

De waarde van zonnepanelen bij woningverkoop



TIAS

MASTER THESIS - TIAS SCHOOL FOR BUSINESS AND SOCIETY
MASTER OF REAL ESTATE

AUTEUR: Joost Möller | BEGELEIDER: Prof.dr. Dirk Brounen

Samenvatting

De waarde van zonnepanelen bij woningverkoop

Zonnepanelen op woningen; er is al veel onderzoek gedaan naar de terugverdienmodellen als de gehele levensduur gebruik wordt gemaakt van de zonnepanelen. Maar wat als de bewoner eerder verhuist? Zijn zonnepanelen juist een prachtig verkooppunt of brengt de investering bij woningverkoop niets op?

Om te bepalen wat de daadwerkelijk meeropbrengst is van zonnepanelen bij woningverkoop zijn voor dit onderzoek de data van 23.943 woningverkoop onderzocht. De data zijn beschikbaar gesteld door de NVM (Nederlandse Vereniging van Makelaars) en ConsuMatrix. In het onderzoek zijn in de periode 2012 tot 2015 de verkoopprijzen van 2.351 woningen met zonnepanelen vergeleken met de verkoopprijzen van 21.592 woningen zonder zonnepanelen. De toegepaste methode is het hedonisch regressie model. Hiervoor is gebruik gemaakt van het programma Stata. Er zijn 11 factoren in het model opgenomen zoals type woning, woonoppervlakte, locatie, onderhoudsstaat, etc. Het model heeft een R^2 -adjusted van 82,74%.

Voor zonnepanelen is een significant prijseffect gevonden van 2,56% op de woningwaarde. Het prijseffect komt neer op een gemiddelde premie van € 7.456 voor een gemiddelde installatie van 3.888 Wp. De kosten voor aanleg van een installatie van deze omvang bedraagt € 6.998. Er zijn geen significante regionale verschillen gevonden en geen verschillen tussen rijtjes-, tweekap-, vrijstaande- en hoek-woningen. Eveneens zijn er geen significante verschillen gevonden tussen nieuwbouw- en bestaande woningen. Er is ook geen significant patroon gevonden in de prijsontwikkeling over de periode 2012-2015.

De onderzoeksresultaten laten zien dat zonnepanelen hun volledige waarde behouden bij woningverkoop. Dit onderzoek kan taxateurs en banken helpen om zonnepanelen beter te taxeren. Verkopers van zonnepanelen kunnen consumenten aan de hand van daadwerkelijke transacties laten zien dat hun investering haar waarde behoudt.

Abstract

The value of photovoltaic systems on owner occupied dwellings

Dwelling attached PV; numerous researches have been done on the return on the investment over their lifetime use. But what if the occupant moves early? Are PV systems a unique selling point or does selling of property negatively influence their residual value?

To determine what are the actual returns of PV systems at home sales, this study examined data from 23,943 sales transactions. The data was provided by the NVM (Dutch Association of Real Estate Agents) and ConsuMatrix. Over the period 2012 to 2015, the sales of 2,351 dwellings with PV systems and the sales of 21,592 dwellings without PV systems have been compared. The method used for this is the hedonic regression model using Stata software for analysis. The model takes into account 11 dimensions such as type of dwelling, floor space, location, maintenance status, etc. The model has an R^2 -adjusted of 82.74%.

For PV systems a significant price impact of 2.56% on the house value has been found. The price effect is equivalent to an average premium of €7,456 for an average installation of 3,888 Wp. The construction costs of an installation of this size are €6,998. No significant regional differences were found neither was there a significant difference between terraced-, end-, detached and semi-detached houses. Furthermore statistics showed no significant differences between the newly built and existing houses and no significant pattern in the price developments over the period 2012-2015.

The research results proved that PV systems keep their full value in house sales and therefore can be of great help to appraisers and banks in their valuation of PV systems. Additionally, vendors of PV systems can show consumers that their investment retains its value, based on actual transactions.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
Abstract	5
Inhoudsopgave	6
Figuren en tabellenlijst	8
Figuren	8
Tabellen	8
Lijst met afkortingen en begrippen	9
1. Introductie	10
1.1 De Waarde van zonnepanelen bij woningverkoop	10
1.2 Doelstelling	10
1.3 Probleemstelling	11
1.3.1 Consumenten	11
1.3.2 Taxateurs	11
1.3.3 Vastgoedontwikkelaars en zonnepaneel-industrie	11
1.3.4 Banken	12
1.3.5 Overheid	12
1.4 Hoofdvraag	12
1.5 Subvragen	13
1.6 Onderzoeksopzet	13
1.6.1 Afbakening	13
1.6.2 Perspectief	14
1.6.3 Typering onderzoek	14
1.7 Relevantie	14
1.7.1 Waarom de waarde bij woningverkoop relevant is	14
1.7.2 Energietransitie	14
1.7.3 Rol van zonnepanelen in de energietransitie in Nederland	15
2. Theoretisch kader	16
2.1 Inleiding	16
2.2 Zonnepanelen in relatie tot prijs woningen	16
2.2.1 An Analysis of the Effects of Residential Photovoltaic Energy Systems on Home Sales Prices in California	16
2.2.2 Understanding the Solar Home Price Premium	16
2.2.3 Selling Into the Sun	17
2.2.4 Home buyers appreciation of installed photovoltaic systems	17
2.2.5 USP Energie Monitor	17
2.3 Vastgoed waardering en zonnepanelen	18
2.3.1 Income Approach	18
2.3.2 Cost Approach	18

2.3.3 Sales Comparison Approach	19
2.3.4 Niet economische motieven	19
2.4 Conclusies	19
2.5 Hypotheses	20
3. Onderzoeksmodel en data	21
3.1 Inleiding	21
3.2 Modellen om data te analyseren	21
3.3 Hedonisch regressiemodel	22
3.3.1 Meervoudige regressie	22
3.3.2 De kracht van het model	22
3.3.3 Significantie	23
3.3.4 Lineaire of logaritmische afhankelijke variabele	24
3.3.5 Uitwerking hedonisch regressiemodel	24
3.4 Databronnen en regressiesoftware	24
3.4.1 Bron ConsuMatrix	24
3.4.2 Bron NVM	25
3.4.3 Stata	25
3.5 Database	25
3.5.1 Schonen van de database	25
3.5.2 Omzetten variabelen naar dummyvariabelen	26
3.6 Verkenning van de database	26
4. Analyse van de data	29
4.1 Inleiding	29
4.2 Regressie analyse	29
4.2.1 Analyse van de data in het meervoudig hedonisch regressiemodel	29
4.3 Het basismodel	30
4.3.1 Het basismodel mét Solar	31
4.3.2 Tendens waardeontwikkeling	32
4.3.3 Prijseffect per type woning	32
4.4 Investeringskosten zonnestroom op woningen	33
4.4.1 Btw op zonnepanelen voor particulieren	33
4.4.2 Subsidie op zonnepanelen	34
5. Conclusies	35
5.1 Hypotheses	35
5.2 De waarde van zonnepanelen bij woningverkoop	36
5.3 Waardering van zonnepanelen bij verschillende type woningen	36
5.4 Regionale verschillen	37
5.5 Verschillen door de tijd	37
Bibliography	38
Bijlage 1: Stata do-file	40

Figuren en tabellenlijst

Figuren

Figuur 1	Schematische weergave onafhankelijke en afhankelijke variabele
Figuur 2	Aantal huishoudens met zonnepanelen
Figuur 3	Interpretatie kracht verband regressiemodel

Tabellen

Tabel 1	Overzicht dataset type woning naar aantal en Solar
Tabel 2	Overzicht dataset per provincie
Tabel 3	Overzicht dataset transactieprijs, woonoppervlak en perceeloppervlak
Tabel 4	Overzicht dataset eigen parkeerplaats en tuin op zuid
Tabel 5	Overzicht dataset bouwperiode
Tabel 6	Regressieresultaten zonder Solar
Tabel 7	Regressieresultaten mét Solar
Tabel 8	Tendens in waardeontwikkeling
Tabel 9	Prijseffect naar type woning

Lijst met afkortingen en begrippen

Basel III	Europese wetgeving met als doel de financiële gezondheid van banken te waarborgen
Btw	Belasting toegevoegde waarde
CBS	Centraal Bureau voor Statistiek
DCF	Discounted Cash Flow = contante waarde
EIA	Energie Investerings Aftrek
KvK	Kamer van Koophandel
kWh	kilowatt per hour
MIA	Regeling Milieu-investeringsaftrek
NVM	Nederlandse Vereniging van Makelaars
PV	PhotoVoltaïsche; zonne-energie omzetten naar stroom
R ²	Determinatie coëfficiënt die de kracht
R ² -adjusted	Determinatie coëfficiënt aangepast aan aantal variabelen
RVO	Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne
SDE+	Subsidieregeling voor hernieuwbare energietechnieken
Solar	Woning mét zonnepanelen
VAMIL	Regeling willekeurige afschrijving milieu-investeringen
Wp	Watt peak: het vermogen van een zonnestroom installatie
ZZP	Zelfstandige Zonder Personeel
*, ** of ***	Aantal sterren geeft significantieniveau aan zie Paragraaf 3.3.3

1. Introductie

1.1

De Waarde van zonnepanelen bij woningverkoop

Er is inmiddels veel onderzoek gedaan naar de terugverdienmodellen van zonnepanelen indien de gehele levensduur gebruik wordt gemaakt van de zonnepanelen. Voor eigenaren die vanwege verhuizing zelf niet de gehele levensduur van de panelen gebruik zullen maken is er echter een belangrijke onzekere factor; zijn zonnepanelen een prachtig verkooppunt waarmee een woning voor een betere prijs verkocht kan worden of hebben de 'lelijke' panelen een prijsverlagend effect op een woning? Het antwoord op deze vraag kan interessant zijn voor consumenten, taxateurs, banken, overheid en industrie.

In dit onderzoek wordt het probleem van de onbekende waarde van zonnepanelen bij woningverkoop geschetst en onderzocht. Dit onderzoek is met onderzoeksvragen en een hypothese opgezet en ingekaderd. Daarna is literatuuronderzoek gedaan naar wat er in binnen en buitenland al voor onderzoek is gedaan rond dit onderwerp. Ook is de literatuur gebruikt om inzicht te geven in de mogelijke en wenselijke onderzoeksmethoden.

1.2

Doelstelling

Dit onderzoek heeft als doel in de praktijk bruikbare informatie te leveren aan consumenten, taxateurs, banken, ontwikkelaars, producenten en overheid over de waarde van zonnepanelen bij woningverkoop. Hiermee kan onzekerheid over investeringsbeslissingen bij consumenten weg worden genomen en professionele partijen de mogelijkheid worden geboden hier op in te spelen.

De doelstelling van het onderzoek luidt:

Inzicht verschaffen in gerealiseerde meerwaarde van zonnepanelen op grondgebonden koopwoningen in de periode 2012-2015 bij woningverkoop.

1.3

Probleemstelling

1.3.1 Consumenten

Momenteel weten consumenten als potentiële investeerders in zonnepanelen niet in welke mate een investering in zonnepanelen bijdraagt aan de waarde van hun woning. Deze vraag is vooral relevant bij de investeringsbeslissing als onduidelijk is hoe lang iemand nog in de woning wil blijven wonen.

In de gewenste situatie hebben consumenten een goed beeld van de waarde van zonnepanelen bij verkoop. Zij kunnen dan een gefundeerde weging maken wel of niet te investeren.

Via internet is bij de voor consumenten veel informatie te vinden die duidt op een (sterk) positieve relatie tussen de aanschaf van zonnepanelen en de waarde van de woning. De ABN AMRO stelt op haar website: *“Een huis met zonnepanelen blijkt niet alleen makkelijker te verkopen, maar ook meer waard te zijn. Als u bijvoorbeeld 6 zonnepanelen van in totaal € 3.500,- plaatst, is uw huis gemiddeld € 7.000 meer waard. Een goede investering dus”* (ABN AMRO, 2016). De bank baseert deze uitspraak op een onderzoek van de TUE (Wissink, 2013). Daaruit zou blijken dat de investering zich volledig uitbetaalt bij woningverkoop. In Paragraaf 2.2.4 wordt geconstateerd dat dit onderzoek geen marktbewijs bevat.

