

Definitief rapport

Energie-efficiëntie van renovatiemaatregelen in Amsterdamse corporatiewoningen

Faidra Filippidou, Laure Itard, Nico Nieboer, Daša Majcen
23 december 2016

Energie-efficiëntie van renovatiemaatregelen in Amsterdamse corporatiewoningen

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van:

Rekenkamer Metropool Amsterdam

Auteurs:

Faidra Filippidou, Laure Itard, Nico Nieboer, Daša Majcen

23 december 2016

OTB – Onderzoek voor de gebouwde omgeving
Faculteit Bouwkunde, Technische Universiteit Delft
Julianalaan 134, 2628 BL Delft
Tel. (015) 278 30 05
E-mail: OTB-bk@tudelft.nl
<http://www.otb.bk.tudelft.nl>

© Copyright 2015 by OTB - Research for the Built Environment, Faculty of Architecture and the Built Environment, Delft University of Technology.

No part of this report may be reproduced in any form by print, photo print, microfilm or any other means, without written permission from the copyright holder.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Inleiding	6
2 Werkwijze	7
3 Inventarisatie van maatregelen die genomen zijn bij renovatie	8
3.1 Inleiding	8
3.2 Aantal gerenoveerde woningen	10
3.3 Labelverandering in de periode 2010-2014.....	11
3.4 Verandering in type ruimteverwarming	13
3.5 Verandering in type warm-tapwatersysteem	14
3.6 Verandering in ventilatiesysteem	15
3.7 Verandering in vloerisolatie	15
3.8 Verandering in dakisolatie	16
3.9 Verandering in gevelisolatie	16
3.10 Verandering in schilisolatie	17
3.11 Verandering in type glas	17
3.12 Aanbrengen van een zonneboiler.....	18
3.13 Aanbrengen van PV-cellen	18
3.14 Aantal maatregelen en combinaties per woning.....	18
3.15 Discussie.....	19
3.16 Conclusies.....	22
4 Inventarisatie gehele Amsterdamse corporatievoorraad	24
4.1 Inleiding	24
4.2 Verdeling pre-labels 2014	24
4.3 Ruimteverwarmingssystemen	25
4.4 Verwarmingssystemen voor warm-tapwater	25
4.5 Ventilatiesysteem	26
4.6 Vloerisolatie	26
4.7 Dakisolatie	26
4.8 Gevelisolatie.....	27
4.9 Schilisolatie	27
4.10 Type glas	28
4.11 Zonneboilers	28
4.12 Fotovoltaïsche cellen	29
4.13 Maatregelenpakketten per woning.....	29
4.14 Conclusies.....	30
5 Energiebesparing van verschillende energiebesparende maatregelen	32
5.1 Methodiek en beschrijving van de steekproef	32
5.2 Effect van labelverbetering op het gasverbruik	34
5.3 Effect van verbeterd ruimteverwarming- en warm-tapwater systeem op het gasverbruik	39
5.4 Effect van verandering van het ventilatiesysteem op het gasverbruik.....	41
5.5 Effect van verbeterde isolatie op het gasverbruik.....	43
5.6 Effect van verbeterde glisolatie op gasverbruik	45
5.7 Effect van het aantal genomen maatregelen op het gasverbruik.....	46
5.8 Conclusies.....	48

6	Energiegebruik in de niet-gerenoveerde deel van de corporatiewoningen.....	51
6.1	Beschrijving van de steekproef.....	51
6.2	Gasverbruik per pre-label.....	52
6.3	Gasverbruik per (combinaties van) woning karakteristieken	55
6.4	Verklarende factoren van het gasverbruik	58
6.5	Conclusies.....	61
7	Conclusies en aanbevelingen	62
	Literatuurverwijzingen.....	65
	Appendix A: Verandering in gevelisolatie: sub-categorieën	66
	Appendix B: Aantal maatregelen en combinaties daarvan in gerenoveerde woningen, per type woning.....	67
	Appendix C: Vaak voorkomende combinaties van eigenschappen in de gehele Amsterdamse corporatie-voorraad	70
	Appendix D: Paper summary	74
	Appendix E: Gasverbruiksdata in niet-gerenoveerde Amsterdamse corporatie- woningen.....	87
	Appendix F: regressieanalyses	91

Samenvatting

Naar aanleiding van het rapport *Amsterdams klimaatbeleid: effectiviteit van het subsidiëren van pre-labelstappen* van de Rekenkamer Metropool Amsterdam, heeft de gemeenteraad om een vervolgonderzoek gevraagd. De gemeenteraad wil graag meer informatie over welke specifieke, concrete maatregelen in een woning een sterk effect hebben op het energieverbruik om de vraag te beantwoorden of met het stimuleren van specifieke maatregelen meer effect op het energieverbruik gesorteerd kan worden dan met een generieke stimulering zoals bij de labelstappensubsidie.

In dit rapport is eerst onderzocht met behulp van de SHAERE-database van Aedes welke energiebesparende maatregelen zijn genomen in Amsterdamse corporatiewoningen die een beroep hebben gedaan op de subsidieregeling 'Bijzondere subsidieverordening verbetering energie-index 2011'. Tevens is de actuele staat van de Amsterdamse corporatie woningvoorraad onderzocht. Daarna is het verband tussen energiebesparende maatregelen en werkelijk gasverbruik onderzocht door de SHAERE-database te koppelen aan energieverbruiksdata van het CBS.

Er is gebleken dat de SHAERE-data voor Amsterdam maar een beperkt beeld geeft van de uitgevoerde renovaties. Data bleken vaak te ontbreken of niet actueel te zijn. Een betere representativiteit kon worden bereikt door in SHAERE alleen de woningen te selecteren die ook officieel aangemeld zijn bij RVO en met minimaal twee labelstappen zijn verbeterd. Dit heeft de omvang van de steekproef sterk gereduceerd.

Er is aangetoond dat iedere labelstapverbeteringen met minstens twee labels gemiddeld heeft geleid tot energiebesparing in de bestudeerde steekproef. Doordat de steekproef vrij klein is, kon het echter niet voor alle labelcategorieën en maatregelen gesteld worden dat deze energiebesparing ook geldt voor de gehele populatie van gerenoveerde corporatiewoningen in Amsterdam. De behaalde besparingen in de steekproef hebben geen duidelijke relatie met het aantal genomen labelstappen.

Er is vervolgens gebruik gemaakt van een studie, waarbij alle, volgens SHAERE, gerenoveerde corporatiewoningen in Nederland betrokken zijn. Doordat deze steekproef veel groter is, zijn de resultaten significanter. Nadeel is dat het niets zegt over de specifieke situatie in Amsterdam. Bij deze woningen werd een significante besparing op het gasverbruik gevonden bij alle labelstappen. De besparingen hebben ook een duidelijke relatie met het aantal labelstappen: hoe meer stappen hoe groter de besparing.

Ook is onderzocht hoe het aantal genomen maatregelen de energiebesparing beïnvloedt. Het nemen van 1 maatregel heeft in de Amsterdamse steekproef niet geleid tot energiebesparing. Bij 2 en 3 maatregelen is energiebesparing geconstateerd in de steekproef maar er kon niet bewezen worden dat deze energiebesparing ook geldt op het niveau van de totale populatie van gerenoveerde Amsterdamse woningen. Alleen bij 4 en 5 maatregelen was dit wel het geval. In de nationale SHAERE-database, bleek wel een duidelijk verband te bestaan tussen aantal genomen maatregelen en gasbesparing. Gemiddeld leidt, op nationaal niveau, het nemen van 1 maatregel tot 131 m³ besparing per woning, 2 maatregelen tot 188 m³, 3 tot 275 m³, 4 tot 354 m³, 5 tot 432 m³ en 6 tot 446 m³.

Bij het inzoomen op specifieke maatregelen zijn, in de Amsterdamse steekproef, significante gasbesparingen gevonden bij:

- Woningen waarbij de CR-ketel vervangen is door een HR107-ketel;
- Woningen waarbij de bad- of keuken geiser is vervangen door een HR-combi ketel;
- Woningen waarbij de mechanische afvoerventilatie is vervangen door natuurlijke ventilatie
- Woningen waarbij de dakisolatie is verbeterd van ongeïsoleerd naar goed geïsoleerd
- Woningen waarbij het glas is verbeterd van enkel glas naar HR+ of HR++ glas.

Doordat er ook andere maatregelen in deze woningen wellicht zijn genomen, is de besparing echter niet met zekerheid toe te wijzen aan de specifieke maatregel. Voor de efficiëntie van specifieke, enkelvoudige maatregelen is opnieuw gebruik gemaakt van de gerenoveerde woningen in de nationale SHAERE-database. De resultaten komen op het volgende neer:

- De grootste gasbesparing (218 m³/woning) wordt behaald door enkel glas te vervangen door driedubbel glas. De vervanging van enkel glas door HR++ glas en van dubbel glas naar driedubbelglas komen op de 5^{de} en 9^{de} plaats met respectievelijk 180 m³ en 143 m³ gasbesparing per woning.
- Op de tweede, derde en vierde plaats komen achtereenvolgens de vervanging van respectievelijk CR-combiketels door VR-combiketels (212 m³ besparing), de vervanging van CR-ketels met geiser door VR-combiketels (193 m³) en de vervanging van VR-combiketels door HR107-combiketels (184 m³).
- Op de 5^{de}, 7^{de} en 8^{ste} plaats komen de vervanging van CR-combiketels door HR107-combiketel (180 m³), de vervanging van een VR ketel met geiser door een HR107-ketel (178 m³) en de vervanging van HR100-ketels door HR107-ketels (166 m³). Met name het laatste is opmerkelijk en wijst erop dat het daadwerkelijk uitmaakt voor welke condenserende ketel er gekozen wordt.
- De 10^{de} plaats wordt ingenomen door de verbetering van een matig geïsoleerde schil naar een goed geïsoleerde schil (143m³ per woning).

Daarnaast levert 1 labelstap 139 m³ gasbesparing per jaar, 2 labelstappen 166 m³, 3 labelstappen leveren 276 m³ besparing, 4 stappen 355, 5 stappen 432 en 6 stappen 446 m³.

Ook is een steekproef van niet-gerenoveerde woningen bestudeerd. De meeste Amsterdamse corporatiewoningen hebben, anno 2014 en volgens de SHAERE-database, een pre-label C of D en bijna 30% van de woningen heeft een label E of slechter. Het merendeel van de woningen heeft natuurlijke ventilatie met of zonder mechanische afvoer, een HR107-ketel voor ruimteverwarming en warmtapwater en is weinig geïsoleerd, met uitzondering van de ramen die meestal van dubbelglas zijn. 902 woningen hebben een zonneboiler en 522 fotovoltaïsche cellen.

