Milieubeheer, ligt het potentieel rond de 19 PJ. Het grootste potentieel ligt bij kantoren. Omdat er relatief veel bedrijfshallen zijn, ligt ook hier een groot potentieel. Doordat echter slechts een relatief klein deel van deze bedrijfshallen op grond van hun jaarlijks verbruik binnen de Wet Milieubeheer valt, is het relatieve potentieel onder de Wet milieubeheer gehalveerd. Gebouwtypen binnen de horeca (eet- en drinkgelegenheden), verpleeghuizen en ziekenhuizen vertonen ook een groot potentieel binnen de Wet Milieubeheer. Wanneer in een pakket-benadering wordt gedacht, neemt het potentieel sterk toe. Deze toename is een stuk sterker voor gerelateerde investeringskosten en arbeidseffecten. Hier zou een interessante markt kunnen liggen voor Esco's.

### **VOETNOTEN**

<sup>1</sup>De volledige rapportage 'Verbetering referentiebeeld utiliteitssector' kan gedownload worden via de website van ECN; [www.ecn.nl/publicaties/ECN-E--13-069](http://www.ecn.nl/publicaties/ECN-E--13-069). Er wordt ook een Excel file aangeboden met daarin opgenomen de belangrijkste data. Inmiddels zijn er een aantal verbeteringen aangebracht en is het aantal onderscheiden gebouwtypen uitgebreid. Voor meer informatie kan de auteur benaderd worden.

## LITERATUUR

- Hoevenagel, R. (2012): *Energiebesparingsmonitor gebouwde omgeving: Ubouwpanel. Resultaten van de tiende meting (2012)*., Unpublished.
- Infomil (2013): *Energiebesparing en Winst.*, (2013), <http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/energie/energiebesparing/>.
- Ministerie van I&M (2013): *Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG).*, (2013), <http://bag.vrom.nl/basisregistraties-van-het-ministerie-van-infrastructuur-en-milieu/basisregistraties-adressen-en>.
- OTB Delft (2013): *Energielabels en werkelijk energieverbruik.*, (2013), <http://www.scribd.com/doc/125993462/OTB-Delft-artikel-energielabel>.
- RVO (2014a): *Energiecijfers Energie & Gebouwde Omgeving.*, (2014a), <http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/energiecijfers>.
- RVO (2014b): *Energieprijzen Utiliteitsbouw versie 2011\_0.* Anon., Anon. <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2014/04/Energieprijzen%20Utiliteitsbouw%20versie%2016-04-2014.xls>.
- RVO & Arcadis (2013): *Investeringskosten energiebesparende maatregelen bestaande utiliteitsbouw 2012.*, (2013), <http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/duurzame-gebouwen/gebouwfases/beheer-en-onderhoud/gebouwgebonden-energie/investeringskosten>.
- Sipma, J.M. (2014): *Verbetering van het referentiebeeld; energieverbruik in de utiliteitssector.*; Real Estate Research Quartely, (2014), <https://www.ecn.nl/publicaties/ECN-V--14-011>.
- Volkering, M., W. Rougoor, B. Tieben, M. Blom, S. Schepers (2012): *Bouwen en banen (SEO).*, (2012), <http://www.seo.nl/pagina/article/bouwen-en-banen/>.
- Volkers, C.H. (2013): *EMWM-tool versie 2 gebruikershandleiding.* Anon., Anon.
- Volkers, C.H., J.M. Sipma, M. Menkveld (2010): *EnergiebesparingsMonitor Wet Milieubeheer. Tool voor het bepalen van de potentiële besparing als gevolg van de Wet milieubeheer/activiteitenbesluit*, 2010. <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2010/e10105.pdf>.