1.3.2 Taxateurs

Taxateurs hebben op dit moment geen handvat om de waarde van zonnepanelen te bepalen. Het is onbekend óf en zo ja wélke waarde zij aan zonnepanelen toekennen. Amerikaans onderzoek liet zien dat in Amerika door sommige taxateurs in het geheel geen extra waarde werd toegekend aan zonnepanelen. *“PV systems on some U.S. homes still receive no value during an appraisal because comparable home sales are lacking.”* (Hoen et al., 2015). In Nederland zijn nog geen cijfers bekend gebaseerd op daadwerkelijke transacties over het effect van zonnepanelen op de waarde van de woning. Taxateurs kunnen hun motivatie voor de keuze van de toegevoegde waarde van zonnepanelen op de woning niet onderbouwen.

In de gewenste situatie hebben taxateurs marktbewijs om een waarde toe te kennen aan zonnepanelen bij taxaties.

1.3.3 Vastgoedontwikkelaars en zonnepaneel-industrie

Bij de verkoop van hun producten hebben vastgoedontwikkelaars en verkopers van zonnepanelen geen marktbewijs over de mate waarin de aanschaf van zonnepanelen bijdraagt aan de waarde van een woning zodat zij hun product beter kunnen verkopen. In de gewenste situatie kunnen zij aan de hand van gedegen onderzoek hun klanten laten zien wat de aanschaf van zonnepanelen voor effect heeft op de waarde van hun woning.

Verkopers van zonnepanelen hebben veel baat bij dit onderzoek:

- Het neemt onzekerheden bij de kopers weg;
- Indien uit dit onderzoek zou blijken dat de investering in zonnepanelen waardevast is bij verkoop van de woning zal het tevens een sterk verkoopargument zijn.

1.3

1.3.4 Banken

Een juiste waardebeoordeling van woningen is van groot belang voor banken. Zowel voor hun hypotheekverstrekking als voor het voldoen aan dekkingseisen in het kader van Basel III. Zij kunnen hun risico's daarmee beter inschatten. In de huidige situatie is het onbekend wat zonnepanelen betekenen voor de waarde van een woning als onderpand van hun leningen.

In de gewenste situatie kunnen banken gefundeerd de waarde van een woning met zonnepanelen bepalen en hun risico's inschatten. Ook kunnen zij hun klanten beter adviseren over hun aankoop- of investeringsbeslissing in (een huis met) zonnepanelen.

1.3.5 Overheid

De overheid stimuleert de aanschaf van zonnepanelen door consumenten. Een deel van de consumenten zal niet investeren in zonnepanelen omdat zij geen inschatting kunnen maken wat het effect is op de waarde van hun woning. Vanwege het gebrek aan kennis kan ook geen beleid ontwikkeld worden om eventuele minderopbrengsten bij verkoop te compenseren of eventuele meeropbrengsten als extra 'gratis' investeringsstimulans te presenteren.

In de gewenste situatie is de overheid in staat een juist instrumentarium te ontwikkelen om haar duurzaamheidsdoelstellingen te bereiken:

- o De overheid kan het publiek beter voorlichten over de financiële effecten van een investering en daarmee vermoedelijk meer mensen bewegen om te investeren in zonnepanelen;
- o Ze kan beleid ontwikkelen om eventuele minderopbrengsten bij verkoop te compenseren of eventuele meeropbrengsten als extra 'gratis' stimulans te presenteren.

1.4

Hoofdvraag

Om de doelstelling van het onderzoek te bereiken en het verschil tussen de huidige en de gewenste situatie te overbruggen is één hoofdvraag en vier subvragen geformuleerd:

Hoofdvraag

Wat is de waarde van zonnepanelen bij woningverkoop?

Schematisch kan dit worden weergegeven als in figuur 1.



Figuur 1. Schematische weergave onafhankelijke en afhankelijke variabele

Hierbij is de aanwezigheid van zonnepanelen de onafhankelijke variabele en de waarde van de woning de afhankelijke variabele

1.5

Subvragen

De hoofdvraag kan verder worden verdiept middels de volgende vragen:

1. Zijn er verschillen in waardering van zonnepanelen bij verschillende type woningen? Voorbeeld: geldt de gevonden waarde voor zowel een vrijstaande villa als voor een rijtjeshuis?
2. Zijn er in Nederland verschillen in waardering van zonnepanelen tussen bestaande en nieuwbouwwoningen?
3. Zijn er verschillen tussen provincies?
4. Zijn er verschillen in waardering te vinden over de onderzochte jaren heen? Zo ja, zit daar een tendens in? Voorbeeld: werd er in 2012 een andere waarde toegekend aan zonnepanelen dan in 2015? Hoe loopt deze tendens?

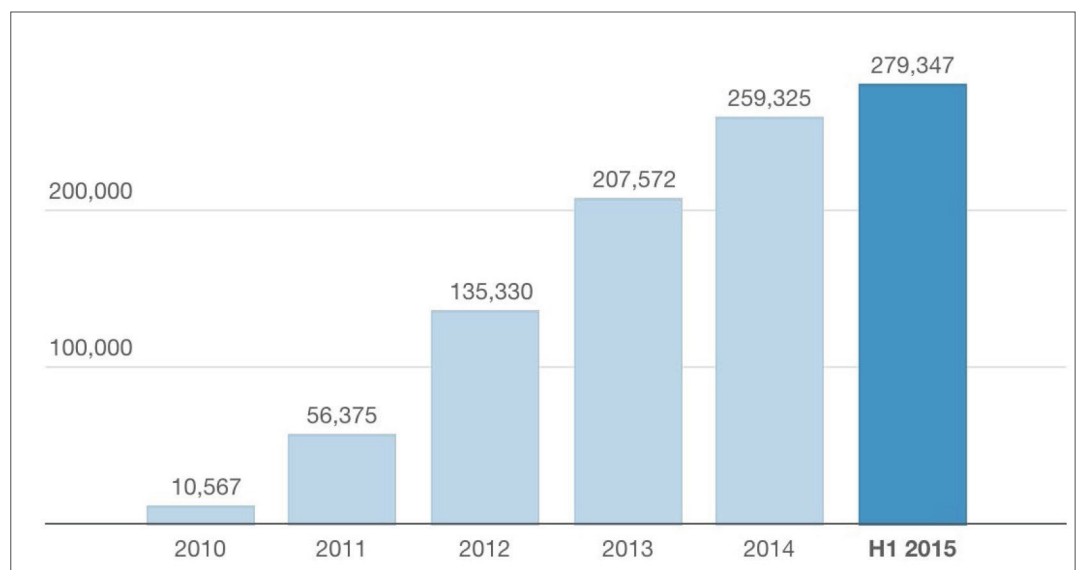
1.6

Onderzoeksopzet

Om de onderzoeksresultaten juist te kunnen interpreteren is het belangrijk dat aspecten als afbakening, perspectief en typering worden geëxpliciteerd.

1.6.1 Afbakening

1. Dit onderzoek gaat uitsluitend over de waarde van zonnepanelen bij woningverkoop in Nederland;
2. Er worden uitsluitend grondgebonden koopwoningen onderzocht;
3. Dit onderzoek gaat alleen over zonnestroom: zonnepanelen met PV-cellen (PhotoVoltaïsche) en niet over andere zonnepanelen zoals de zonneboiler;
4. Vanwege de beschikbaarheid van data wordt de periode 2012 tot 2015 onderzocht. Dit is overigens de meest relevante periode omdat, zoals uit Figuur 2 blijkt, vóór 2012 relatief weinig huizen werden voorzien van zonnepanelen.



Figuur 2. Aantal huishoudens met zonnepanelen. Herdrukt van "De Groene Courant", 2015

1.6.2 Perspectief

Dit onderzoek wordt uitgevoerd vanuit het perspectief van 'het positivisme'. Dit gaat uit van een objectieve wereld (Sekaran & Bougie, 2013). De Scientific Method (Wilson, 1952) sluit hier uitstekend op aan.

1.6.3 Typering onderzoek

Doel en relevantie:

- o Fundamenteel (gericht op kennis en inzicht).

Onderzoeksvraag:

- o Correlationeel onderzoek.

Onderzoeksmethode:

- o Inductief (vanuit informatie een theorie opstellen) tot conclusies wordt gekomen;
- o Kwantitatief (data in vorm van getallen);
- o Secundair (maakt gebruik van bestaande gegevens, verzameld door iemand anders met een ander doel)woning.

1.7

Relevantie

1.7.1 Waarom de waarde bij woningverkoop relevant is

Mensen blijven gemiddeld 10 jaar (Planbureau voor de Leefomgeving, 2015) in hun huis wonen en de levensduur van zonnepanelen is zo'n 25 jaar. Een woning met hetzelfde zonnepaneel zal dus gemiddeld ruim 2x van eigenaar wisselen. Beide keren is de waarde voor zowel de kopende als de verkopende partij relevant.

1.7.2 Energietransitie

In het regeerakkoord is afgesproken dat Nederland streeft naar een "*internationaal volledig duurzame energievoorziening*" in 2050, "*aandeel duurzame energie in 2020 van 16%*" en het "*duurzaam opwekken van (zonne-) energie wordt fiscaal gestimuleerd*" (Rutte, 2012).

De doelen voor de nog wat langere termijn – tot en met 2050 – gaan nog verder: "*Voor Nederland moet het doel zijn dat de emissie van broeikasgassen in 2050 80% tot 95% lager zal zijn dan in 1990. Voor de Nederlandse energievoorziening betekent dit dat de energetische CO2-emissies in 2050 82% tot 102% lager moeten zijn dan de emissies van de energievoorziening in 1990. De emissieruimte voor de energievoorziening is dan maximaal 30 megaton CO2.*" (Raad voor de leefomgeving en Infrastructuur, 2015).

1.7.3 Rol van zonnepanelen in de energietransitie in Nederland

Nederland geeft invulling aan haar duurzaamheidsambities middels 6 landelijke directe stimuleringsregelingen voor zonnepanelen waarvan de eerste 2 voor particulieren zijn en 2 t/m 6 voor bedrijven.

1. BTW compensatie: 1. particulieren mogen de BTW op de aanschaf van zonnepanelen terugvorderen (Belastingdienst, 2016);

2. Salderingsregeling: eigenaren van zonnepanelen mogen salderen. Hierbij wordt teruglevering van elektriciteit verrekend met het netverbruik tegen hetzelfde tarief. Zij betalen daardoor ook geen energiebelasting op het netverbruik;

3. Energie Investerings Aftrek (EIA): 3. € 750 per KW aftrek (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2016);

4. Regeling Milieu-investeringsaftrek (MIA): *“Dit biedt extra aftrekmogelijkheden van de fiscale winst”* (Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland, 2016);

5. Regeling willekeurige afschrijving milieu-investeringen (Vamil): *“De Vamil biedt de mogelijkheid 75% van een investering op een willekeurig moment af te schrijven”* (Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland, 2016);

6. SDE+: *“Subsidieregeling voor hernieuwbare energietechnieken”* (Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland, 2016).

Het grote belang dat de overheid hecht aan zonnepanelen op woningen, bedrijven en bedrijfswoningen blijkt uit de beleidsstukken en deze stimuleringsmaatregelen.

Overigens wordt subsidie steeds minder belangrijk voor een sluitende business-case voor de aanschaf van zonnepanelen voor particulieren. De huidige prijs van grijze stroom is voor een gemiddeld huishouden inclusief belastingen ongeveer € 0,22 per Kwh (Avedia, 2016). De prijs van zonnestroom ligt momenteel al lager, blijkt uit een brief van de minister aan de Kamer: *“Bij zonne-energie zijn wereldwijd als gevolg van schaalvergroting en innovatie grote kostprijzdalingen zichtbaar. Dat heeft zijn weerslag op het basisbedrag van zon-PV, dat is gedaald van € 0,459/kWh in 2009 naar € 0,128/kWh in 2016. Een daling van maar liefst 72%”* (Kamp, 2015).