Het bestuderen van het energiegebruik in woningen met verschillende karakteristieken heeft duidelijk gemaakt, dat de energielabel een goede voorspeller is van het gasverbruik, evenals de leeftijd van de woning en de woningtype. Woningen met een HR107-ketel gebruiken significant minder gas dan woningen met een VR-ketel, net zoals woningen met isolerend glas minder gas verbruiken dan woningen met enkel glas. Woningen waarbij de schil matig is geïsoleerd zijn ook energiezuiniger dan woningen die ongeïsoleerd zijn. Het ventilatiesysteem lijkt niet zoveel ertoe te doen. De bevonden resultaten zijn in lijn met de bevindingen in de steekproef van gerenoveerde woningen.

In alle analyses is geconstateerd dat het verschil tussen het werkelijke en het theoretisch, modelmatig berekende energieverbruik volgens de energielabelmethodiek, het kleinst is bij energiezuinige woningen. Bij de energie-onzuinige woningen is de modelmatige voorspelling gemiddeld 30% te hoog. Door deze discrepantie worden energiebesparingen in de labelmethodiek bijna systematisch overschat.

De hoofdvraag in dit onderzoek was of sturen op maatregelen tot meer energiebesparing zou kunnen leiden dan sturen op labelstappen. De meeste Amsterdamse corporatiewoningen zijn ongeïsoleerd, hebben dubbel glas en een HR107-ketel. Er is in ons onderzoek aangetoond dat door een ongeïsoleerde schil goed te isoleren ongeveer 143 m³ gas per woning per jaar bespaard kan worden. De energiebesparing bij vervanging van dubbel glas door HR++ of 3-dubbelglas is erg afhankelijk van de kwaliteit van de dubbel glas en de besparingen kunnen variëren van 21 tot 80 m³ (en zelfs tot 143 m³ bij oude dubbelglas).

Het lijkt kortom moeilijk te zeggen welke maatregel de prioriteit moet hebben, want de gasbesparing is sterk afhankelijk van de specifieke karakteristieken van de woning voor renovatie. Het gebruik van energielabels om energierenovaties aan te sturen lijkt dus een nuttig uitgangspunt omdat het de benodigde vrijheid geeft om per project de geschikte maatregelen te kiezen en omdat het aantal opgelegde labelstappen op nationaal niveau een duidelijk verband heeft met de mate van energiebesparing (in Amsterdam is echter dat verband niet gevonden). Het lijkt daarom niet waarschijnlijk dat het stimuleren van specifieke maatregelen meer effect op het energiegebruik zal hebben dan een generieke stimulering zoals de labelstappensubsidie.

1 Inleiding

Naar aanleiding van het rapport *Amsterdams klimaatbeleid: effectiviteit van het subsidiëren van pre-labelstappen* van de Rekenkamer Metropool Amsterdam, deels gebaseerd op twee rapporten van het OTB, heeft de gemeenteraad om een vervolgonderzoek gevraagd. De gemeenteraad wil graag meer informatie over welke specifieke, concrete maatregelen in een woning een sterk effect hebben op het energieverbruik. Deze informatie is volgens de gemeenteraad bruikbaar voor het College bij het uitwerken van maatregelen voor energiebesparing in de bestaande woonvoorraad, maar ook bij het maken van nieuwe afspraken met de woningcorporaties en voor huurders die zelf duurzame maatregelen willen nemen in hun woning. Op grond van deze overwegingen heeft de gemeenteraad de Rekenkamer gevraagd om een onderzoek naar welk effect concrete maatregelen in woningen hebben op het energieverbruik. De overwegingen van de gemeenteraad impliceren dat het stimuleren van specifieke (concrete) maatregelen wél een sterk effect zou kunnen hebben op het energieverbruik in een woning, waar dit bij een generieke stimulering zoals de labelstappensubsidie veel minder het geval zou kunnen zijn. De algemene onderzoeksvraag luidt:

Kan met het stimuleren van specifieke maatregelen meer effect op het energieverbruik gesorteerd worden dan met een generieke stimulering zoals dat bij de labelstappensubsidie het geval was?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden heeft de Rekenkamer Metropool Amsterdam het OTB gevraagd de werkelijke energie-efficiëntie van verschillende renovatiemaatregelen in de Amsterdamse sociale huursector te onderzoeken en te vergelijken met de te verwachten energiebesparing.

In hoofdstuk 2 wordt de werkwijze van het onderzoek toegelicht. Het onderzoek is in 3 delen opgesplitst. Deel 1 gaat over de genomen energiebesparende maatregelen en de actuele staat van de Amsterdamse corporatiewoningen. Dit deel omvat de hoofdstukken 3 en 4. Deel 2 gaat over het verband tussen energiebesparende maatregelen en werkelijk energiegebruik en omvat de hoofdstukken 5 en 6. Deel 3 betreft een casestudie waarbij gedetailleerd onderzoek naar vier gerenoveerde woningcomplexen wordt uitgevoerd. Deel 3 valt buiten dit onderzoek en wordt door de Rekenkamer zelf uitgevoerd. Hoofdstuk 7 bevat de algemene conclusies van het onderzoek.

2 Werkwijze

Dit onderzoek omvat een inventarisatie van energiebesparende maatregelen in Amsterdamse corporatiewoningen en een onderzoek naar de effectiviteit van genomen energiebesparende maatregelen om energiebesparing daadwerkelijk te bereiken.

Het doel van de inventarisatie is om een beeld te verkrijgen van de mate waarin bepaalde energiebesparende maatregelen zijn getroffen. Hiervoor is als startpunt een bestand door de Rekenkamer Metropool Amsterdam aangeleverd, met energielabeldata en adressen van corporatiewoningen waarvoor in de periode 2011-2014 een subsidie is aangevraagd bij de gemeente Amsterdam in het kader van de subsidieregeling 'Bijzondere subsidieverordening verbetering energie-index 2011'. Dit bestand is gematcht met de SHAERE-database, aangevuld met data van woningcorporaties die geen gebruik maken van SHAERE. Niet alle corporaties melden hun woningen aan in SHAERE, maar de corporaties gebruiken wel dezelfde onderliggende software pakket (Vabi Assets) om hun eigen database te creëren, waardoor het samenvoegen van SHAERE en eigen databases van corporaties mogelijk is geweest. Het betreft de woningcorporaties Eigen Haard en De Alliantie. Alle relevante Amsterdamse woningcorporaties hebben toestemming gegeven voor het gebruik van hun data uit SHAERE of uit Vabi Assets.

De SHAERE-database (een database samengesteld uit de afzonderlijke databases van iedere corporatie, gebruik makend van de energielabelingssoftware Vabi Assets) is eigendom van Aedes en omvat per woning alle karakteristieken die nodig zijn om de energielabel te berekenen. Het omvat ook de Energie-Index en de pre-label. De term 'energielabel' gebruiken wij voor labels die centraal geregistreerd zijn bij de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). De in de SHAERE-database opgenomen labels zijn niet noodzakelijk geregistreerd bij RVO, omdat de woningcorporaties ze daar niet altijd aanmelden (de verplichting is om dat maar 1 keer per 10 jaar te doen). Voor de duidelijkheid worden de labels uit de SHAERE-database 'pre-labels' genoemd.

In hoofdstuk 3 worden genomen energiebesparende maatregelen in gerenoveerde woningen geanalyseerd, terwijl de analyse zich in hoofdstuk 4 richt op de energie-gerelateerde karakteristieken van alle Amsterdamse corporatiewoningen.

De verwachte energiebesparing voortkomend uit een energiebesparende maatregel wordt voorspeld op basis van dezelfde rekenmodellen als die gebruikt worden om de energielabel van een woning te bepalen. Deze rekenmodellen resulteren in een 'theoretisch' energiegebruik van een woning. In het verleden is al aangetoond dat dit theoretische energiegebruik sterk kan afwijken van het werkelijke energiegebruik (Majcen et al, 2013a; Majcen et al, 2013b, Majcen & Itard, 2014). Het zou echter kunnen zijn dat absolute waarden niet goed voorspeld worden, maar de relatieve waarden (zoals energiebesparing) wel. In deel 2 (hoofdstukken 5 en 6) wordt daarom onderzocht of de theoretische energiebesparing ook sterk afwijkt van de werkelijk bereikte energiebesparing. Ook wordt onderzocht hoe groot de werkelijke energiebesparing van de meest voorkomende maatregelen is. Om dit te doen is een koppeling gemaakt tussen de SHAERE-database en de Energiegebruikdatabase van CBS. Deze database omvat op adresniveau het werkelijk gas- en elektriciteitsverbruik per jaar van (bijna) alle Nederlandse woningen. Door het energiegebruik voor en na renovatie te vergelijken kan achterhaald worden hoe effectief verschillende energiebesparende maatregelen zijn.

3 Inventarisatie van maatregelen die genomen zijn bij renovatie

3.1 Inleiding

De inventarisatie richt zich op de soort maatregelen die bij gesubsidieerde renovaties in woningen is aangetroffen. Het gaat om circa 5.000 woningen in de periode 2011 – 2014, de adressen daarvan zijn aangeleverd door de Rekenkamer¹. Voor deze woningen wordt door vergelijking van de technische kenmerken zoals opgenomen in de verschillende jaargangen van de SHAERE-database² bepaald welke maatregelen zijn getroffen. Subsidieverlening kon alleen twee keer per jaar verkregen worden (1 februari en 1 augustus) indien de nieuwe energielabel officieel bij RVO was geregistreerd binnen de 6 voorafgaande maanden. Er is in SHAERE nagegaan, op basis van veranderingen in pre-labels, welk jaar gebruikt moest worden voor de karakteristieken voor en na renovatie.

Als voorbeeld nemen wij een renovatie waarvoor subsidie is aangevraagd in de periode 2013-2 (1 augustus 2013). Volgens de subsidieregeling moet een nieuwe label officieel zijn afgemeld in de 6 maanden voorafgaand, dus tussen 1 februari en 31 juli 2013. De woning zal dus een nieuwe pre-label hebben gekregen in 2013. Voor de pre-label voor renovatie kan dan gebruikt gemaakt worden van de data uit 2012. Echter, tot ongeveer 2013, werden niet alle woningen ieder jaar in SHAERE geregistreerd omdat de database in aanbouw was. Het kan dus zijn dat de woning voor de laatste keer een pre-label heeft gekregen in 2011 of zelfs in 2010. In dit geval nemen wij de meest recent gevonden pre-label in de periode 2010-2012. Voor het jaar na renovatie, kan 2013 gebruikt worden, maar ook 2014. Er is gekozen om –voor zover het aanwezig was- 2014 te kiezen om met de laatste bekende stand van de woning rekening te houden. De keuze voor de te hanteren jaren wordt in tabel 1 weergegeven.

Beperkingen van het onderzoek:

- Het kan gebeuren dat een woning in twee keer is gerenoveerd gedurende de subsidieperiode. Bijvoorbeeld voor een woning die aangemeld is in de periode 2014-1 kan het zijn dat een deel van de renovatie plaats heeft gevonden in 2011 en dat de corporatie in 2012 een nieuwe (tussen) pre-label in SHAERE heeft ingevoerd, alvorens de renovatie af te ronden en de definitieve pre-label in 2014-1 in SHAERE aan te melden. In dat geval nemen wij, overeenkomstig tabel 1, alleen de stand van de laatste deel van de renovatie waar.
- Renovaties kunnen in SHAERE alleen gedetecteerd worden als het adres voor en na renovatie identiek is (er is wel gecorrigeerd voor kleine verschillen in het adresbestand zoals het wel of niet gebruiken van spaties, kleine en hoofdletters, Romeinse of Arabische cijfers). Dit betekent dat omvangrijke renovaties, waarbij de woningen hernummerd zijn, niet meegenomen konden worden in dit onderzoek.

¹ Excel-bestand 'Gerenoveerde woningen 2011-2014 t.b.v. TU Delft SR150513v2'

² Bij 'SHAERE-database' wordt in het vervolg bedoeld: de SHAERE-database aangevuld met de eigen database van De Alliantie in hoofdstuk 3 en de databases van De Alliantie en Eigen Haard in hoofdstuk 4 (Eigen Haard heeft alleen data voor 2014).

Tabel 1: Keuze voor de jaren voor en na renovatie voor de SHAERE-database.

Aanmelding voor subsidieverlening	Jaar voor renovatie	Jaar na renovatie
2011-2	2010	2014 (als niet aanwezig 2013, als niet aanwezig 2012, als niet aanwezig 2011)
2012-1	2010	2014 (als niet aanwezig 2013, als niet aanwezig 2012)
2012-2	2011 (als prelabel 2011 niet aanwezig wordt 2010 genomen)	2014 (als niet aanwezig 2013, als niet aanwezig 2012)
2013-1	2011 (als niet aanwezig wordt 2010 genomen)	2014 (als niet aanwezig 2013)
2013-2	2012 (als niet aanwezig 2011, als niet aanwezig 2010)	2014 (als niet aanwezig 2013)
2014-1	2012 (als niet aanwezig 2011, als niet aanwezig 2010)	2014
2014-2	2013 (als niet aanwezig 2012, als niet aanwezig 2011, als niet aanwezig 2010)	2014

Betreffende de installaties worden dezelfde categorieën gebruikt als in de EPA-methodiek. Er is een verschil gemaakt tussen installaties voor ruimteverwarming en installaties voor warm tapwater. Voor de isolatiemaatregelen zijn categorieën van warmteweerstanden per bouwdeel (gevel, dak en vloer) opgezet die aansluiten bij de categorieën die gehanteerd zijn de ISSO publicatie 82.1 (tabel p.83). Deze publicatie gaat over de methode voor energielabeling. Voor de Rc-waarden (Vloer/Dak/Gevel/) worden de klassen beschreven in tabellen 2a, 2b en 2c.

Tabel 2a: Categorieën voor de Rc-waarden van vloeren

Ongeïsoleerd ($R_c \leq 0,32$)
Matig geïsoleerd ($0,32 < R_c \leq 0,65$)
Geïsoleerd ($0,65 < R_c \leq 2$)
Goed geïsoleerd ($2 < R_c \leq 3,5$)
Extra geïsoleerd ($R_c > 3,5$)

Tabel 2b: Categorieën voor de Rc-waarden van daken

Ongeïsoleerd ($R_c \leq 0,39$)
Matig geïsoleerd ($0,39 < R_c \leq 0,72$)
Geïsoleerd ($0,72 < R_c \leq 0,89$)
Goed geïsoleerd ($0,89 < R_c \leq 4$)
Extra geïsoleerd ($R_c > 4$)

Tabel 2c: Categorieën voor de Rc-waarden van gevels

Ongeïsoleerd ($R_c \leq 1,36$)
Matig geïsoleerd ($1,36 < R_c \leq 2,86$)
Geïsoleerd ($2,86 < R_c \leq 3,86$)
Goed geïsoleerd ($3,86 < R_c \leq 5,36$)
Extra geïsoleerd ($R_c > 5,36$)

Voor de ramen is gebruik gemaakt van U-waarde categorieën corresponderend tot enkelglas, dubbelglas, HR glas, HR⁺ en HR⁺⁺ glas.

Tabel 3: Categorieën voor de U-waarden glas

Enkel glas ($U \geq 4,20$)
Dubbelglas ($2,85 \leq U < 4,20$)
HR+ glas ($1,95 \leq U < 2,85$)
HR++ glas ($1,75 \leq U < 1,95$)
Driedubbel isolatieglas ($U < 1,75$)

Ook is geïnventariseerd welke maatregelen-pakketten voorkomen (inclusief enkelvoudige maatregelen) en met welke frequentie. Dit is belangrijk om in fase 2 te kunnen vaststellen of bepaalde maatregelenpakketten energie-efficiënter zijn dan andere.

Het onderzoek omvat de resultaten voor de gehele periode 2010-2014 voor de woningen waarvoor een subsidie is aangevraagd tussen 1 augustus 2011 en 1 augustus 2014.

3.2 Aantal gerenoveerde woningen

De analyse is gebaseerd op een lijst met gerenoveerde woningen aangeleverd door de Rekenkamer Metropool Amsterdam. Deze lijst is gebaseerd op de woningen waarvoor een subsidie is aangevraagd in het kader van de 'Bijzondere subsidieverordening verbetering energie-index 2011' (Raadbesluit 288/1245). Het gaat om 9009 woningen in de periode 2011-2014. De verdeling daarvan over de corporaties wordt gegeven in Tabel 1.

Tabel 4: Verdeling van de gerenoveerde woningen 2010-2014 op basis van de subsidieregeling

Woningcorporatie	Frequentie	Percentage
DE ALLIANTIE	533	5,9
DE KEY	1918	21,3
EIGEN HAARD	1544	17,1
ROCHDALE	1403	15,6
STADGENOOT	2134	23,7
YMERE	1477	16,4
Totaal	9009	100,0

Deze 9009 woningen zijn in de SHAERE-database geselecteerd. Voor de eigenschappen vóór en na renovatie is, afhankelijk van de periode van subsidieverlening, gekozen voor de jaren zoals aangegeven in tabel 1. De woningen van corporatie Eigen Haard zijn niet meegenomen in dit deel van het onderzoek, omdat er alleen data voor 2014 beschikbaar waren en renovaties dus niet gevolgd konden worden, waardoor van de genoemde 9009 woningen 7465 over bleven. De uiteindelijke steekproef is iets kleiner, namelijk 7003 woningen (zie tabel 5), omdat een aantal adressen in SHAERE ontbrak en omdat in een aantal gevallen dezelfde woning meerdere keren voorkwam met exact dezelfde variabelen. In het laatste geval is alleen één case bewaard.

Tabel 5: Verdeling van de gerenoveerde woningen na matching met SHAERE

Woningcorporatie	Frequentie	Percentage
DE ALLIANTIE	533	7,3
DE KEY	1882	25,8
ROCHDALE	1371	18,8
STADGENOOT	2051	28,1
YMERE	1470	20,1
Total	7307	100

Voor deze 7307 woningen waren ook niet voor alle cases alle data beschikbaar. Bijvoorbeeld de label kan aanwezig zijn, maar niet het verwarmingssysteem. De statistiek wordt per onderdeel weergegeven in de volgende paragrafen. De totale steekproef in hoofdstuk 3 omvat dus 7307 woningen.

3.3 Labelverandering in de periode 2010-2014

Tabel 6 geeft weer hoe de pre-labels veranderd zijn in de periode 2010-2014. Het aantal woningen met een pre-label is 4475, wat betekent dat de labels van 2832 woningen, dus 38.8%, zijn 'afgemeld' bij de Gemeente Amsterdam maar niet –of incompleet- zijn bijgehouden in SHAERE. Opvallend is dat, volgens de data in SHAERE, van de 4475 woningen 1447 (32,3%) geen labelverandering hebben ondergaan en 148 een verslechtering hebben ondergaan (3,3%).

De subsidie werd verkregen onder de voorwaarde van een verbetering van tenminste 2 labelstappen. Uit tabel 6 is af te leiden, dat slechts 2585 woningen (57.8%) met 2 labelstappen of meer verbeterd zijn. 295 woningen (6,6%) hebben 1 labelstap gemaakt (volgens de data in SHAERE).

Tabel 6: Verandering van pre-label voor en na renovatie (grijs gearceerd: verbetering)

		Voor renovatie							Aantal verbeteringen :	totaal
		A	B	C	D	E	F	G		
Na renovatie	A	3	1	49	26	2	137	14	229	232
	B	0	41	22	290	155	360	160	987	1028
	C	0	20	568	50	215	148	112	525	1113
	D	0	0	116	322	150	656	68	874	1312
	E	0	0	0	8	296	61	193	254	558
	F	0	0	0	2	0	144	11	11	157
	G	0	0	0	0	0	2	73	-	75
	totaal	3	62	755	698	818	1508	631	2880	4475

Voor deze woningen is ook gekeken naar de verdeling naar type woning. 26.2% betreft rijwoningen, 22.6% galerijwoningen en 50.9% portiekwoningen. Er zijn ook 12 maisonnettes gevonden. Tabellen 6a t/m 6d geven de verdeling van de labels per woningtype voor en na renovatie. Er zijn opvallende verschillen tussen de woningtypes.

Van de rijwoningen hebben 9,9% een verslechtering ondergaan, 41,8% zijn gelijk gebleven, 4,1% zijn verbeterd met 1 labelstap en 44,2% zijn verbeterd met minimaal 2 labelstappen.

Voor de galerijwoningen zijn deze percentages: 0,5% verslechtering; 23,3% gelijk; 3,1% verbeterd met 1 labelstap en 73,1% met minimaal 2 labelstappen.

Voor de portiekwoningen: 1,1% verslechtering; 31,5% gelijk; 9,3% 1 labelstap, 57,9% minimaal 2 labelstappen.