Het onafhankelijk worden van subsidie maakt dat andere factoren relatief belangrijker worden zoals het behoud van waarde van een investering. Daarnaast is het logisch te verwachten dat wanneer het prijsvoordeel voor zonnestroom ten opzichte van grijze stroom verder toeneemt, steeds meer mensen een investering in zonnepanelen zullen overwegen. Daarmee zullen meer mensen voor de vraag komen te staan of de investering verstandig is vanuit het perspectief van de waarde van de woning.

2. Theoretisch kader

2.1

Inleiding

Om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden is in de literatuur bekeken welke onderzoeken naar dit onderwerp reeds zijn gedaan in Nederland en daarbuiten. Daarbij is gekeken naar de resultaten van die onderzoeken. Daarnaast zijn die onderzoeken ook gebruikt om de juiste aanpak voor dit onderzoek te kiezen. Wat waren de afwegingen om voor een bepaalde onderzoeksmethode te kiezen en wat waren de beperkingen van de gekozen modellen?

2.2

Zonnepanelen in relatie tot prijs woningen

Met name in de Verenigde Staten zijn veel onderzoeken gedaan naar de waarde van zonnepanelen bij woningverkoop. Over verschillende tijdperioden en in verschillende regio's zijn drie wetenschappelijke studies gevonden naar de waarde van zonnepanelen bij woningverkoop. Daarnaast zijn twee Nederlandse studies gevonden.

2.2.1 **An Analysis of the Effects of Residential Photovoltaic Energy Systems on Home Sales Prices in California**

Het eerste relevante onderzoek stamt uit april 2011 en is uitgevoerd door het 'Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory' (Hoen & Wiser, 2011). In dit onderzoek zijn 1894 verkochte woningen met zonnepanelen opgenomen. Het onderzoek gaat over de waarde van zonnepanelen bij woningverkoop in Californië in de periode 2000 tot halverwege 2009. Dit onderzoek komt uit op een prijspremie van \$ 17.000 voor een 3100 Wp systeem. In dit onderzoek is gekozen voor het hedonische prijsmodel waarbij de resultaten via een regressieanalyse worden verkregen.

2.2.2 **Understanding the Solar home price premium**

Het tweede relevante onderzoek is gepubliceerd in de European Economic Review (Dastrup, Graff Zivin, Costa, & Kahn, 2012). Het is mede opgesteld door Professor Matthew E. Kahn. Hij is een toonaangevend wetenschapper op het gebied van Environmental Economics. Het onderzoek gaat over de waarde van zonnepanelen op woningen over de periode 1997-2010 in San Diego County. Het onderzoek vindt via een regressie in een hedonisch prijsmodel een prijspremie van 3,5% op huizen mét zonnepanelen wat neerkomt op een premie van \$22.554. Zij vinden een aanschafprijs van \$ 20.892 na subsidie en belastingvoordelen. Zij stellen in hun onderzoek dan ook vast dat: *"on average, homeowners fully recover their costs of installing solar panels upon sale of the property"*.

Daarnaast stellen de auteurs dat er een “*make versus buy option*” bestaat. Dit betekent dat men een huis zonder zonnepanelen kan kopen en deze er daarna zelf op kan laten leggen. *“Daarmee wordt de prijspremie van zonnepanelen begrenst door de kosten van aanleg van de zonnepanelen. Indien onderzoekswaarden daarboven uitkomen moeten deze daarmee gewantrouwd worden.”*

2.2.3 Selling Into the Sun

Het derde relevante onderzoek is gedaan in opdracht van ‘The Office of Energy Efficiency and Renewable Energy’ (Hoen et al., 2015) in de Verenigde Staten. Het onderzoek gaat over de periode 2002-2012 en heeft 3.951 verkochte huizen met zonnepanelen in het onderzoek opgenomen in 8 verschillende staten. Ook hier wordt gebruik gemaakt van een regressieanalyse in een hedonisch prijsmodel. Het onderzoek vindt een premie van \$ 15.000 voor een 3600 Wp systeem.

Er is volgens dit onderzoek geen verschil in de waardering van zonnepanelen tussen bestaande en nieuwbouwwoningen: *“Only a small and non-statistically significant difference exists between PV premiums for new and existing homes.”*

2.2.4 Home buyers appreciation of installed photovoltaic systems

Een Nederlandse studie naar de waarde van zonnepanelen bij woningverkoop is gedaan in 2013. Dit was een ‘*stated preference experiment*’ (Wissink, 2013). Dit betekent dat onderzocht wordt wat mensen zeggen over te hebben voor zonnepanelen en niet wat mensen in de praktijk daadwerkelijk aan premie betalen voor een woning mét zonnepanelen. Wissink ziet zelf ook deze beperking en schrijft: *“Since there is almost no market data of dwellings with PV panels, a revealed preference experiment is not possible. Therefore a stated preference method is used. This means that true behavior is not observed, but respondents are asked to indicate how they would behave in a hypothetical situation.”* Dat type onderzoek heeft een hoge mate van onzekerheid en heeft geen marktbewijs.

2.2.5 USP Energie Monitor

Op vergelijkingssite voor zonnepanelen Fritss.nl wordt gerefereerd aan een tweede Nederlands onderzoek: *“Er is echter wel degelijk onderzoek gedaan naar de stijging van een woningwaarde na installatie van zonnepanelen. De USP Energie Monitor ondervraagt elk kwartaal consumenten over allerlei energie gerelateerde onderwerpen, waaronder ook zonne-energie. Hieruit bleek onlangs dat woningkopers de waarde van een huis met zonnepanelen bijna 5500 euro hoger inschatten dan wanneer er geen panelen op het dak liggen. Dat is ongeveer net zoveel als de kosten voor het overstappen op zonne-energie”* (Fritts, 2016).

Bestudering van de onderzoeksmethode laat zien dat het hier - net als het andere Nederlandse onderzoek in de vorige paragraaf - gaat om een ‘*stated preference experiment*’. Het gaat dus om wat de mensen zeggen er voor over te hebben en niet om wat de mensen daadwerkelijk betaald hebben. De methode wordt in het onderzoek als volgt omschreven: *“Ter verdieping van het thema zonne-energie is de respondenten in dit kwartaal tevens twee vragen gesteld omtrent de huizenprijzen van woningen met en zonder zonnepanelen. Respondenten kregen hiervoor in willekeurige*

volgorde 2 foto's voorgelegd voorzien met de volgende kenmerken: Eén van een woning met zonnepanelen en één van dezelfde woning zonder panelen. Hierbij werd opgemerkt dat het om een tussenwoning in een nieuwbouwwijk in de buurt van Rotterdam ging, met 5 kamers (4 slaapkamers), een tuin en een berging, een vloeroppervlak van 120 vierkante meter en een perceeloppervlak van 140 vierkante meter. De woning met zonnepanelen wordt gemiddeld geschat op een waarde van € 242.552, de waarde van dezelfde woning zonder zonnepanelen wordt €5.467 lager ingeschat." (De Graaf & Bouazzaoui, 2015)

2.3

Vastgoed waardering en zonnepanelen

Hoewel dit onderzoek niet gericht is op een theoretische waardering maar op daadwerkelijk gerealiseerde opbrengsten, zijn de uitkomsten van dit onderzoek wél gericht op taxaties. In die zin is het zeer interessant te bezien waar de uitkomsten van dit onderzoek voor gebruikt kunnen worden.

Volgens de literatuur zijn er 3 grondslagen waarop vastgoed gewaardeerd kan worden: *"The Income Approach, The Cost Approach en The Sales Comparison Approach"* (Lusht, 2012).

2.3.1 Income Approach

Bij de opbrengsten benadering worden de toekomstige opbrengsten van het vastgoed berekend en via de DCF-methode contant gemaakt. Als zonnepanelen worden toegevoegd aan het vastgoed zullen de opbrengsten van de panelen ook worden meegenomen in de DCF-berekening. Toevoeging van zonnepanelen resulteert daarmee in een waardestijging gelijk aan de contante waarde van de opbrengsten. Deze berekening dient echter te gebeuren op basis van de nodige aannames. Belangrijke parameters voor de DCF hierbij zijn:

- Levensduur installatie;
- Hoeveelheid zon;
- Ontwikkeling energieprijis;
- Al dan niet voortbestaan van salderingsregeling;
- Percentage waarmee contant wordt gemaakt.

Alleen al het laatste punt is voor particulieren een zeer belangrijke. Als je spaargeld over hebt dat momenteel op de bank staat, zal je met een lager percentage contant maken dan wanneer er voor de aanschaf een dure Persoonlijke Lening moet worden afgesloten. De waardeberekening via deze methode zal voor particulieren hierom sterk verschillen.

2.3.2 Cost Approach

Bij de kostenbenadering wordt de grondwaarde vermeerderd met de herbouwwaarde minus afschrijving: *"the cost to reproduce (or replace) a property, as if it were new, less any accrued depreciation, plus land value, produces an acceptable estimate of market value"* (Lusht, 2012).

Bij deze methode worden zonnepanelen als onderdeel van het vastgoed dus ook meegenomen. Dit onderzoek geeft antwoord op de vraag in hoeverre de kostenbenadering aansluit bij daadwerkelijk verkregen meerwaarde voor zonnepanelen.

2.3.3 Sales Comparison Approach

Bij deze methode wordt de waarde van vastgoed geschat op basis van verkoopprijzen van vergelijkbare panden. Deze methode is gebaseerd op de aannames dat verkoopprijzen een betrouwbare indicator zijn voor marktprijzen en dat vergelijkbare panden voor vergelijkbare prijzen verkocht worden.

Verschillende panden zijn echter nooit 100% identiek. Het al dan niet hebben van zonnepanelen is bijvoorbeeld een factor die de taxateur zal meewegen bij zijn taxatie. Dit onderzoek zal daarmee bijdragen aan het toekennen van waarde aan zonnepanelen bij deze aanpak.

2.3.4 Niet economische motieven

Naast economische motieven kunnen er ook niet-economische motieven zijn om waarde aan zonnepanelen toe te kennen. Bij zonnepanelen zullen altruïsme en idealisme hier een rol kunnen spelen: bijdragen aan een beter milieu en onafhankelijk worden van fossiele brandstoffen. Andreoni (1990) noemt dit de *“warm glow”*. Je helpt mee aan een beter klimaat. Naast deze altruïstische kant heeft onbaatzuchtigheid echter ook nog een onzuivere kant. Hierbij valt te denken aan prestige en respect (Olson, 1965). Ook dit kan dus een factor zijn om waarde toe te kennen aan zonnepanelen.

2.4

Conclusies

- Er is in Nederland geen onderzoek gedaan naar de waarde van zonnepanelen op basis van daadwerkelijke transacties;
- Bij de waardering van zonnepanelen kunnen zowel economische- als niet economische motieven een rol spelen;
- In alle onderzoeken wordt een waarde gevonden voor zonnepanelen van rond de aanschafprijs;
- De relevante Amerikaanse onderzoeken gebaseerd op daadwerkelijke transacties maken allen gebruik van een hedonisch regressiemodel.

2.5

Hypotheses

Uit de literatuur blijkt dat in de Verenigde Staten het aanbrengen van zonnepanelen een waardeverhogend effect heeft op een woning. Uit Nederlands onderzoek blijkt dat consumenten aangeven bereid te zijn meer te betalen voor een woning met zonnepanelen. De hypothese luidt daarom als volgt:

HYPOTHESE 1

Zonnepanelen hebben een waardevermeerderend effect op een woning bij verkoop.