Tabel 6a: Rijwoningen (grijs gearceerd: verbetering)

Voor renovatie										
Na renovatie		A	B	C	D	E	F	G	Aantal verbeteringen:	totaal
	A	3	0	3	0	0	0	0	3	6
	B	0	1	1	19	33	56	3	112	113
	C	0	0	469	25	77	40	3	145	614
	D	0	0	114	2	18	193	38	249	365
	E	0	0	0	2	11	2	52	54	67
	F	0	0	0	0	0	1	2	2	3
	G	0	0	0	0	0	0	3	-	3
	totaal	3	1	587	48	139	292	101	565	1171

Tabel 6b: Galerijwoningen (grijs gearceerd: verbetering)

Voor renovatie										
Na renovatie		A	B	C	D	E	F	G	Aantal verbeteringen:	totaal
	A	0	0	36	2	0	0	0	38	38
	B	0	16	3	177	61	182	49	472	488
	C	0	0	1	2	41	22	27	92	93
	D	0	0	1	59	22	121	10	153	213
	E	0	0	0	3	100	4	13	17	120
	F	0	0	0	1	0	48	0	0	49
	G	0	0	0	0	0	0	12	-	12
	totaal	0	16	41	244	224	377	111	772	1013

Tabel 6c: Portiekwoningen (grijs gearceerd: verbetering)

Voor renovatie										
Na renovatie		A	B	C	D	E	F	G	Aantal verbeteringen:	totaal
	A	0	1	10	24	2	137	14	188	188
	B	0	24	18	93	61	122	108	422	426
	C	0	20	98	23	96	86	82	287	405
	D	0	0	1	260	108	339	20	467	728
	E	0	0	0	3	185	55	126	181	369
	F	0	0	0	1	0	94	8	8	103
	G	0	0	0	0	0	2	58	-	60
	totaal	0	45	127	404	452	835	416	1553	2279

Tabel 6d: Maisonnettes (grijs gearceerd: verbetering)

		Voor renovatie							Aantal verbeteringen:	totaal	
Na renovatie		A	B	C	D	E	F	G			
	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
	C	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
	D	0	0	0	1	2	3	0	0	5	6
	E	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2
	F	0	0	0	0	0	1	1	0	1	2
	G	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
	totaal	0	0	0	2	3	4	3	10	12	

3.4 Verandering in type ruimteverwarming

Tabel 7: Verandering in type ruimteverwarming (grijs gearceerd: verbetering)

		Voor renovatie										to-taal
Na renovatie		Lokaal gas/olie	Lokaal elektrisch	CR-ketel	VR-ketel	HR100-ketel	HR104-ketel	HR107-ketel	Warmtepomp	Externe WL	WKK	
	Lokaal gas/olie	93	0	1	7	0	2	8	0	0	0	111
	Lokaal elektrisch	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	CR-ketel	0	0	189	0	0	0	0	0	0	0	189
	VR-ketel	0	0	6	194	0	2	28	2	0	0	232
	HR100-ketel	0	0	0	2	5	0	0	0	0	0	7
	HR104-ketel	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
	HR107-ketel	623	0	719	743	8	25	1656	4	0	0	3778
	Warmtepomp	0	0	1	0	2	0	0	1	0	0	4
	Externe warmtelevering	0	0	0	49	3	0	85	0	12	0	149
	WKK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
totaal	716	1	916	995	18	33	1777	7	12	0	4475	

Het totaal aantal woningen waarin het ruimteverwarmingssysteem opgegeven is voor en na renovatie is 4475. Dit zijn niet noodzakelijk dezelfde woningen als de 4475 waarvoor de pre-labels voor en na bekend waren. Dit geldt voor alle komende paragrafen.

Het lijkt dat hier ook bij de meeste woningen (2155 cases, 48,2%) het verwarmingsysteem is onveranderd gebleven. In 2181 cases is het verwarmingssysteem verbeterd. Als er een verandering heeft plaatsgevonden zijn de meeste systemen veranderd door een HR107-ketel (2122 cases, 47,4%). 3 ketels zijn veranderd door een warmtepomp, 6 warmtepompen door een ketel. Interessant is ook dat 149 ketels veranderd zijn door stadsverwarming. Omgekeerd is geen stadsverwarming veranderd in een andere optie.

Ook opvallend is dat 18 ketels zijn veranderd door een lokale gaskachel en 30 HR-ketels door VR-ketels. Dit is mogelijk, maar waarschijnlijker gaat het hier om een administratieve correctie.

3.5 Verandering in type warm-tapwatersysteem

Bij de meeste woningen (2180 cases, 48,7%) is het warm-tapwatersysteem onveranderd gebleven. Als er een verandering heeft plaatsgevonden zijn de meeste systemen veranderd door een HR107-ketel (2094 cases, 46,8%). 137 ketels (3,1%) zijn veranderd door stadsverwarming (externe warmtelevering). In 2233 woningen is het warm tapwatersysteem verbeterd.

Tabel 8: Verandering in type warm-tapwatersysteem (grijs gearceerd: verbetering)

		Voor renovatie									
		Bad of keuken- geiser	Gas boiler	Elec- trische boiler	Combi tap/vat CR	Combi tap/vat VR	Combi tap/vat HR	Externe warmte- levering	Warmte- pomp- boiler	Coll./ micro- WKK	To- taal
Na renovatie	Bad of keuken- geiser	176	0	0	0	7	6	0	0	0	189
	Gasboiler	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Electrische boiler	3	0	139	0	0	1	0	0	0	143
	Combitap /vat CR	0	0	0	74	0	0	0	0	0	74
	Combitap /vat VR	0	5	0	5	93	31	2	0	0	136
	Combitap /vat HR	1425	154	46	13	456	1686	3	1	0	3784
	Externe warmtele- vering	0	0	85	0	49	3	12	0	0	149
	Warmte- pomp boi- ler	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Collectief of micro- WKK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Totaal	1604	159	270	92	605	1727	17	1	0	4475

3.6 Verandering in ventilatiesysteem

Ook hier zijn de meeste systemen onveranderd gebleven (63,5%). Opvallend is dat in 1181 woningen de natuurlijke ventilatie is veranderd naar mechanische afvoerventilatie (26,4%), terwijl slechts 3 woningen een systeem met mechanische aan- en afvoer (balansventilatie) hebben gekregen. Van de ventilatiesystemen met mechanische afvoer zijn 88 (2,0%) veranderd door een systeem met mechanische aan- en afvoer (balansventilatie).

Tabel 9: verandering in ventilatiesysteem³

		Voor renovatie				
Na renovatie		Natuurlijk	Mechanische afvoer	Mechanische aan- en afvoer, centraal	Mechanische aan- en afvoer, decentraal	Totaal
	Natuurlijk	1973	363	0	0	2336
	Mechanische afvoer	1181	857	0	0	2038
	Mechanische aan- en afvoer, centraal	1	88	10	0	99
	Mechanische aan- en afvoer, decentraal	2	0	0	0	2
	Totaal	3157	1308	10	0	4475

3.7 Verandering in vloerisolatie

Tabel 10 laat de verandering in vloerisolatie van de onderzochte woningen zien. Het aantal woningen met informatie daarover is veel kleiner dan in de voorgaande tabellen: 1600. Dit komt omdat in de programmatuur alleen informatie over de bouwdelen ingevoerd kan worden die aan de buitenkant van het gebouw grenzen en veel meergezinswoningen immers geen eigen begane-grondvloer hebben.

Tabel 10: Verandering in vloerisolatie (grijs gearceerd: verbetering)

		Voor renovatie					
Na renovatie		Ongeïsoleerd	Matig geïsoleerd	Geïsoleerd	Goed geïsoleerd	Extra geïsoleerd	Totaal
	Ongeïsoleerd	1171	2	2	0	0	1175
	Matig geïsoleerd	11	81	1	0	0	93
	Geïsoleerd	85	0	34	10	0	129
	Goed geïsoleerd	92	61	41	3	0	197
	Extra geïsoleerd	6	0	0	0	0	6
	Totaal	1365	144	78	13	0	1600

Bij 296 van de genoemde 1600 woningen (18,5%) is de isolatie verbeterd.

³ Het plaatsen van een mechanische ventilatie leidt niet per definitie tot energiebesparing omdat het elektriciteitsverbruik dan toeneemt vanwege de bijhorende ventilator. Alleen bij systemen met mechanische aan- en afvoer wordt energiebesparing verwacht omdat deze systemen warmteterugwinning toepassen.

3.8 Verandering in dakisolatie

Tabel 11 laat de verandering in vloerisolatie van de onderzochte woningen zien. Het aantal woningen met informatie is evenals bij de vloerisolatie betrekkelijk klein, omdat niet elke woning immers een eigen dak heeft.

Tabel 11: Verandering in dakisolatie (grijs gearceerd: verbetering)

		Voor renovatie					Totaal
		Ongeïsoleerd	Matig geïsoleerd	Geïsoleerd	Goed geïsoleerd	Extra geïsoleerd	
Na renovatie	Ongeïsoleerd	657	2	2	367	0	1028
	Matig geïsoleerd	3	6	0	12	0	21
	Geïsoleerd	6	0	50	0	0	56
	Goed geïsoleerd	229	105	45	439	0	818
	Extra geïsoleerd	4	0	0	21	0	25
	Totaal	899	113	97	839	0	1948

Bij 413 woningen is dakisolatie aangebracht (21.2% van 1948 woningen).

3.9 Verandering in gevelisolatie

Data over gevelisolatie voor en na renovatie zijn aanwezig voor 4465 woningen. Gevelisolatie is bij 854 woningen geplaatst (19,1%), waardoor de woningen in het algemeen van ongeïsoleerd naar matig geïsoleerd zijn gegaan. Dit wijst op de vervanging van gevelpanelen en kleine onderdelen, zoals bij onderhoud gebeurt. Om te testen of meer kleine verbeteringen worden doorgevoerd is de categorie 'ongeïsoleerd' verdeeld in drie gelijk verdeelde subcategorieën, zie appendix A. In 321 woningen is binnen deze categorie de isolatie verbeterd. Het betreft dusdanig kleine verbeteringen dat de gevel na renovatie nog steeds in de categorie ongeïsoleerd valt.

Tabel 12: Verandering in gevelisolatie (grijs gearceerd: verbetering)

		Voor renovatie					Totaal
		Ongeïsoleerd	Matig geïsoleerd	Geïsoleerd	Goed geïsoleerd	Extra geïsoleerd	
Na renovatie	Ongeïsoleerd	3476	13	0	9	0	3498
	Matig geïsoleerd	846	109	0	0	0	955
	Geïsoleerd	8	0	0	0	0	8
	Goed geïsoleerd	0	0	0	4	0	4
	Extra geïsoleerd	0	0	0	0	0	0
	Totaal	4330	122	0	13	0	4465

3.10 Verandering in schilisolatie

Om een globaal inzicht te verkrijgen zijn ook alle Rc-waarden van dak, vloer en gevel geaggregeerd tot een gemiddelde Rc-waarde, gewogen naar de oppervlakte van de verschillende componenten. Dezelfde categorieën als voor de gevels zijn gebruikt.