Om deze hypothese te kunnen testen wordt de nulhypothese geformuleerd: 'Zonnepanelen hebben geen waardevermeerderend of een waardeverlagend effect op een woning bij verkoop.'

Naast economische motieven zijn er volgens het literatuuronderzoek ook niet-economische motieven om (een huis met) zonnepanelen te kopen. Dit leidt tot de tweede hypothese:

HYPOTHESE 2

Niet economische motieven spelen een rol bij de aanschaf van zonnepanelen

Bij deze hypothese wordt de volgende nulhypothese geformuleerd: 'Niet-economische motieven spelen geen rol bij de aanschaf van zonnepanelen.'

3. Onderzoeksmodel en data

3.1

Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de keuze voor het basismodel uitgelegd. Waarom is dit model het meest geschikte instrument is om de waarde te bepalen? Wat is de achtergrond is en hoe werkt dit model? Vervolgens wordt aangegeven hoe de resultaten van de regressie moeten worden geïnterpreteerd. Daarna zal de dataset worden geïntroduceerd. Er wordt aangegeven hoe de data zijn verkregen en hoe deze zijn bewerkt. Middels tabellen zal vervolgens gepresenteerd worden hoe de data er uitzien qua eigenschappen zoals perceelgrootte, type woning etc.

3.2

Modellen om data te analyseren

Het doel van het onderzoek is inzicht verschaffen in de daadwerkelijk gerealiseerde meerwaarde van zonnepanelen op grondgebonden koopwoningen in de periode 2012-2015 bij woningverkoop.

Woningen zijn nooit gelijk aan elkaar. De verkoopprijs van een grote villa met zonnepanelen zal normaliter hoger zijn dan die van een slecht onderhouden rijtjeshuis zonder zonnepanelen. Als de waarde van zonnepanelen wordt bepaald via vergelijking, zullen de woningen dus op alle relevante factoren vergelijkbaar moeten zijn.

Het is mogelijk om de data op alle kenmerken van de woningen te gaan 'zeven' zodat de kenmerken van de te vergelijken groepen gelijk zijn. Als woningen met zonnepanelen vaker een tuin op het zuiden hebben, wordt een deel van de woningen zonder zonnepanelen en zonder tuin op het zuiden uit de waarnemingen verwijderd. Als woningen met een zonnepaneel gemiddeld op een groter perceel staan, wordt een deel van de waarnemingen van huizen zonder zonnepanelen en een kleiner perceel verwijderd zodat de te vergelijken groepen woningen op dat punt gelijk zijn.

Uiteindelijk kan dit resulteren in twee groepen woningen (de ene met en de andere zonder zonnepanelen) die op alle punten vergelijkbaar zijn. Dit impliceert een onderzoek op basis van aanzienlijk minder waarnemingen wat afbreuk doet aan de kracht van conclusies. Daarnaast zal het altijd arbitrair zijn hoe de selectie precies gemaakt wordt. Die keuzes zijn van invloed zijn op de uitkomst. Een zekere mate van subjectiviteit is daarmee niet te voorkomen.

3.3

Hedonisch regressiemodel

Een andere methode is het hedonisch regressiemodel. Dit model opereert vanuit de notie dat de economische waarde van een product het resultaat is van meetbare kwaliteiten en eigenschappen (Rosen, 1974). Dit model wordt gebruikt voor de waardering van vastgoed op basis van hun eigenschappen.

Malpezzi (2003) noemt het hedonisch model *“een manier om de waarde van individuele karakteristieken van een woning te bepalen”*. In de ‘Journal of Urban Economics’ (Harding, Sirmans, & Rosenthal, 2007) wordt binnen het hedonisch model het probleem van waardebepaling bij huizen uitgelegd. Van geen enkel huis bestaat een ‘tweeling’ met exact dezelfde eigenschappen. Sowieso is de plaats nooit exact hetzelfde maar ook andere eigenschappen van woningen zijn nooit 100% identiek. Het is daardoor ook niet mogelijk om simpelweg prijzen van twee woningen te vergelijken waarvan de ene wel zonnepanelen heeft en de ander niet.

Het hedonische prijsmodel is gebaseerd op de veronderstelling dat een huis gezien kan worden als een optelsom van eigenschappen. Als er door een verkooptransactie een verkoopprijs wordt overeengekomen, dan kan worden vastgesteld dat die karakteristieken een waarde vertegenwoordigen. De waarde van die eigenschappen kan bepaald worden via een meervoudige regressieanalyse. Door het toepassen van deze methode kunnen alle data in het model worden gebracht zonder dat er een selectie hoeft te worden gemaakt om de data vergelijkbaar te maken.

In alle in deze literatuurstudie genoemde onderzoeken is gekozen voor het hedonisch model in een meervoudige regressieanalyse. Het meest recente vergelijkbare onderzoek dat ik heb gevonden, ‘Selling Into the Sun’, kiest voor dit model vanwege zijn robuustheid, transparantie en hoge kracht.

3.3.1 Meervoudige regressie

Via een meervoudige regressieanalyse is het mogelijk om de transactieprijs op te splitsen en toe te wijzen aan de eigenschappen van een woning zoals bijvoorbeeld woonoppervlak, type woning en perceelgrootte. Een regressieanalyse resulteert in regressiecoëfficiënten per eigenschap. Deze coëfficiënten geven aan in welke mate de eigenschappen de transactieprijs beïnvloeden: *“The sizes of the individual regression coefficients indicate how much an increase of one unit in the independent variable would affect the dependent variable, assuming that all the other independent variables remain unchanged”*. (Sekaran & Bougie, 2013)

3.3.2 De kracht van het model

Helaas is het voor woningen niet mogelijk een perfect hedonisch model te creëren die de waarde van woningen tot op de cent nauwkeurig kan bepalen. Er is echter wel te berekenen in hoeverre het model er in slaagt om aan de hand van de in het model gebrachte eigenschappen de transactieprijs te verklaren. Dit noemen we de determinatiecoëfficiënt. Deze coëfficiënt (R^2 of R) geeft aan in hoeverre de afhankelijke variabele door de onafhankelijke variabele wordt verklaard. Wat dit percentage

betekent, is te vinden in Figuur 3. (Universiteit van Leiden, 2016).

R	R ² (afgerond)	Verklaarde variantie	Interpretatie kracht verband
< 0,3	< 0,1	< 10%	zeer zwak
0,3 - 0,5	0,1 - 0,25	10 - 25%	zwak
0,5 - 0,7	0,25 - 0,5	25 - 50%	matig
0,7 - 0,85	0,5 - 0,75	50 - 75%	sterk
0,85 - 0,95	0,75 - 0,9	75 - 90%	zeer sterk
> 0,95	> 0,9	> 90%	uitzonderlijk sterk (suspect!)

Figuur 3. Interpretatie kracht verband regressiemodel. Herdrukt van “Statistiek les 10” door Universiteit van Leiden, 2016.

Wanneer de R^2 wordt toegepast op een meervoudig regressiemodel ontstaat het volgende probleem: R^2 heeft per definitie de eigenschap dat deze hoger wordt als er extra variabelen aan het model worden toegevoegd. Iedere variabele heeft namelijk altijd een zekere mate van ‘toevals-verband’. Ook als de onafhankelijke variabele de afhankelijk variabele feitelijk helemaal niet beïnvloedt. Dat maakt R^2 bij meervoudige regressie een gevaarlijk getal.

Bij R^2 -adjusted wordt op het toevalseffect gecorrigeerd. De R^2 -adjusted kan nooit hoger worden dan R^2 en neemt alleen toe als de extra toegevoegde variabele meer toevoegt dan uitsluitend toeval en neemt af wanneer de variabele minder toevoegt dan toeval. De R^2 -adjusted kan zelfs negatief worden. Het optimum van een model is te vinden in een zo hoog mogelijke R^2 -adjusted.

3.3.3 Significantie

In de literatuur zijn 3 gebruikelijke niveaus van significantie: 90%, 95% en 99%. Hierbij is significantie middels het 95% betrouwbaarheidsinterval verreweg de meest gebruikte. Om de lezer de mogelijkheid te geven zelf een beeld te vormen van de mate van significantie, zullen sterretjes bij significantiewaarden aangegeven wat de mate van significantie is.

90% - 95%	: *
95% - 99%	: **
>99%	: ***

3.3.4 Lineaire of logaritmische afhankelijke variabele

Een dataset met een min of meer normale verdeling bevat een beperkt aantal extreme waarnemingen. In dit onderzoek zijn dat bijvoorbeeld hele grote en dure woningen. Deze extreme waarden hebben, ondanks dat het maar om een klein aantal waarnemingen gaat, een grote invloed op de uitkomsten bij een regressie in absolute waarde. Bij een logaritmische afhankelijke variabele (in dit onderzoek de verkoopprijs) wordt dit effect verminderd. De uitkomsten van de regressie zijn dan geen absolute bedragen maar een procentueel prijseffect.

3.3.5 Uitwerking hedonisch regressiemodel

Het te gebruiken regressiemodel is in wiskundige termen als volgt:

$$\text{Log(prijs)} = \alpha X_s + \beta X_i + \gamma + \varepsilon$$

Hierbij is 'Log(prijs)' de transactieprijs, α het te vinden prijseffect van zonnepanelen (X_s), β het prijseffect van het aantal "i" hedonische variabelen: X_i , γ het kwartaal waarin de transactie plaatsvond en ε de plaatsbepaling (bijvoorbeeld postcode of gemeente).

Het model geeft een prijseffect in procenten. Om het prijseffect te kunnen vergelijken met de aanschafwaarde van zonnepanelen is het wenselijk om die procentuele prijseffecten uit te drukken in bedragen. Voor de regio San Diego is een vergelijkbaar onderzoek uitgevoerd met hetzelfde model. In dit onderzoek komt men tot de conclusie dat het mogelijk is het procentuele prijseffect om te rekenen: *"We convert the coefficient estimate to a dollar amount by differencing the predicted sales price from our estimated model with our solar indicator equal to one and zero and all other characteristics equal to the mean values of all other homes with solar"* (Dastrup et al., 2012). Het is dus mogelijk om de procentuele effecten om te rekenen naar bedragen met de door hen geschetste methode.

3.4 Databronnen en regressiesoftware

3.4.1 Bron ConsuMatrix

ConsuMatrix is een bedrijf gespecialiseerd in marktonderzoek in Apeldoorn. Het verzamelt systematisch data van de 7,3 miljoen huishoudens en 2 miljoen bedrijven in Nederland. Het put daarbij uit verschillende bronnen zoals Kadaster, Funda, Veilingnotaris, Agentschap NL, RIVM, KvK, CBS en Rechtspraak.nl. Het bedrijf verzamelt deze data op 3 niveaus: personen, huishouden en postcodes.

ConsuMatrix selecteert haar databronnen op basis van 4 criteria:

1. Er moet toestemming gegeven zijn om de data te gebruiken voor identificatie en beschrijving van consumentensegmentatie ;
2. Zij moeten nauwkeurig zijn en dus beschikbaar op adres- of postcodeniveau ;
3. Er moeten regelmatig updates plaatsvinden om wijzigingen te kunnen lokaliseren;
4. Bevordering van de mate van onderlinge diversiteit en identificatie van een breed pallet aan consumentendata.

3.4.2 Bron NVM

Voor dit onderzoek ontbreken in de dataset van ConsuMatrix een deel van de hedonische variabelen die nodig zijn om betrouwbare conclusies te komen. Daarvoor zijn de databestanden van de NVM uitermate geschikt omdat zij de meest waardebepalende factoren van woningen systematisch in kaart brengen.

3.4.3 Stata

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van het computerprogramma Stata omdat de data van de NVM in het formaat van Stata beschikbaar waren. De data van ConsuMatrix zijn geconverteerd naar het juiste formaat. Stata kan goed omgaan met grote databestanden en meervoudige regressies. Ook is het programma in staat om automatisch dummyvariabelen aan te maken voor bijvoorbeeld de woonplaats. In bijlage 1 is de Stata 'do-file' opgenomen waarin te zien is op welke wijze de data in Stata zijn bewerkt en op welke manier de regressie is uitgevoerd.

3.5

Database

ConsuMatrix heeft een database beschikbaar gesteld van verkochte woningen met zonnepanelen in de periode 2012-2015. De NVM heeft een database beschikbaar gesteld met verkochte woningen en hun kenmerken eveneens over de periode 2012-2015. Deze databases zijn gekoppeld middels postcode-huisnummer (inclusief eventuele toevoeging) identificatie. Alle woningen mét zonnepanelen zijn in de dataset opgenomen. Van de woningen zonder zonnepanelen is een aselechte steekproef genomen zodat 10% van de woningen een woning mét zonnepanelen was. Dit resulteerde in een database van 41.034 dataregels.

3.5.1 Schonen van de database

Vervolgens zijn 10.570 appartementen verwijderd uit de database omdat die buiten de onderzoeksafbakening vallen. Daarna is de database geschoond op ontbrekende en rare waarden:

- o 371 Ontbrekende huisnummers
- o 22 Prijs=0
- o 777 Perceel<10m²
- o 62 Fictieve perceelgrootte
- o 86 Woonoppervlak ontbreekt
- o 1639 Transactieprij < € 10.000
- o 2 Woonoppervlak < 20m²
- o 3562 Ontbrekende transactieprij

Dit resulteert in een database met 23.943 bruikbare dataregels.

3.5.2 Omzetten variabelen naar dummyvariabelen

Een regressie wordt uitgevoerd met als uitkomst het effect op de afhankelijke variabele op een verhoging van de onafhankelijke variabele met 1. Voor variabelen als woonoppervlak werkt dit prima. De uitkomst van de regressie voorspelt wat het effect is op de transactieprij van een woning met 1 m² groter woonoppervlak. Voor bijvoorbeeld de variabele bouwperiode werkt dit niet omdat dit een ordinale variabele is. Iedere bouwperiode krijgt een nummer. Bijvoorbeeld 1906-1930=1, 1931-1944=2, 1991-2000=7 etc. Een verhoging met 1 zegt voor die variabelen logischerwijs niets over de toename van de transactieprij. Toch kan het zijn dat huizen van voor de oorlog een andere waarde vertegenwoordigen dan huizen gebouwd tijdens de wederopbouw. Die variabelen dienen daarom wél opgenomen te worden in het model.

Dit probleem is oplosbaar door de nominale (dus ook ordinale) variabelen om te zetten in dummyvariabelen (Sekaran & Bougie, 2013). Dit houdt in dat een nieuwe variabele gecreëerd wordt. Bij alle observaties krijgt deze de waarde 0, behalve daar waar de dummyvariabele naar verwijst: daar krijgt het de waarde 1. In het voorbeeld van de bouwperiodes worden er dummyvariabelen gecreëerd voor bouwperiode=1906-1930, bouwperiode=1931-1944 etc. Alle observaties krijgen daar waarde 0 behalve de waarnemingen van woningen die in die periode zijn gebouwd: die krijgen waarde 1.

De volgende variabelen worden omgezet in dummyvariabelen:

- Type woning (4 variabelen: Vrijstaand, Tweekap-, Hoek-, Tussen-woning)
- Bouwperiode (9 variabelen)
- Eigen parkeerplaats (1 variabele: eigenparkeerplaats ja of nee = 1 of 0)
- Tuin op het zuiden (1 variabele: tuin op zuiden ja of nee = 1 of 0)
- Onderhoudsstatus binnenkant woning (9 variabelen)
- Onderhoudsstatus buitenkant woning (9 variabelen)
- Gemeente (ca 700 variabelen)
- Kwartaal van verkoop (16 variabelen)

Bij de variabele gemeente wordt het omzetten naar dummyvariabelen door Stata automatisch gedaan.

3.6

Verkenning van de database

Allereerst wordt gekeken naar het type woning dat in de database voorkomt. In Tabel 1 is te zien hoeveel daarvan voorzien zijn van zonnepanelen.

Tabel 1

Overzicht dataset type woning naar aantal en Solar

	Aantal	Solar	% Solar
Alle woningen	23.943	2.351	9,8%
Vrijstaande woning	3.608	515	14,3%
Tweekap woning	4.726	566	12,0%
Hoekwoning	4.517	356	7,9%
Tussenwoning	11.092	914	8,2%

De woningen met en zonder zonnepanelen zijn verdeeld over alle provincies van Nederland (Tabel 2).

Tabel 2

<i>Overzicht dataset per provincie</i>		
Provincie	Aantal	%Solar
Groningen	844	10,2%
Friesland	1315	9,4%
Drenthe	1052	10,1%
Overijssel	2005	9,4%
Gelderland	3439	13,2%
Utrecht	2320	11,8%
Noord Holland	3401	10,3%
Zuid Holland	3769	9,2%
Zeeland	490	6,7%
Noord Brabant	3599	6,8%
Limburg	1052	6,1%
Flevoland	647	12,5%
Onbekend	10	10,0%

Nadere bestudering van de variabelen transactieprij, woonoppervlak en perceeloppervlak laten - opgesplitst naar mét en zonder zonnepanelen - waarden zien zoals opgenomen in Tabel 3.

Tabel 3

<i>Overzicht dataset transactieprij, woonoppervlak en perceeloppervlak</i>					
Zonder Zonnepanelen					
Variabele	Aantal	Gemiddelde	Std. Dev.	Min.	Max.
Transactieprij	21.592	€ 233.269	142096	€ 50.000	€ 3.675.000
Woonoppervlak	21.592	120,7	38,9	40	529
Perceeloppervlak	21.592	446,8	1957,9	12	168590
Mét Zonnepanelen					
Variabele	Aantal	Gemiddelde	Std. Dev.	Min.	Max.
Transactieprij	2351	€ 299.125	169814	€ 45.000	€ 2.300.000
Woonoppervlak	2351	144,0	46,1	48	536
Perceeloppervlak	2351	513,9	1549,3	15	40905

Wat direct opvalt is dat woningen met zonnepanelen gemiddeld duurder zijn, een groter woonoppervlak en groter perceel hebben.

In Tabel 4 is te zien is dat woningen met zonnepanelen vaker een eigen parkeerplaats hebben en ook vaker een tuin op het zuiden.

Tabel 4

<i>Overzicht dataset eigen parkeerplaats en tuin op zuid</i>		
Eigen parkeerplaats		
Solar	Aantal	Gemiddelde
Totaal	23.943	41%
Ja	2.351	58%
Nee	21.592	39%
Tuin op Zuid		
Solar	Aantal	Gemiddelde
Totaal	23.943	40%
Ja	2.351	46%
Nee	21.592	39%

Zowel woningen met als zonder zonnepanelen komen in alle bouwperiodes voor in de database (Tabel 5).

Tabel 5

<i>Overzicht dataset bouwperiode</i>		
Bouwperiode	Totaal	% Solar
1500-1905	716	7,4%
1906-1930	2171	5,2%
1931-1944	1390	5,9%
1945-1959	2268	3,1%
1960-1970	3562	4,2%
1971-1980	4539	5,9%
1981-1990	3415	6,4%
1991-2000	3111	18,8%
2001-heden	2769	29,3%

4. Analyse van de data

4.1

Inleiding

Nu het doel van het onderzoek bekend is, de methode is gekozen en de database geïntroduceerd is, kan het daadwerkelijk onderzoek worden gedaan. Dit zal stapsgewijs worden uitgevoerd zodat de lezer gevoel kan krijgen bij de gebruikte methode. De lezer wordt als het ware meegenomen door het onderzoeksproces heen.

4.2

Regressie analyse

Zoals in Tabel 3 beschreven is de gemiddelde transactieprij van woningen mét zonnepanelen ruim € 65.000 hoger dan die van woningen zonder zonnepanelen. Toch is het niet mogelijk om op basis van dit gegeven te concluderen dat de aanwezigheid van zonnepanelen dit waarde-effect heeft op de woning. Onderzoek van Malpezzi (2003) liet in Paragraaf 3.3 immers al zien dat er meerdere factoren zijn die de waarde van een woning bepalen. Een model met uitsluitend de aanwezigheid van Solar als variabele zou volgens de theorie derhalve moeten resulteren in een zwak model. Dit blijkt te kloppen. Het uitvoeren van een enkelvoudige regressie in Stata op de aanwezigheid van zonnepanelen als onafhankelijke variabele met de waarde van de woning als afhankelijke variabele resulteert in een R^2 -adjusted van slechts 1,81%. Uit Figuur 3 blijkt dat we hier te maken hebben met een zeer zwak model en is daarmee voor dit onderzoek niet bruikbaar.

4.2.1 Analyse van de data in het meervoudig hedonisch regressiemodel

Uit de eerste verkenning met een enkelvoudige regressie is gebleken dat dit niet krachtig genoeg is. Daarom worden er conform het hedonisch model meer variabelen aan de regressie toegevoegd. Dit wordt meervoudige regressie genoemd. Allereerst wordt de meest bepalende factor; het woonoppervlakte, aan het model toegevoegd. In Tabel 3 was al te zien dat woningen mét zonnepanelen gemiddeld een 20% groter woonoppervlak hadden.

Door het model met woonoppervlakte uit te breiden wordt het model meteen een flink stuk sterker. Het heeft dan een R^2 -adjusted van 53,35% waarmee het model zich qua kracht op de grens van matig tot sterk bevindt. Ook dit is echter nog (veel) verder te optimaliseren zoals in de volgende paragraaf wordt uitgewerkt.

4.3

Het basismodel

Het basismodel (zonder de variabele Solar) wordt gemaakt door de volgende onafhankelijke variabelen (naast de afhankelijke variabele: transactieprijs) in het model te brengen:

- Woonoppervlakte
- Perceeloppervlakte
- Type woning
- Bouwperiode
- Eigen parkeerplaats
- Tuin op het zuiden
- Onderhoudsstatus binnenkant woning
- Onderhoudsstatus buitenkant woning
- Gemeente
- Kwartaal van verkoop

Dit basismodel wordt getest door het uitvoeren van een meervoudige regressie. Er wordt dus in eerste instantie een regressie uitgevoerd zonder dat wordt meegenomen of de woningen wel of niet in het bezit zijn van zonnepanelen. Dit levert de volgende resultaten op.

Tabel 6

<i>Regressieresultaten zonder Solar</i>						
Source	SS	df	MS	Number of obs = 23.943		
Model	4218,73187	475	8,88154079	F(476, 23466) = 242,25		
Residual	860,348444	23.466	0,036662055	Prob > F = 0,0000		
Total	5079,08032	23.942	0,212141021	R-squared = 0,8306		
				Adj R-squared = 0,8272		
				Root MSE = 0,19147		
logtransactieprijs	Coef.	Std. Err.	t	P> t	95% Conf. Interval	
woonopp	0,0054573	0,0000393	138,91	0,000	0,0053803	0,0055343
perceel	0,0000103	6,89E-07	14,89	0,000	8,91E-06	0,0000116
Eigenparkeren	0,1029954	0,0032023	32,16	0,000	0,0967187	0,1092722
Tuin op Zuid	0,0054456	0,0025977	2,10	0,036	0,000354	0,0105372
Transactiedatum	*	*	*	*	*	*
Typewoning	*	*	*	*	*	*
Bouwperiode	*	*	*	*	*	*
Onderhoud buiten	*	*	*	*	*	*
Onderhoud binnen	*	*	*	*	*	*
Gemeente	*	*	*	*	*	*
_cons	11,0391	0,176154	62,67	0,000	10,69382	11,38437
* Data zijn als dummyvariabelen in Stata opgenomen; vanwege de leesbaarheid hier niet uitgesplitst weergegeven						

Stata voert automatisch de F-test uit. Deze test de nul-hypothese dat alle coëfficiënten van de onafhankelijke variabelen gelijk aan 0 zouden zijn. De F-test laat zien dat deze nul-hypothese verworpen kan worden met een waarschijnlijkheid van meer dan 99,99%. Het model heeft een R^2 -adjusted van 82,72%. Daarmee is het model conform Figuur 3 zeer sterk en geschikt voor dit onderzoek. Alle variabelen zijn >99% significant*** behalve de tuin op het zuiden die 96,4% significant** is.