De berekeningen konden voor 4689 woningen uitgevoerd worden. Van deze woningen is bij slechts 201 woningen de isolatie gemiddeld toegenomen (4,3%). Dit is minder dan in de vorige paragrafen, omdat kleine veranderingen niet meer zichtbaar zijn wanneer er gemiddeld wordt over het gehele schiloppervlak. Concluderend kan men in ieder geval vaststellen dat er weinig vergaande isolatiemaatregelen genomen worden. Kanttekening daarbij is dat renovaties waarbij het huisnummer veranderd is, niet meegenomen worden.

Tabel 13: verandering in gemiddelde schilisolatie (grijs gearceerd: verbetering)

		Voor renovatie					
		Ongeïsoleerd	Matig geïsoleerd	Geïsoleerd	Goed geïsoleerd	Extra geïsoleerd	Totaal
Na renovatie	Ongeïsoleerd	4470	5	0	0	0	4475
	Matig geïsoleerd	196	13	0	0	0	209
	Geïsoleerd	5	0	0	0	0	5
	Goed geïsoleerd	0	0	0	0	0	0
	Extra geïsoleerd	0	0	0	0	0	0
	Totaal	4671	18	0	0	0	4689

3.11 Verandering in type glas

De glisolatie is in 1573 woningen verbeterd, dat is 35,3% van 4460 woningen. Opvallend is dat enkelglas is meestal vervangen door HR+ of HR++, terwijl dubbelglas ook regelmatig is vervangen door 3-dubbel isolatieglas.

Tabel 13: Verandering van type glas (grijs gearceerd: verbetering)

		Voor renovatie					
		Enkel glas	Gewoon dubbelglas/ isolatieglas	HR+ glas	HR++ glas	3-dubbel isolatieglas	Totaal
Na renovatie	Enkel glas	173	10	0	0	0	183
	Gewoon dubbelglas/ isolatieglas	16	2536	5	1	0	2558
	HR+ glas	163	500	110	0	0	773
	HR++ glas	421	319	4	52	0	796
	3-dubbel isolatieglas	0	150	0	0	0	150
	Totaal	773	3515	119	53	0	4460

3.12 Aanbrengen van een zonneboiler

Bij 17 woningen is een collectief zonneboiler aangebracht. Er is 1 woning gevonden die voor renovatie al een collectief zonneboiler had. Deze 18 zonneboilers worden gebruikt voor warm tapwater (geen combinatie met ruimteverwarming).

3.13 Aanbrengen van PV-cellen

In totaal hebben 207 woningen PV-cellen gekregen. 6 woningen hadden al voor renovatie PV-cellen (totaal PV-cellen is 213). Van deze PV-cellen zijn 153 monokristallijn, 58 multikristallijn en 2 amorf (flexibel PV).

3.14 Aantal maatregelen en combinaties per woning

In deze paragraaf wordt gekeken naar het aantal maatregelen dat genomen is per woning en hoe deze maatregelen gecombineerd zijn. Er zijn maximaal 7 maatregelen mogelijk (ruimteverwarming, warmtapwater, ventilatie, vervanging glas, isolatie dak, isolatie vloer en isolatie gevel). Wanneer wij de woningen nemen waar volgens SHAERE minstens 1 maatregel genomen is (3250, rechter kolom in tabel 14), is de verdeling tussen 1 tot 5 maatregelen vrij vlak. Bij 20% van de woningen zijn de maatregelen voor of na renovatie (of beiden) niet bekend en bij liefst 35,5% van de woningen zijn geen maatregelen genomen.

Tabel 14: Aantal maatregelen genomen per woning

Aantal maatregelen	Frequentie	Percentage	% t.o.v. woningen met minimaal 1 maatregel
Niet ingevuld	1459	20,0	
0	2598	35,5	-
1	559	7,7	17,2
2	786	10,8	24,2
3	695	9,5	21,4
4	535	7,3	16,5
5	584	8,0	18,0
6	91	1,2	2,8
Totaal	7307	100	100 (3250)

In Appendix B, tabellen B.1 t/m B.4 worden, voor de woningen waarvoor de maatregelen ingevuld zijn voor en na renovatie, de frequenties weergegeven per type woning.

In rijwoningen is duidelijk vaker (t.o.v. het totaal in alle woningen) een enkele maatregel (33,6%) genomen en minder vaak 3 maatregelen. In galerij woningen zijn juist vaak (46,5%) 3 maatregelen genomen en in portiekwoningen 2 maatregelen (32,2%).

In tabel 15 worden de meest voorkomende combinaties aangegeven. Deze combinaties zijn niet exclusief. De meest voorkomende combinatie is om tegelijkertijd glas en verwarming te veranderen: laag hangend fruit. In Appendix B, tabellen B.5 t/m B.8 wordt de verdeling per type woning gegeven.

Tabel 15: Combinaties van maatregelen

Maatregelenpakketten met verandering in tenminste:	Frequentie	Percentage
verwarmingsinstallatie en beglazing	1161	15,9
verwarmingsinstallatie en gevelisolatie	651	8,9
verwarmingsinstallatie en dakisolatie	374	5,1
verwarmingsinstallatie en vloerisolatie	203	2,8
verwarmingsinstallatie, beglazing en gevelisolatie	476	6,5
verwarmingsinstallatie, beglazing en gevel- en dakisolatie	111	1,5
verwarmingsinstallatie, beglazing en gevel-, dak- en vloerisolatie	0	0,0
gevel- en dakisolatie	200	2,7
gevel- en vloerisolatie	91	1,2
Totaal	3267	44,7 (7307)

3.15 Discussie

In dit hoofdstuk is, op basis van de pre-labels in SHAERE, geanalyseerd in hoeveel corporatiewoningen renovaties hebben plaats gevonden en welke maatregelen zijn genomen.

Bij de gemaakte analyse dient rekening gehouden met twee beperkingen. Ten eerste blijkt uit een gesprek met de opdrachtgever dat in sommige gevallen de corporaties subsidie hebben aangevraagd voor een woning die gerenoveerd is van (bijvoorbeeld) F naar C, maar tussentijds een label D heeft gekregen (als tussenmeting). In de analyse hebben wij daar geen rekening mee gehouden (zie methode in tabel 1) en hebben wij dus aangenomen dat de woning gerenoveerd is van D naar C.

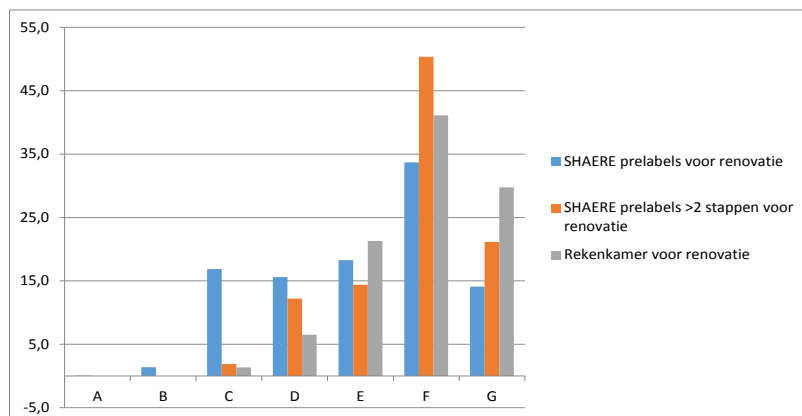
Ten tweede was het uitgangspunt aan het begin van deze studie dat SHAERE een betrouwbaar beeld geeft van de actuele staat van de woningen. Om de subsidie te krijgen moest er een officieel label aanwezig zijn na de renovatie. Voor de label voor renovatie was een pre-label genoeg. De verwachting was dus dat bijna alle gerenoveerde woningen in de SHAERE-database gevonden konden worden. Er bleek echter in paragraaf 3.3 dat alleen 61% van de woningen te traceren was. Dit kan te wijten zijn aan het feit dat de database geleidelijk is aangevuld vanaf 2010 en dus incompleet is. Blijkbaar zijn pre-labels bij de corporaties bijgehouden, die niet in SHAERE zijn ingevoegd. Anderzijds is het ook zo dat woningen waarvan het adres veranderd is voor en na de renovatie niet traceerbaar zijn. Het betreft echter, naar schatting van de corporaties, een klein aantal woningen (~25).

Bij de woningen die de subsidie hebben gekregen (en dus verbeterd zijn met minimaal 2 labelstappen) en in SHAERE te vinden zijn, blijkt alleen 58% volgens SHAERE een verbetering met 2 labelstappen of meer te hebben ondergaan.

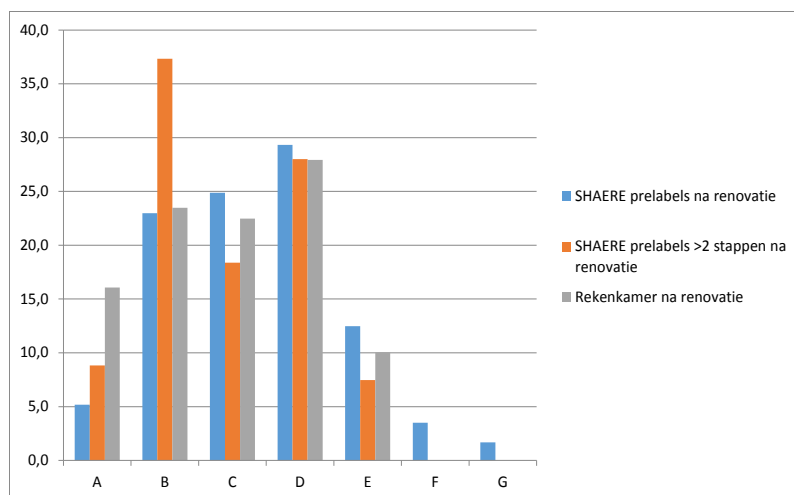
Om meer inzicht te krijgen in de representativiteit van SHAERE is een vergelijking gemaakt van de verdeling van de pre-labels vóór en na renovatie in verschillende steekproeven. Eerst is een vergelijking gemaakt van de verdeling van de pre-labels vóór (zie figuur 1) en na (zie figuur 2) renovatie in:

- De steekproef van tabel 6 (n=4475): alle woningen uit de steekproef van 7307 die een pre-label voor en na renovatie hebben. Dat is de steekproef die gebruikt is in hoofdstuk 3.
- De steekproef van tabel 6, gereduceerd tot de woningen die minimaal 2 labelstappen hebben ondergaan (n=2585)

- c) De steekproef van de Rekenkamer (Excel-bestand "Analyse afwijkingen declaraties labelstap-
pen 2011-2013.xls", tabblad 'Declaratiebestand nieuw') met energielabel, minus de woningen
van Eigen Haard en minus de woningen die dubbel in het bestand zitten (n=4137)



Figuur 1: Verdeling van de pre-labels vóór renovatie in 3 verschillende steekproeven van woningen die een subsidieaanvraag hebben ingediend bij de gemeente Amsterdam (blauw: n=4475; oranje: n=2585; grijs: n=4137)



Figuur 2: Verdeling van de pre-labels na renovatie in 3 verschillende steekproeven van woningen die een subsidieaanvraag hebben ingediend bij de gemeente Amsterdam (blauw: n=4475; oranje: n=2585; grijs: n=4137)

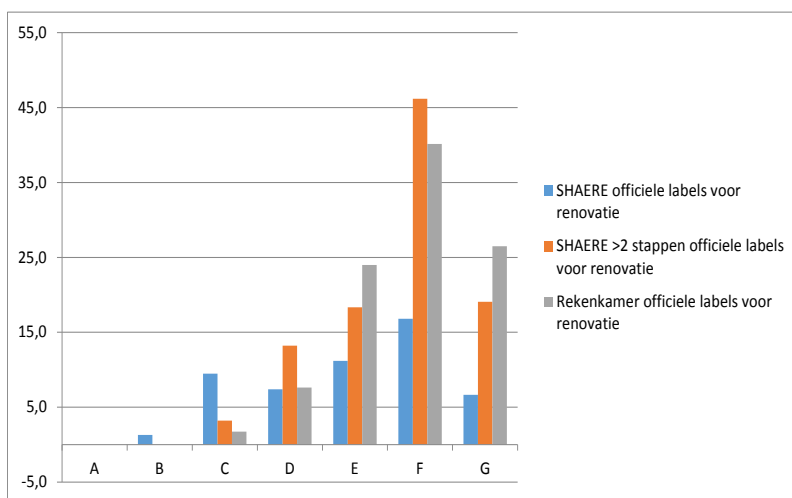
Duidelijk is dat de pre-labels in SHAERE (blauw) vóór de renovatie geen goed beeld geven van de labelverdeling in de rekenkamer steekproef. De representativiteit na renovatie is duidelijk veel beter, behalve bij de extreme labels (A, F en G). Dit kan te maken hebben met het feit dat de SHAERE-database steeds beter wordt bijgehouden.

Als in SHAERE alleen de woningen genomen worden waarvoor 2 labelstappen zijn gemaakt (oranje), dan is de representativiteit vóór en na renovatie duidelijk beter, zij het niet perfect. Vóór renovatie zijn de labels D en F oververtegenwoordigd, en labels E en F ondervertegenwoordigd. Na renovatie is label B duidelijk oververtegenwoordigd, in tegenstelling tot label A.

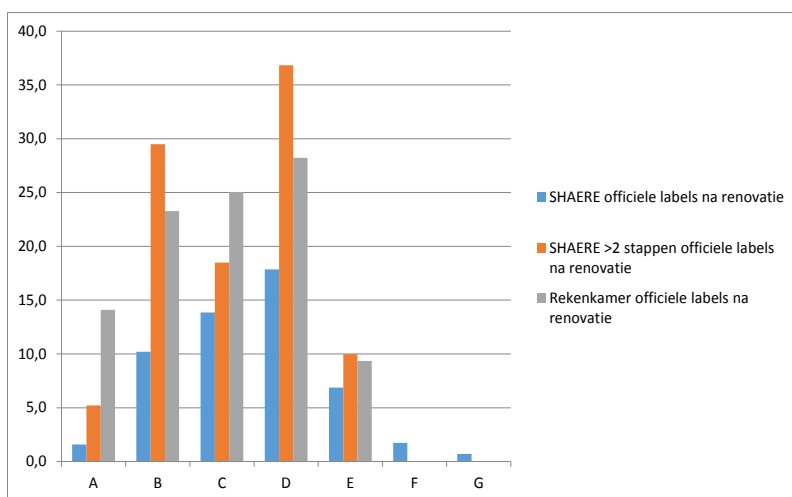
Daarnaast is onderzocht of de representativiteit beter is wanneer men alleen de woningen neemt die ook officieel geregistreerd zijn in de RVO database. Daarvoor is geen gebruik gemaakt van het certificaatnummer in de SHAERE-database, maar van een Excel-bestand, aangeleverd door de Rekenkamer ("Analyse afwijkingen declaraties labelstappen 2011-2013.xls"), waarin het tabblad 'RVO selectie' aan-

geeft welke woningen daadwerkelijk terug te vinden zijn in de RVO database⁴. Het ging om een totaal van 3206 woningen. De steekproeven in figuren 3 en 4 zijn dus:

- De steekproef van tabel 6 (n=4475) waarin de woningen die niet in het tabblad 'RVO selectie' aanwezig zijn, zijn geëlimineerd. De totale steekproef is dan 2365. Dit zijn dus alleen de woningen die een officieel label hebben gekregen.
- De steekproef van tabel 6, gereduceerd tot de woningen die minimaal 2 labelstappen hebben ondergaan en een officieel label hebben gekregen (aanwezig in het tabblad RVO selectie, n=1363).
- De steekproef van de Rekenkamer, gereduceerd tot de woningen die een officieel label hebben gekregen (aanwezig in het tabblad RVO selectie, n=3206).



Figuur 3: Verdeling labels **vóór renovatie** in 3 verschillende steekproef van woningen die een **officieel label** hebben gekregen en een subsidieaanvraag hebben ingediend bij de gemeente Amsterdam (blauw: n=2365; oranje: n=1363; grijs: n=3206)



Figuur 4: Verdeling labels **na renovatie** in 3 verschillende steekproef van woningen die een **officieel label** hebben gekregen en een subsidieaanvraag hebben ingediend bij de gemeente Amsterdam (blauw: n=2365; oranje: n=1363; grijs: n=3206).

⁴ Dat sommige woningen die subsidie hebben gekregen niet aanwezig zijn in de RVO-database betekent niet noodzakelijk dat ze geen certificaat hebben gekregen, want er kunnen ook problemen zijn in de RVO-database.

Vergelijking met Figuur 1 toont dat, vóór renovatie, de representativiteit van de SHAERE-steekproef met minimaal 2 labelstappen (oranje) licht verbetert wanneer alleen de officiële labels meegeteld worden. Na renovatie is de representativiteit licht verbeterd, maar er zijn steeds problemen: oververtegenwoordiging van labels B en E, ondervertegenwoordiging bij A en C. Labels E, F en G zijn correct.

Duidelijk is dus dat in de vervolgstudie, waar werkelijk energiegebruik gekoppeld zal worden aan het SHAERE-bestand, het beter is om de SHAERE-steekproef te beperken tot de woningen die minimaal twee labelstappen hebben ondergaan. De keuze tussen pre-labels of alleen officieel afgemelde labels is niet evident, beide databases hebben blijkbaar hun zwaktes. Omdat de officieel afgemelde labels toch net representatiever lijken, wordt voorgesteld om die te gebruiken.

Voor deel 2 van het onderzoek (vanaf hoofdstuk 5) zal dus gebruik gemaakt worden van de woningen die een officieel geregistreerde label hebben en minimaal twee labelstappen hebben ondergaan.

3.16 Conclusies

In dit hoofdstuk is met behulp van de SHAERE-database onderzocht welke energiebesparende maatregelen zijn genomen in Amsterdamse corporatiewoningen waarvoor subsidie is aangevraagd bij de gemeente in het kader van de subsidieregeling 'Bijzondere subsidieverordening verbetering energie-index 2011'. Om subsidie te krijgen moesten minimaal twee labelstappen gemaakt worden en moest de label na renovatie officieel zijn aangemeld bij RVO.

In de SHAERE-database hebben alleen 39% van de woningen een label na renovatie, en van deze hadden alleen 58% twee labelstappen of meer gemaakt. Bij 32 % van de woningen is geen labelverandering gemeld. Omdat nadere interviews van corporaties door de Rekenkamer Amsterdam en de resultaten van hoofdstuk 5 erop wijzen dat de renovaties daadwerkelijk zijn uitgevoerd, zet dit belangrijke kanttekeningen over de betrouwbaarheid van de SHAERE-database. Ook zijn veel incomplete datasets gevonden: het komt bijvoorbeeld voor, dat de label wel is ingevuld, maar het verwarmingssysteem niet.

Er zijn duidelijke verschillen gevonden tussen woningtypes: bij rijwoningen zijn 44% verbeterd met minimaal 2 labelstappen, bij portiekwoningen en maisonnettes is dit 58% en bij galerijwoningen 73%. Van de woningen met minimaal 1 labelstap zijn 26% rijwoningen, 23% galerijwoningen en 51% portiekwoningen.

Betreffende de ruimteverwarmingssysteem blijkt uit de SHAERE data dat 48% geen verandering heeft ondergaan. In 47% van de woningen is een niet-efficiënt verwarmingssysteem vervangen door een HR107-ketel. Slechts drie ketels zijn vervangen door een warmtepomp en 149 ketels zijn vervangen door stadsverwarming. Voor warm-tapwatersystemen is het beeld vergelijkbaar.

In 26% van de woningen is natuurlijke ventilatie vervangen door mechanische afvoerventilatie. Balansventilatie wordt nauwelijks gebruikt.

Wat isolatie betreft blijkt in 18% van de woningen met een begane-grondvloer de vloerisolatie te zijn verbeterd. In 21% van de woningen die een dak hebben, is de dakisolatie verbeterd. Gevelisolatie is in 19% van de gevallen aangebracht. Deze cijfers zijn verkregen op basis van de gangbare isolatiecategorien in normen. Deze verdeling bleek echter de praktijk niet goed te dekken: er worden veel kleine isolatie-ingrepen gedaan, waardoor de isolatie verbetert, maar de isolatiecategorie niet verandert. Door deze categorieën te verfijnen bleek dat 26,3% van de gevels wel enigszins is geïsoleerd.

Het type glas is in 35% van de woningen verbeterd, waarbij het glas meestal is vervangen door HR+ of HR++ glas en soms ook door driedubbel isolatieglas.

207 woningen hebben PV-cellen gekregen en 17 woningen een zonneboiler voor warm tapwater.

Van de volgens de gemeente Amsterdam gerenoveerde woningen is volgens SHAERE bij 17% één maatregel genomen, bij 24% twee maatregelen en bij 59% meer dan twee maatregelen. De vaakst voorkomende combinatie van maatregelen is die van vervanging van de verwarmingsinstallatie met vervanging van de beglazing.