4.3.1 Het basismodel mét Solar

Vervolgens wordt de variabele Solar (aanwezigheid van zonnepanelen) aan het basismodel toegevoegd. Dit geeft de resultaten zoals te zien zijn in Tabel 7.

Tabel 7

<i>Regressieresultaten mét Solar</i>						
Source	SS	df	MS			
Model	4219,87677	476	8,86528733	Number of obs	=	23.943
Residual	859,203547	23.466	0,036614828	F(476, 23466)	=	242,12
Total	5079,08032	23.942	0,212141021	Prob > F	=	0,0000
				R-squared	=	0,8308
				Adj R-squared	=	0,8274
				Root MSE	=	0,19135

logtransactieprijs	Coef.	Std. Err.	t	P>[t]	95% Conf. Interval	
woonopp	0,0054376	0,0000394	137,95	0,000	0,0053603	0,0055149
perceel	0,0000103	6,89E-07	14,94	0,000	8,94E-06	0,0000116
Eigenparkeren	0,1023791	0,0032022	31,97	0,000	0,0961027	0,1086556
Tuin op Zuid	0,0048957	0,0025979	1,88	0,060	-0,0001963	0,0099877
Transactiedatum	*	*	*	*	*	*
Typewoning	*	*	*	*	*	*
Bouwperiode	*	*	*	*	*	*
Onderhoud buiten	*	*	*	*	*	*
Onderhoud binnen	*	*	*	*	*	*
Gemeente	*	*	*	*	*	*
Solar	0,0255625	0,0045714	5,59	0,000	0,0166023	0,0345227
_cons	11,02728	0,1760532	62,64	0,000	10,68221	11,37236

* Data zijn als dummyvariabelen in Stata opgenomen; vanwege de leesbaarheid hier niet uitgesplitst weergegeven

Te zien is dat het model door het toevoegen van de variabele Solar sterker wordt: R^2 -adj neemt toe. Ook het onverklaarde residu in '_cons' neemt af. Te zien is dat de aanwezigheid van Solar met $P>[t]$ van 0,000 significant*** is. Alle variabelen zijn >99% significant*** behalve de tuin op het zuiden die 94% significant* is.

In Tabel 7 is nu ook te zien wat het effect van de aanwezigheid van zonnepanelen is op de transactieprijs. Dit is te vinden op de regel 'Solar' in Tabel 7 in de kolom 'Coef'. De coëfficiënt in Stata geeft het effect aan van een verhoging van 1 van de onafhankelijke variabele (Solar) op de afhankelijke variabele (transactieprijs). Omdat er in het model

gewerkt wordt met een logaritmische transactieprijs is dit een effect in procenten. Omdat 'Solar' een dummyvariabele is met waarde 0 of 1 betekent een verhoging van 1 het gehele procentuele effect van zonnepanelen. Het prijseffect van de aanwezigheid van zonnepanelen is derhalve 2,56%. Met een P-waarde van 0,000 is dit prijseffect significant***. Met 95% zekerheid kan gesteld worden dat het procentuele prijseffect van zonnepanelen op de transactieprijs van woningen ligt tussen de 1,66% en 3,45%.

Dit prijseffect is terug te rekenen naar een geldbedrag conform de methode beschreven in het onderzoek genoemd in Paragraaf 2.2.2: *"We convert the coefficient estimate to a dollar amount by differencing the predicted sales price from our estimated model with our solar indicator equal to one and zero and all other characteristics equal tot the mean values of all other homes with solar"* (Dastrup et al., 2012). Deze berekening is om te zetten naar de volgende formule: $\text{Prijseffect} = \text{Verkoopprijs met Solar} - \text{Verkoopprijs zonder Solar gecorrigeerd naar kenmerken gelijk aan Solar}$. Dit geeft daarmee een prijseffect van € 299.125 - € 291.669 = € 7.456 tussen de 1,66% en 3,45%.

4.3.2 Tendens waarde ontwikkeling

Eén van de onderzoeksvragen was of er door de jaren heen een tendens in de premie op zonnepanelen waarneembaar is. Tabel 8 toont de resultaten.

Tabel 8

<i>Tendens in waardeontwikkeling</i>					
	% Solar	Aantal Totaal	Aantal Solar	Prijseffect	significant
2012	14,60%	3.437	501	4,73%	Ja ***
2013	16,20%	2.017	326	5,99%	Ja ***
2014	12,40%	5.482	682	2,44%	Ja ***
2015	6,50%	13.007	842	0,27%	nee
		23.943	2.351		

Het prijseffect over het jaar 2015 is niet significant en mag derhalve niet worden meegenomen. De overige drie jaren vertonen geen duidelijke tendens omdat het middelste jaar (2013) het hoogste prijseffect laat zien.

4.3.3 Prijseffect per type woning

In Tabel 9 is te zien dat het prijseffect als percentage van de verkoopprijs voor hoek- en tussenwoningen groter is dan die van alle woningen samen. Dat is ook logisch omdat dit het goedkoopste type woning is. Wordt het prijseffect teruggerekend naar een waarde, dan blijkt de waarde ongeveer te liggen rondom de gemiddelde waarde van alle woningen.

Tabel 9

Prijseffect naar type woning

	Aantal	Solar	% effect	Significant	Waarde
Alle woningen	23.943	2.351	2,6%	Ja***	€ 7.455,79
Vrijstaande woning	3.608	515	-----	Nee	-----
Tweekap woning	4.726	566	-----	Nee	-----
Hoekwoning	4.517	356	3,5%	Ja***	€ 8.519,64
Tussenwoning	11.092	914	3,1%	Ja***	€ 7.441,08

Vrijstaande woningen en tweekapwoningen leveren geen significante prijseffecten. Dit wordt vermoedelijk veroorzaakt doordat dit gemiddeld duurdere woningen zijn en de zonnepanelen als percentage van de verkoopprijs daardoor kleiner. Daarnaast zijn er aanmerkelijk minder data van vrijstaande en tweekapwoningen dan van tussenwoningen waardoor ook moeilijker significant resultaten te behalen zijn.

4.4

Investeringskosten zonnestroom op woningen

Er waren op 1 juli 2015 in Nederland 279.347 woningen met zonnestroom (Netbeheer Nederland, 2016). Deze hadden een gezamenlijk vermogen van 1.086.240 MWp (Netbeheer Nederland, 2016). Dit komt er op neer dat een gemiddelde installatie voor zonnestroom 3888 Wp levert.

De kosten voor aanleg zijn in opdracht van het RVO recent in kaart gebracht (Stichting Monitoring Zonnestroom, 2016).

In Tabel 8 is te zien dat er in dit onderzoek naar de waarde van zonnepanelen bij woningverkoop 827 transacties zijn opgenomen van voor 2014 en 842 transacties na 2014: 682 in 2014. Hiermee is prijspeil 2014 een prachtig referentiejaar. De Stichting Monitoring Zonnestroom heeft in juli 2016 in opdracht van het RVO (Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland) een onderzoek gedaan naar de prijzen van zonnestroom op woningen (Stichting Monitoring Zonnestroom, 2016). Hierin zijn de prijzen in 2014 opgenomen. Uit dit onderzoek is een prijs te berekenen voor een gewogen gemiddelde van verschillende soorten panelen en plaatsing op schuine en platte daken op een installatie tussen de 2500 en 5000 Wp van € 1,80.

De prijs voor de aanleg van een gemiddelde zonnestroominstallatie in Nederland in de onderzochte periode komt daarmee uit op € 6.998.

4.4.1 BTW op zonnepanelen voor particulieren

Het is mogelijk de btw op zonnepanelen terug te vorderen. Een particulier die stroom levert aan zijn energieleverancier wordt namelijk ondernemer voor de btw (Belastingdienst, 2016). Het btw-bedrag van een installatie van € 6.998 (incl. btw) is € 1.215. Er zijn echter ook btw-plichtige inkomsten: de levering van de stroom. Deze

moeten juist weer worden betaald. Omdat lastig te bepalen is hoeveel stroom wordt geleverd hanteert de belastingdienst forfaitaire bedragen. Het door de belastingdienst vastgestelde forfaitbedrag op een installatie van 3888 Wp is €80 per jaar. Dit bedrag moet in beginsel ieder jaar worden betaald. Er is echter sprake van een drempel van €1345 per jaar waardoor er na het eerste jaar 'onthefing van administratieve verplichtingen' kan worden aangevraagd. Dit betekent dat er vanaf dat moment geen btw-aangifte meer gedaan hoeft te worden. Het btw-voordeel bedraagt derhalve € $1.215 - € 80,00 = € 1.135$.

Het terugvragen van de btw is een voor particulieren vrij complexe en tijdrovende procedure. Menig particulier zal voor het aanmelden als ondernemer, btw-aangifte doen en ontheffing administratieve verplichtingen aanvragen, een adviseur moeten inhuren om de btw-teruggave te regelen. Daarmee verdampt een belangrijk deel van het btw-voordeel. Voor mensen die, bijvoorbeeld omdat ze ZZP-er zijn, al btw-plichtig zijn vervalt het voordeel ook grotendeels omdat zij geen ontheffing krijgen voor de btw voor volgende jaren omdat zij boven het drempelbedrag komen. Om deze redenen zal het btw-voordeel dan ook niet worden meegenomen in de berekeningen in dit onderzoek.

4.4.2 Subsidie op zonnepanelen

Tot en met 2013 was er een landelijke subsidieregeling van maximaal € 650 per installatie. Daarnaast zijn er diverse lokale subsidies. Omdat de subsidies maar voor een klein deel van de waarnemingen van toepassing zijn en er geen gegevens beschikbaar zijn op hoeveel zonnepanelen deze van toepassing zijn, worden deze buiten beschouwing gelaten.

5. Conclusies

In dit hoofdstuk worden de hypothesen en de onderzoeksvragen beantwoord en verwoord in conclusies.

5.1

Hypothesen

De eerste hypothese was: 'Zonnepanelen hebben een waarde vermeerderend effect op een woning bij verkoop'. Deze hypothese kan worden aangenomen middels de gevonden significantie*** van het prijseffect van zonnepanelen op woningen. De nulhypothese wordt verworpen omdat een prijseffect van 0% zich niet in het gevonden betrouwbaarheidsinterval bevindt.

CONCLUSIE 1

De hypothese: "zonnepanelen hebben een waardevermeerderend effect op een woning bij verkoop" wordt aangenomen

De tweede hypothese was: 'Niet-economische motieven spelen een rol bij de aanschaf van zonnepanelen'. De gevonden waarde van zonnepanelen bij woningverkoop van € 7.456 is hoger dan de gevonden aanschafwaarde € 6.998. Omdat er een '*make versus buy option*' (Dastrup et al., 2012) bestaat, lijkt het er op dat er andere dan economische motieven spelen. Er kan immers een huis zonder zonnepanelen gekocht worden en deze er dan alsnog op aanbrengen voor een lager bedrag. Hoe kan het dat de prijs die voor zonnepanelen in de praktijk betaald wordt, toch nog fractioneel hoger is dan de aanschafwaarde? Redenen hiervoor kunnen zijn:

- o Risico: kopers kunnen een risico ervaren voor de aanleg, werkt alles straks wel, komen er geen onverwachte kosten bij, gaat er iets mis met de aanleg, is er kans op lekkages als er kabels door het dak moeten? Een goed functionerend systeem neemt dat risico voor kopers weg;
- o Tijdsbeslag van het zoeken en contracteren van juiste systemen en leveranciers;
- o Overlast tijdens aanleg van het systeem;
- o Onbaatzuchtigheid (zie paragraaf 2.3.4).