Door het grote aantal woningen waarvoor SHAERE aangeeft dat geen labelverbetering is opgetreden of geen energetische maatregelen zijn genomen, is de onzekerheidsmarge rond de bovengenoemde cijfers groot en lijkt het waarschijnlijk dat die een pessimistisch beeld geven van de werkelijkheid. Aan de andere kant is uit een recente studie (Nieman, 2015) gebleken dat de labels voor renovatie ook vaak niet juist zijn vastgesteld (te laag), leidend tot een te optimistisch beeld van uitgevoerde renovaties.

Een vergelijking van de SHAERE-labeldata met de data uit de gemeente Amsterdam heeft uiteindelijk uitgewezen dat een betere representativiteit bereikt kan worden door in SHAERE alleen de woningen te selecteren, die volgens SHAERE ook officieel aangemeld zijn bij RVO en met minimaal twee labelstappen zijn verbeterd.

4 Inventarisatie gehele Amsterdamse corporatievoorraad

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is uitgezocht in welke mate bepaalde installatie- en isolatiecategorieën voorkomen in de Amsterdamse woningcorporatievoorraad. Dezelfde categorieën zijn gebruikt als in hoofdstuk 3. Hier is ook gekeken in hoeverre bepaalde maatregelen enkelvoudig genomen worden of gegroepeerd worden in bepaalde pakketten. Voor dit deel is gebruik gemaakt van alle woningen die in 2014 in SHAERE voorkomen en zijn de woningeigenschappen gebruikt die bij de in 2014 afgemelde pre-label van een woning horen. Alle woningen die vermoedelijk tussen 2009 en 2014 een renovatie hebben ondergaan zijn verwijderd. Om dit te doen zijn eerst de woningen op de subsidielijst van de gemeente Amsterdam verwijderd. Dan zijn alle woningen verwijderd waarin in SHAERE een verandering in Energie-index zichtbaar was in de jaren (vanaf 2010) voor de laatste Energie-Index. In het algemeen is dat jaar 2014, maar soms ook 2013 of 2012 indien de registratie over 2014 onvolledig is. Vervolgens zijn alle woningen met een onrealistische vloeroppervlakte ($<15 \text{ m}^2$ en $>700 \text{ m}^2$) verwijderd. Daarnaast zijn alle cases verwijderd waarin de status 'Nieuw' is gerapporteerd en waarin tegelijkertijd de parameters die in de Vabi-software een standaardwaarde hebben op de standaardwaarde waren gebleven (deze standaard waarden zijn een VR-ketel voor ruimteverwarming, 50 m^2 vloeroppervlakte, bouwjaar 1980, enkel glas en rijwoningtussen als woningtype). De combinatie van deze factoren wijst erop dat de woning niet realistisch is ingevoerd. Waarschijnlijk is een begin gemaakt met de invoer, maar deze was niet klaar ten tijde van de export naar SHAERE. De steekproef omvat alle woningen met een 4-cijferige postcode tussen 1000 en 1108. Het gaat uiteindelijk om 173.597 woningen.

4.2 Verdeling pre-labels 2014

Tabel 16 laat zien dat de meeste woningen een pre-label C of D hebben en dat bijna 30% van de woningen een label E of slechter heeft.

Tabel 16: verdeling van de pre-labels in 2014

	Frequentie	Percentage
A (A+, A++)	4712	2,7
B	23922	13,8
C	47323	27,3
D	38259	22,0
E	27542	15,9
F	16844	9,7
G	7162	4,1
Totaal	165764	95,5
Geen opgave	7833	4,5
Totaal	173597	100,0

4.3 Ruimteverwarmingssystemen

Ongeveer 69% van de woningen heeft een HR-ketel, meer dan 6% heeft een lokaal verwarmingssysteem (kachel), ongeveer 18% heeft een niet condenserende ketel en 5,6% van de woningen zijn aangesloten op stadsverwarming. Het aandeel warmtepompen is laag, namelijk 1,4%.

Tabel 17: Verdeling van de ruimteverwarmingssystemen in 2014

	Frequentie	Percentage
Lokaal gas/olie	10840	6,2
Lokaal elektrisch	26	0,0
CR-ketel	5236	3,0
VR-ketel	26549	15,3
HR100-ketel	6717	3,9
HR104-ketel	2613	1,5
HR107-ketel	109248	62,9
Warmtepomp	2489	1,4
Externe warmtelevering	9674	5,6
WKK	205	0,1
Totaal	173597	100,0

4.4 Verwarmingssystemen voor warm-tapwater

Zoals aangegeven in tabel 18, is het aantal hoog rendement combitapketels hoog: ongeveer 67%, wat ongeveer overeenkomt met het percentage HR-ketels voor ruimteverwarming in tabel 17. Het aantal systemen voor externe warmtelevering (stadsverwarming) is ook bijna identiek aan dat van tabel 17: bij aansluiting op stadsverwarming wordt er de voorkeur aan gegeven om ruimteverwarming en tapwater gezamenlijk aan te sluiten.

Tabel 18: verdeling van de warm-tapwater systemen in 2014

	Frequentie	Percentage
Bad of keukengeiser	18735	10,8
Gasboiler	1812	1,0
Electrische boiler(>20L)	3403	2,0
Combitap of combivat CR	3237	1,9
Combitap of combivat VR	20666	11,9
Combitap of combivat HR	115972	66,8
Externe warmtelevering	9698	5,6
Warmtepomp boiler	74	0,0
Totaal	173597	100,0

4.5 Ventilatiesysteem

Natuurlijke ventilatie is nog steeds de meest voorkomende wijze van ventileren (48,7%), samen met natuurlijke ventilatie met mechanische afvoer (49,5%). Balansventilatie (mechanisch af-en afvoer, centraal) wordt weinig toegepast (1,7%).

Tabel 19: verdeling van de ventilatiesystemen in 2014

	Frequentie	Percentage
Natuurlijk	84511	48,7
Mechanische afvoer	85876	49,5
Mechanische aan- en afvoer, centraal	3002	1,7
Mechanische aan- en afvoer, decentraal	208	0,1
Totaal	173597	100,0

4.6 Vloerisolatie

Voor de isolatiemaatregelen voor vloer en dak ontbreken de data veelal. Het is waarschijnlijk, dat dit komt omdat de steekproef veel appartementen omvat. In appartementen die niet op de begane grond of direct onder het dak liggen, grenzen daken en vloeren niet aan buitenlucht of grond en hoeven niet ingevoerd te worden in de energielabelsoftware. Het grootste percentage van de woningen valt in de categorie 'Ongeïsoleerd'.

Tabel 20: verdeling van vloerisolatie in 2014

	Frequentie	Percentage	
	Ongeïsoleerd ($R_c \leq 0,32$)	40933	23,6
	Matig geïsoleerd ($0,32 < R_c \leq 0,65$)	5119	2,9
	Geïsoleerd ($0,65 < R_c \leq 2$)	13055	7,5
	Goed geïsoleerd ($2 < R_c \leq 3,5$)	7836	4,5
	Extra geïsoleerd ($R_c > 3,50$)	819	0,5
	Totaal	67762	39,0
Geen opgave	105835	61,0	
Total	173597	100	

4.7 Dakisolatie

Bij dakisolatie valt op dat 13% van de daken ongeïsoleerd zijn, maar ook dat meer dan 20% zeer goed geïsoleerd zijn.

Tabel 21: verdeling van dakisolatie in 2014

	Frequentie	Percentage
Ongeïsoleerd ($R_c \leq 0,39$)	22746	13,1
Matig geïsoleerd ($0,39 < R_c \leq 0,72$)	1431	0,8
Geïsoleerd ($0,72 < R_c \leq 0,89$)	2493	1,4
Goed geïsoleerd ($0,89 < R_c \leq 4$)	36098	20,8
Extra geïsoleerd ($R_c > 4$)	466	0,3
Totaal	63234	36,4
Geen opgave	110363	63,6
Totaal	173597	100

4.8 Gevelisolatie

Uit tabel 22 kan geconcludeerd worden dat bij de meeste woningen (62,7%) geen of weinig isolatie is geplaatst.

Tabel 22: verdeling van gevelisolatie in 2014

	Frequentie	Percentage
Ongeïsoleerd ($R_c \leq 1,36$)	108868	62,7
Matig geïsoleerd ($1,36 < R_c \leq 2,86$)	51336	29,6
Geïsoleerd ($2,86 < R_c \leq 3,86$)	2992	1,7
Goed geïsoleerd ($3,86 < R_c \leq 5,36$)	909	0,5
Extra geïsoleerd ($R_c > 5,36$)	78	0,0
Totaal	164183	94,6
Geen opgave	9414	5,4
Totaal	173597	100

4.9 Schilisolatie

Om een globaal inzicht te verkrijgen zijn ook alle R_c -waarden van dak, vloer en gevel geaggregeerd tot een gemiddelde R_c -waarde, afhankelijk van de oppervlakte van de componenten. Dezelfde categorieën als voor de gevels zijn gebruikt. Hieruit blijkt weer dat het grootste deel van de woningen (meer dan 85%) ongeïsoleerd is. Een kanttekening daarbij is dat met de gebruikte categorieën klein-

schalige isolatiemaatregelen (bv alleen borstwering of vlierisolatie) niet zichtbaar zijn. Zij hebben dan ook weinig invloed op de thermische kwaliteit van de schil.

Tabel 23: Verdeling van de schilisolatie in 2014

	Frequentie	Percentage
Ongeïsoleerd ($R_c \leq 1,36$)	148220	85,4
Matig geïsoleerd ($1,36 < R_c \leq 2,86$)	15808	9,1
Geïsoleerd ($2,86 < R_c \leq 3,86$)	512	0,3
Goed geïsoleerd ($3,86 < R_c \leq 5,36$)	380	0,2
Extra geïsoleerd ($R_c > 5,36$)	7	0,0
Totaal	164927	95,0
Geen opgave	8670	5,0
Totaal	173597	100

4.10 Type glas

De meeste woningen hebben dubbelglas (59,2%), slechts 3,2% van de woningen heeft enkelglas. Driedubbel isolatieglas heeft een belangrijk aandeel: 16,9%.

Tabel 24: Verdeling van het type glas in 2014

	Frequentie	Percentage
Enkelglas ($U \geq 4,20$)	5628	3,2
Dubbelglas ($2,85 \leq U < 4,20$)	102819	59,2
HR+ glas ($1,95 \leq U < 2,85$)	11064	6,4
HR++ glas ($1,75 \leq U < 1,95$)	11198	6,5
Driedubbel isolatieglas ($U < 1,75$)	29319	16,9
Totaal	160028	92,2
Geen opgave	13569	7,8
Totaal	173597	100

4.11 Zonneboilers

In totaal zijn er 902 zonneboilers gevonden, het merendeel is collectief (85,3%), en die worden uitsluitend gebruikt voor warm tapwater.