Om de hypothese te kunnen aanvaarden zal de nulhypothese verworpen moeten worden. Deze is 'Niet-economische motieven spelen geen rol bij de aanschaf van zonnepanelen.'

De aanschafprijs van een gemiddelde zonnepaneelinstallatie bedraagt € 6.998. Dit is 2,4% van de gecorrigeerde prijs voor een woning zonder zonnepanelen. Het betrouwbaarheidsinterval van zonnepanelen loopt van 1,66% tot 3,45%. De waarde van 2,4% ligt binnen dit interval. De nulhypothese kan dus niet worden verworpen.

CONCLUSIE 2

De hypothese: 'Niet-economische motieven spelen een rol bij de aanschaf van zonnepanelen' wordt niet geaccepteerd

5.2

De waarde van zonnepanelen bij woningverkoop

De regressieanalyse laat een prijseffect zien van 2,56%. Als dit effect wordt herrekend naar een bedrag levert dit een waarde op van € 7.456.

CONCLUSIE 3

De waarde van een gemiddelde installatie bij woningverkoop is voor een gemiddelde woning € 7.456

Aangezien de kosten van aanleg van een gemiddelde installatie een investering vergt van €6.998 leidt dit tot de 2e conclusie:

CONCLUSIE 4

Zonnepanelen behouden gemiddeld hun waarde bij woningverkoop.

5.3

Waardering van zonnepanelen bij verschillende type woningen

In Tabel 9 is te zien dat de premie per type woning niet significant afwijkt van het gemiddelde over alle woningen.

CONCLUSIE 5

Er is geen significant verschil in de premie op zonnepanelen voor rijtjeshuizen, hoekwoningen, vrijstaande woningen en twekapwoningen.

In totaal zitten er 494 nieuwbouwwoningen in de database. Hiervan hebben er 92 zonnepanelen. Net als bij de overige woningen zien we dat de gemiddelde verkoopprijs van woningen met panelen (€ 289.050) veel hoger ligt dan die zonder panelen (€202.267). Het prijseffect van de zonnepanelen is met 2,14% wel ongeveer in lijn met het prijseffect van bestaande bouw maar helaas zijn de verschillen niet significant.

CONCLUSIE 6

Er is slechts een klein en niet significant verschil in de premie op zonnepanelen voor nieuwbouw en bestaande woningen.

5.4

Regionale verschillen

Allereerst wordt naar verschillen tussen provincies gekeken. Over slechts vier van de 12 provincies levert het onderzoek een significante uitkomst op. De vier grote steden samen geven ook geen significante uitkomst. Over de regionale verschillen kan op basis van deze gegevens dan ook geen uitspraak gedaan worden.

CONCLUSIE 7

Het onderzoek levert geen significante verschillen op tussen provincies onderling en ook geen significante verschillen op tussen de vier grote steden en de rest van Nederland.

5.5

Verschillen door de tijd

Er zijn verschillen in premie op zonnepanelen te vinden over de jaren 2012 t/m 2014. Over 2015 ontbreekt significantie om uitspraken te kunnen doen over het effect in dat jaar. Over de drie opeenvolgende jaren mét een significante uitkomst is geen duidelijke tendens waarneembaar.

CONCLUSIE 8

Over de jaren 2012 t/m 2014 zijn significante prijseffecten gevonden. Over deze 3 jaren is geen duidelijke tendens waarneembaar.

Bibliography

- ABN AMRO.** (2016, november 2). Huis bezitten. Opgeroepen op november 2, 2016, van ABNAMRO: <https://www.abnamro.nl/nl/prive/hypotheken/wonen/huis-bezitten/met-zonnepanelen-is-uw-woning-meer-waard.html>
- Andreoni, J.** (1990, juni). Imoure altruism and donations to public goods: a theory of warm-glow giving. *The Economic Journal* , 464-477.
- Avedia.** (2016, april 12). kwh-prijs. Opgeroepen op april 12, 2016, van Energiesite.nl: <http://www.energiesite.nl/begrippen/kwh-prijs/>
- Belastingdienst.** (2016, oktober 19). Eigenaren van zonnepanelen. Opgeroepen op oktober 19, 2016, van Belastingdienst.nl: http://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/btw/hoe_werkt_de_btw/voor_wie_geldt_de_btw/eigenaren_van_zonnepanelen
- Dastrup, R., Graff Zivin, J., Costa, D., & Kahn, M.** (2012, februari 2012). Understanding the Solar Home price premium: Electricity generation and “Green” social status. *European Economic Review* , 961-973.
- De Graaf, M. & Bouazzaoui, H.** (2015). USP Energie Monitor Kwartaal 2 2015. Rotterdam: USP Marketing Consultancy.
- De Groene Courant.** (2015, augustus 13). zonne-energie. Opgeroepen op april 13, 2016, van Groenecourant.nl: <http://groenecourant.nl/zonne-energie/forse-toename-geregistreerde-huishoudens-met-zonnepanelen/>
- Fritts.** (2016, november 2). Zonnepanelen zijn een win-win voor je huis. Opgeroepen op november 2, 2016, van Fritts: <https://fritts.nl/zonnepanelen-zijn-een-win-win-voor-je-huis/>
- Harding, J., Sirmans, C., & Rosenthal, S.** (2007). Depreciation of housing capital, maintenance, and house price inflation: estimates from a repeat sales model. *Journal of Urban Economics* , 193-217.
- Hoën, B., Wiser, R., Adomatis, S., Jackson, T., Graff-Zivin, J. & Klise, G.** (2015). Selling into the sun. Lawrence Berkeley National Laboratory. Berkeley
- Hoën, B., & Wiser, R. C.** (2011). An Analysis of the Effects of Residential Photovoltaic Energy Systems on Home Sales Prices in California. Berkeley : Berkeley Lab.
- Kamp, H.** (2015, december 7). Rijksoverheid.nl. Opgeroepen op april 12, 2016, van Kamerstukken: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2015/12/07/kamerbrief-over-de-stimulering-van-hernieuwbare-energieproductie-in-2016>
- Lusht, K.** (2012). Real Estate Valuation Principles and Applications. State College: KML Publishing.
- Malpezzi, S.** (2003). Hedonic Pricing Models: a Selective and Applied Review. *Housing Economics and Public Policy: Essays in Honor of Duncan MacLennan* , 67-74.
- Netbeheer Nederland.** (2016, oktober 16). Aantal huishoudens met zonnepanelen. Opgeroepen op oktober 16, 2016, van Groene Courant: <http://groenecourant.nl/wp-content/uploads/2015/08/Aantal-huishoudens-met-zonnepanelen.pdf>
- Netbeheer Nederland.** (2016, oktober 16). Vermogen per gemeente. Opgeroepen op oktober 16, 2016, van De Groene Courant: <http://groenecourant.nl/wp-content/uploads/2015/08/Vermogen-per-Gemeente.pdf>
- Olson, M.** (1965). The logic of Collective Action. Londen: Harvard University Press.

- Planbureau voor de Leefomgeving.** (2015, januari 19). vraag en antwoord. Opgeroepen op april 12, 2016, van PBL.nl: <http://www.pbl.nl/vraag-en-antwoord/hoe-vaak-verhuizen-mensen-gemiddeld-gedurende-hun-leven>
- Raad voor de leefomgeving en Infrastructuur.** (2015). Rijk zonder CO2; naar een duurzame energievoorziening in 2050. Den Haag: Raad voor de leefomgeving en infrastructuur.
- Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland.** (2016, januari 1). MIA/VAMIL Brochure en milieulijst 2016. Opgeroepen op april 12, 2016, van Files: <http://www.rvo.nl/sites/default/files/Brochure%26Milieulijst%202016.pdf>
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.** (2016, januari 1). Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. Opgeroepen op april 12, 2016, van Energie Investeringsaftrek: <http://www.rvo.nl/sites/default/files/Energie%20Investeringsaftrek%20-%20Energielijst%202016.pdf>
- Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland.** (2016, januari 1). SDE. Opgeroepen op april 12, 2016, van Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland: <http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/sde/zon>
- Rosen, S.** (1974). Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. *Journal of political economy*, 1, 34-55.
- Rutte, M.** (2012, oktober 29). Documenten. Opgeroepen op april 12, 2016, van Rijksoverheid: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2012/10/29/regeerakkoord>
- Sekaran, U. & Bougie, R.** (2013). *Research Methods for Business*. Chichester, West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons.
- Stichting Monitoring Zonnestroom.** (2016, juli 6). Inventarisatie PV markt Nederland. Opgeroepen op oktober 16, 2016, van Zonnestroom.nl: http://www.zonnestroomnl.nl/wp-content/uploads/2016/07/SMZ_201602_inventarisatiemarkt.pdf
- Universiteit van Leiden.** (2016, oktober 24). Statistiek les 10. Opgeroepen op oktober 24, 2016, van Leiden Universiteit: www.let.leidenuniv.nl/history/RES/stat/html/les10.html
- Wilson, E.** (1952). *An Introduction to Scientific Research*. McGraw-Hill.
- Wissink, T.** (2013). *Home buyers appreciation of installed photovoltaic systems*. Eindhoven: TUE.

Bijlage 1: Stata do-file

```
** Afstudeeronderzoek Joost Moller
**binnenhalen database
use "C:\Users\Gebruiker\Documents\solar&NVM&EPC2 control2.dta", clear
**voorkomen dat je telkens op more moet drukken
set more off
**dataset schonen van appartementen
drop if objectsoort=="appartement"
drop if wotype3d==3
**dataset schonen van rare waarden
drop if huisnummer<1
drop if huisnummer>99999999
drop if prijs<=0
drop if perceel<=10
drop if perceel==9999
drop if perceel==99999
drop if perceel==999999
drop if perceel==9999999
drop if perceel==99999999
drop if m2<=0
drop if transactieprijs<=9999
drop if woonopp<=20
**dataset schonen van waarden buiten onderzoeksperiode
*drop if datum_afmelding<=d(31dec2011)
**dataset schonen van incomplete waarnemingen (geen transactieprijs)
drop if transactieprijs>999999999
**variabelen bewerken zodat er een regressie mee kan worden uitgevoerd
**Type Woning
gen TypeVrijstaand = 0
replace TypeVrijstaand=1 if wotype5d==1
gen TypeTweekap = 0
replace TypeTweekap =1 if wotype5d==2
gen TypeHoekwoning = 0
replace TypeHoekwoning =1 if wotype5d==3
gen TypeTussenwoning = 0
replace TypeTussenwoning =1 if wotype5d==4
**Bouwperiode
gen Bwper1500tot1905 = 0
replace Bwper1500tot1905=1 if bwper==1
gen Bwper1906tot1930 = 0
replace Bwper1906tot1930=1 if bwper==2
gen Bwper1931tot1944 = 0
replace Bwper1931tot1944=1 if bwper==3
gen Bwper1945tot1959 = 0
```

```

replace Bwper1945tot1959=1 if bwper==4
gen Bwper1960tot1970 = 0
replace Bwper1960tot1970=1 if bwper==5
gen Bwper1971tot1980 = 0
replace Bwper1971tot1980=1 if bwper==6
gen Bwper1981tot1990 = 0
replace Bwper1981tot1990=1 if bwper==7
gen Bwper1991tot2000 = 0
replace Bwper1991tot2000=1 if bwper==8
gen Bwper2001tot2015 = 0
replace Bwper2001tot2015=1 if bwper==9
**Onderhoud binnen
gen OnhBiUitst = 0
replace OnhBiUitst=1 if onbi==1
gen OnhBiUitstGoed = 0
replace OnhBiUitstGoed=1 if onbi==2
gen OnhBiGoed = 0
replace OnhBiGoed=1 if onbi==3
gen OnhBiGoedRed = 0
replace OnhBiGoedRed=1 if onbi==4
gen OnhBiRed = 0
replace OnhBiRed=1 if onbi==5
gen OnhBiRedMatig = 0
replace OnhBiRedMatig=1 if onbi==6
gen OnhBiMatig = 0
replace OnhBiMatig=1 if onbi==7
gen OnhBiMatigSlecht = 0
replace OnhBiMatigSlecht=1 if onbi==8
gen OnhBiSlecht = 0
replace OnhBiSlecht=1 if onbi==9
**Onderhoud buiten
gen OnhBuUitst = 0
replace OnhBuUitst=1 if onbu==1
gen OnhBuUitstGoed = 0
replace OnhBuUitstGoed=1 if onbu==2
gen OnhBuGoed = 0
replace OnhBuGoed=1 if onbu==3
gen OnhBuGoedRed = 0
replace OnhBuGoedRed=1 if onbu==4
gen OnhBuRed = 0
replace OnhBuRed=1 if onbu==5
gen OnhBuRedMatig = 0
replace OnhBuRedMatig=1 if onbu==6
gen OnhBuMatig = 0

```

```

replace OnhBuMatig=1 if onbu==7
gen OnhBuMatigSlecht = 0
replace OnhBuMatigSlecht=1 if onbu==8
gen OnhBuSlecht = 0
replace OnhBuSlecht=1 if onbu==9
**Tuinligging op zuiden (ZW, Z of ZO)
gen TuinOpZuid = 0
replace TuinOpZuid=1 if tuinlig==4
replace TuinOpZuid=1 if tuinlig==5
replace TuinOpZuid=1 if tuinlig==6
**Eigen Parkeerplaats
gen EigenParkeren = 1
replace EigenParkeren=0 if parkeer==0
**Transactieperiode
gen TransDatum2012Q1=0
replace TransDatum2012Q1=1 if datum_afmelding>=d(01jan2012) & datum_
afmelding<=d(31mar2012)
gen TransDatum2012Q2=0
replace TransDatum2012Q2=1 if datum_afmelding>=d(01apr2012) & datum_
afmelding<=d(30jun2012)
gen TransDatum2012Q3=0
replace TransDatum2012Q3=1 if datum_afmelding>=d(01jul2012) & datum_
afmelding<=d(30sep2012)
gen TransDatum2012Q4=0
replace TransDatum2012Q4=1 if datum_afmelding>=d(01oct2012) & datum_
afmelding<=d(31dec2012)
gen TransDatum2013Q1=0
replace TransDatum2013Q1=1 if datum_afmelding>=d(01jan2013) & datum_
afmelding<=d(31mar2013)
gen TransDatum2013Q2=0
replace TransDatum2013Q2=1 if datum_afmelding>=d(01apr2013) & datum_
afmelding<=d(30jun2013)
gen TransDatum2013Q3=0
replace TransDatum2013Q3=1 if datum_afmelding>=d(01jul2013) & datum_
afmelding<=d(30sep2013)
gen TransDatum2013Q4=0
replace TransDatum2013Q4=1 if datum_afmelding>=d(01oct2013) & datum_
afmelding<=d(31dec2013)
gen TransDatum2014Q1=0
replace TransDatum2014Q1=1 if datum_afmelding>=d(01jan2014) & datum_
afmelding<=d(31mar2014)
gen TransDatum2014Q2=0
replace TransDatum2014Q2=1 if datum_afmelding>=d(01apr2014) & datum_
afmelding<=d(30jun2014)

```

```

gen TransDatum2014Q3=0
replace TransDatum2014Q3=1 if datum_afmelding>=d(01jul2014) & datum_
afmelding<=d(30sep2014)
gen TransDatum2014Q4=0
replace TransDatum2014Q4=1 if datum_afmelding>=d(01oct2014) & datum_
afmelding<=d(31dec2014)
gen TransDatum2015Q1=0
replace TransDatum2015Q1=1 if datum_afmelding>=d(01jan2015) & datum_
afmelding<=d(31mar2015)
gen TransDatum2015Q2=0
replace TransDatum2015Q2=1 if datum_afmelding>=d(01apr2015) & datum_
afmelding<=d(30jun2015)
gen TransDatum2015Q3=0
replace TransDatum2015Q3=1 if datum_afmelding>=d(01jul2015) & datum_
afmelding<=d(30sep2015)
gen TransDatum2015Q4=0
replace TransDatum2015Q4=1 if datum_afmelding>=d(01oct2015) & datum_
afmelding<=d(31dec2015)
**data beschrijving
*describe
by solar, sort : summarize transactieprijs woonopp perceel EigenParkeren TuinOpZuid
summarize transactieprijs woonopp perceel EigenParkeren TuinOpZuid
by solar, sort : summarize Bwper1500tot1905 Bwper1906tot1930 Bwper1931tot1944
Bwper1945tot1959 Bwper1960tot1970 Bwper1971tot1980 Bwper1981tot1990
Bwper1991tot2000 Bwper2001tot2015
**Tabel type woning. Transactieprijs solar naar Type woning
*drop if TypeVrijstaand==0
*drop if TypeTweekap==0
*drop if TypeHoekwoning==0
*drop if TypeTussenwoning==0
*summarize transactieprijs
*by solar, sort : summarize transactieprijs
**Tabel Transacties per jaar met en zonder Solar
*drop if TransDatum2012Q1==1
*drop if TransDatum2012Q2==1
*drop if TransDatum2012Q3==1
*drop if TransDatum2012Q4==1
*drop if TransDatum2013Q1==1
*drop if TransDatum2013Q3==1
*drop if TransDatum2013Q4==1
*drop if TransDatum2014Q1==1
*drop if TransDatum2014Q2==1
*drop if TransDatum2014Q3==1
*drop if TransDatum2014Q4==1

```

```

*drop if TransDatum2015Q1==1
*drop if TransDatum2015Q2==1
*drop if TransDatum2015Q3==1
*drop if TransDatum2015Q4==1
*summarize solar
*summarize TransDatum2012Q1 TransDatum2012Q2 TransDatum2012Q3
TransDatum2012Q4 TransDatum2013Q1 TransDatum2013Q2 TransDatum2013Q3
TransDatum2013Q4 TransDatum2014Q1 TransDatum2014Q2 TransDatum2014Q3
TransDatum2014Q4 TransDatum2015Q1 TransDatum2015Q2 TransDatum2015Q3
TransDatum2015Q4
*summarize TypeVrijstaand TypeTweekap TypeHoekwoning TypeTussenwoning
*summarize Bwper1500tot1905 Bwper1906tot1930 Bwper1931tot1944
Bwper1945tot1959 Bwper1960tot1970 Bwper1971tot1980 Bwper1981tot1990
Bwper1991tot2000 Bwper2001tot2015
*summarize OnhBuUitst OnhBuUitstGoed OnhBuGoed OnhBuGoedRed OnhBuRed
OnhBuRedMatig OnhBuMatig OnhBuMatigSlecht OnhBuSlecht
*summarize OnhBiUitst OnhBiUitstGoed OnhBiGoed OnhBiGoedRed OnhBiRed
OnhBiRedMatig OnhBiMatig OnhBiMatigSlecht OnhBiSlecht

**Spatial dependence in regressie opnemen via gemeente
capture : drop idgem_*
forvalue i = 1/1996 {
quietly sum gemnr104 if gemnr104 == `i'
if r(N)>=1 {
gen idgem_`i'=0
replace idgem_`i' = 1 if gemnr104 == `i'
}
}

**Regressie in Euro
*regress transactieprijs woonopp perceel TransDatum2012Q1 TransDatum2012Q2
TransDatum2012Q3 TransDatum2012Q4 TransDatum2013Q1 TransDatum2013Q2
TransDatum2013Q3 TransDatum2013Q4 TransDatum2014Q1 TransDatum2014Q2
TransDatum2014Q3 TransDatum2014Q4 TransDatum2015Q1 TransDatum2015Q2
TransDatum2015Q3 TransDatum2015Q4 TypeVrijstaand TypeTweekap
TypeHoekwoning TypeTussenwoning EigenParkeren Bwper1500tot1905
Bwper1906tot1930 Bwper1931tot1944 Bwper1945tot1959 Bwper1960tot1970
Bwper1971tot1980 Bwper1981tot1990 Bwper1991tot2000 Bwper2001tot2015
TuinOpZuid OnhBuUitst OnhBuUitstGoed OnhBuGoed OnhBuGoedRed OnhBuRed
OnhBuRedMatig OnhBuMatig OnhBuMatigSlecht OnhBuSlecht OnhBiUitst
OnhBiUitstGoed OnhBiGoed OnhBiGoedRed OnhBiRed OnhBiRedMatig OnhBiMatig
OnhBiMatigSlecht OnhBiSlecht idgem_* solar
**Spelen met regressievariabelen
*drop if TransDatum2012Q1==1

```

*drop if TransDatum2012Q2==1
 *drop if TransDatum2012Q3==1
 *drop if TransDatum2012Q4==1
 *drop if TransDatum2013Q1==1
 *drop if TransDatum2013Q2==1
 *drop if TransDatum2013Q3==1
 *drop if TransDatum2013Q4==1
 *drop if TransDatum2014Q1==1
 *drop if TransDatum2014Q2==1
 *drop if TransDatum2014Q3==1
 *drop if TransDatum2014Q4==1
 *drop if TransDatum2015Q1==1
 *drop if TransDatum2015Q2==1
 *drop if TransDatum2015Q3==1
 *drop if TransDatum2015Q4==1
 *drop if TypeVrijstaand==1
 *drop if TypeTweekap==1
 *drop if TypeHoekwoning==1
 *drop if TypeTussenwoning==1
 *drop if Bwper1500tot1905
 *drop if Bwper1906tot1930
 *drop if Bwper1931tot1944
 *drop if Bwper1945tot1959
 *drop if Bwper1960tot1970
 *drop if Bwper1971tot1980
 *drop if Bwper1981tot1990
 *drop if Bwper1991tot2000
 *drop if Bwper2001tot2015
 *drop if TuinOpZuid==1
 *drop if TuinOpZuid==0
 *drop if OnhBuUitst
 *drop if OnhBuUitstGoed
 *drop if OnhBuGoed
 *drop if OnhBuGoedRed
 *drop if OnhBuRed
 *drop if OnhBuRedMatig
 *drop if OnhBuMatig
 *drop if OnhBuMatigSlecht
 *drop if OnhBuSlecht
 *drop if OnhBiUitst
 *drop if OnhBiUitstGoed
 *drop if OnhBiGoed
 *drop if OnhBiGoedRed
 *drop if OnhBiRed

```

*drop if OnhBiRedMatig
*drop if OnhBiMatig
*drop if OnhBiMatigSlecht
*drop if OnhBiSlecht

```

```

**Regressie in % prijseffect

```

```

set matsize 500

```

```

gen logtransactieprijs=log(transactieprijs)

```

```

regress logtransactieprijs woonopp perceel TransDatum2012Q1 TransDatum2012Q2
TransDatum2012Q3 TransDatum2012Q4 TransDatum2013Q1 TransDatum2013Q2
TransDatum2013Q3 TransDatum2013Q4 TransDatum2014Q1 TransDatum2014Q2
TransDatum2014Q3 TransDatum2014Q4 TransDatum2015Q1 TransDatum2015Q2
TransDatum2015Q3 TransDatum2015Q4 TypeVrijstaand TypeTweekap
TypeHoekwoning TypeTussenwoning EigenParkeren Bwper1500tot1905
Bwper1906tot1930 Bwper1931tot1944 Bwper1945tot1959 Bwper1960tot1970
Bwper1971tot1980 Bwper1981tot1990 Bwper1991tot2000 Bwper2001tot2015
TuinOpZuid OnhBuUitst OnhBuUitstGoed OnhBuGoed OnhBuGoedRed OnhBuRed
OnhBuRedMatig OnhBuMatig OnhBuMatigSlecht OnhBuSlecht OnhBiUitst
OnhBiUitstGoed OnhBiGoed OnhBiGoedRed OnhBiRed OnhBiRedMatig OnhBiMatig
OnhBiMatigSlecht OnhBiSlecht idgem_* solar

```