Tabel 25: Verdeling van de zonneboilers (individueel of collectief) in 2014

		Frequentie	Percentage
	Individueel Zonneboiler	132	0,1
	Collectieve Zonneboiler	770	0,4
	Totaal	902	0,5
Geen opgave		172695	99,5
Totaal		173597	100

Tabel 26: Verdeling van de zonneboilers (tapwater of ruimteverwarming) in 2014

		Frequentie	Percentage
	Voor tapwater	902	0,5
	Combi: tapwater & verwarming	0	0,0
	Totaal	902	0,5
Geen opgave		172695	99,5
Totaal		173597	100

4.12 Fotovoltaische cellen

Zoals aangegeven in Tabel 27 zijn er 522 woningen gevonden met PV-cellen. Amorfe cellen (flexibele cellen met een lager rendement) worden weinig gebruikt.

Tabel 27: Verdeling van PV-cellen in 2014

		Frequentie	Percentage
	Amorf	2	0,0
	Multikristallijn	327	0,2
	Monokristallijn	193	0,1
Totaal		522	0,3
Geen opgave		173075	99,7
Totaal		173597	100

4.13 Maatregelenpakketten per woning

Er is vervolgens onderzocht welke combinaties van eigenschappen vaak voorkomen. In de analyse zijn de volgende definities gehanteerd:

- Niet-efficiënt verwarmingssysteem: lokaal gas/olie, lokaal elektrisch, CR-ketel en VR-ketel
- Efficiënte verwarmingssysteem: HR100-ketel, HR104-ketel, HR107-ketel, stadsverwarming, warmtepompen, micro-WKK

- Ongeïsoleerde gevel, dak, vloer: volgens definitie in tabellen 2a, 2b en 2c
- Ongeïsoleerde schil: $R_c \leq 1,36$
- Geïsoleerde schil: $2,86 < R_c$
- Geïsoleerde gevel: $1,36 < R_c$
- Geïsoleerde vloer: $0,72 < R_c$
- Geïsoleerd dak: $0,65 < R_c$

Alle tabellen zijn te vinden in Appendix C en worden hieronder samengevat.

Niet-efficiënte verwarmingssystemen (tabel C.1):

42.651 woningen hebben een niet-efficiënt verwarmingssysteem (24,6% van de woningen). Daarvan heeft meer dan de helft (54,8%) een ongeïsoleerde gevel. Meer dan de helft (53,2%) heeft dubbel glas en 18,5% driedubbel glas.

HR107- ketels (Tabel C.2)

109.248 woningen worden verwarmd door een HR107-ketel. Dat is bijna 63% van alle woningen. HR107-ketels worden het vaakst in combinatie gevonden met ongeïsoleerde gevels (65,3%) en/of met dubbelglas (62,2%).

Warmtepompen (Tabel C.3)

2.489 woningen worden verwarmd door een warmtepomp (1,4% van het totaal). Tegen de verwachting in wordt 38% van de warmtepomp gevonden in combinatie met een ongeïsoleerd dak, vloer of gevel en 74,5% in combinatie met dubbelglas. Omdat warmtepompen lage-temperatuursystemen zijn die alleen efficiënt zijn en een goed comfort kunnen leveren als de woning goed geïsoleerd zijn, zijn deze bevindingen verrassend. Het kan niet uitgesloten worden dat deze combinaties niet reëel zijn, maar het resultaat van het onnauwkeurig invullen van de SHAERE-database.

Ongeïsoleerde gevels en schillen (tabellen C.4 en C.5):

108.868 woningen hebben on geïsoleerde gevel (62,7% van de woningen). Daarvan heeft 74,9% een efficiënte verwarmingsinstallatie. Ongeïsoleerde gevels worden het vaakst gevonden in combinatie met dubbel glas (68,2%). Er wordt ook regelmatig driedubbelglas (15,6%) gevonden. Enkelglas komt zeldzaam voor (5%).

De analyse van de schilisolatie leidt tot vergelijkbare bevindingen: 85,4% van de woningen heeft een ongeïsoleerde schil (148.220 woningen). 65,9% daarvan heeft een HR107-ketel en 64,2% heeft dubbelglas.

Geïsoleerde gevels, daken, vloeren en schillen (tabellen C.6 t/m C.9)

55.315 woningen hebben een geïsoleerde gevel (31,9%), 40.488 een geïsoleerd dak (64%) en 26.829 een geïsoleerde vloer (39,6%). Kijkt men naar de gehele schil, hebben 16.707 woningen een geïsoleerd schil (9,6%). Het geïsoleerd zijn van gevel, dak, vloer of gehele schil wordt meestal in combinatie gevonden met de aanwezigheid van een HR107-ketel (59,4 tot 71,5%) en dubbelglas (49,5 tot 58,4%).

4.14 Conclusies

In dit hoofdstuk is gebleken dat, volgens de SHAERE-database, de meeste Amsterdamse corporatiewoningen hebben, anno 2014, een pre-label C of D hebben en dat bijna 30% van de woningen een label E of slechter heeft. Het merendeel van de woningen heeft natuurlijke ventilatie met of zonder mechanische afvoer, een HR-ketel voor ruimteverwarming en warmtapwater en is weinig geïsoleerd,

met uitzondering van de ramen die meestal van dubbelglas zijn. 902 woningen hebben een zonneboiler en 522 fotovoltaïsche cellen.

5 Energiebesparing van verschillende energiebesparende maatregelen

5.1 Methodiek en beschrijving van de steekproef

De energielabel van een woning uit de SHAERE-database wordt berekend op basis van de Energie-Index, welke op zijn beurt berekend wordt uit het theoretisch gas- en elektriciteitsverbruik van de woning. Deze theoretische gas- en elektriciteitsverbruiken worden softwarematig berekend (in Vabi Assets) op basis van fysieke woningkarakteristieken zoals oppervlakte, isolatiegraad, type glas etc. volgens de nationaal vastgelegde Energielabelmethodiek (zie ISSO-publicaties 82.1, 82.2 en 82.3 van oktober 2009). De SHAERE-database omvat per woning, naast de energielabel en alle relevante woningkarakteristieken, ook de Energie-Index, het theoretisch elektriciteitsverbruik en het theoretisch gasverbruik.

In het verleden is al aangetoond dat dit theoretische energiegebruik sterk kan afwijken van het werkelijk energiegebruik. Het zou echter kunnen zijn dat absolute waarden niet goed voorspeld worden, maar energiebesparing wel. In dit hoofdstuk wordt daarom onderzocht of de theoretische energiebesparing ook sterk afwijkt van de werkelijk bereikte energiebesparing. Ook komt aan de orde hoe groot de werkelijke energiebesparing van de meest voorkomende maatregelen is. Om dit te doen is een koppeling gemaakt tussen de SHAERE-database en de Energiegebruikdatabase van CBS. Deze database omvat op adres niveau het werkelijk gas- en elektriciteitsverbruik per jaar van (bijna) alle Nederlandse woningen. Door het energiegebruik voor en na renovatie te vergelijken kan achterhaald worden hoe effectief verschillende energiebesparende maatregelen zijn.

De basissteekproef voor deze deelstudie is al omschreven in hoofdstuk 3 (tabel 5) en omvat 7307 woningen. Zoals omschreven in paragraaf 3.15 is gebleken dat de betrouwbaarheid van de SHAERE-data te wensen over laat en enigszins verbeterd kan worden door de steekproef te beperken tot de woningen die een officieel geregistreerde label hebben en minimaal twee labelstappen hebben ondergaan. De verdeling van de 3207 woningen die dan over blijven wordt in tabel 28 getoond.

Tabel 28: Verdeling van de woningen voor matching met CBS-Energiegebruikdatabase

Woningcorporatie	Frequentie	Percentage
DE ALLIANTIE	143	4,5
DE KEY	519	16,2
ROCHDALE	641	20,0
STADGENOOT	976	30,4
YMERE	928	28,9
Total	3207	100,0

Van deze 3207 woningen konden 3156 gematcht worden met de Energiegebruikdatabase van CBS voor een of meerdere jaren tussen 2009 en 2013. Alle woningen met een warmtepomp of een andere vorm van elektrische verwarming zijn uit de steekproef verwijderd: alleen verwarmingssystemen op basis van gas voor en na renovatie zijn bestudeerd. Dit is omdat het elektriciteitsverbruik in een woning wordt voornamelijk bepaald door de hoeveelheid huishoudelijke apparaten, wat bemoeilijkt het

'isoleren' van de verbruiksdata voor elektrische verwarming. Omdat de energiedata voor 2014 nog niet beschikbaar waren, zijn daarnaast alle woningen verwijderd die na 2012 voor subsidie aangemeld zijn (de woningen die aangemeld zijn voor de subsidieregeling in de perioden 2013-1, 2013-2 en 2014-1). Uiteindelijk bleven 1417 woningen over, 494 daarvan zijn in 2011 aangemeld en 923 in 2012. Voor alle woningen is gebruik gemaakt van het jaar 2009 voor de energiedata voor renovatie en van het jaar 2013 voor het energiegebruik na renovatie. Gekozen is voor 2009 in plaats van 2010, omdat een woning die in 2011 aangemeld is waarschijnlijk in 2010 is gerenoveerd en het verbruik in dat jaar dan waarschijnlijk een verkeerd beeld geeft van het energiegebruik voor renovatie (de woning is waarschijnlijk een tijd leeg geweest of de verwarming was lange periode uit etc.).

Als laatste bewerking voor de analyse is het werkelijke gasverbruik uit de Energiegebruikdatabase gecorrigeerd voor klimaatvariaties tussen de jaren. De correcties zijn uitgevoerd op basis van de zogeheten graaddagen (stookdagen) van het desbetreffende jaar en de graaddagen gebruikt in de theoretische berekening. Daarnaast zijn ook de woningen met een onrealistisch gasverbruik ($<15 \text{ m}^3$ en $>6000\text{m}^3$) of een onrealistisch vloeroppervlak ($<15 \text{ m}^2$ en $>700\text{m}^2$) verwijderd. **In de finale steekproef zijn er dus alleen 819 woningen aanwezig.**

Een complicatie bij de bestudering van het effect van elk van de afzonderlijke typen maatregelen is dat er weinig renovaties zijn waarin maar één maatregel genomen is. In deze bestudering zijn juist deze woningen interessant, omdat het effect deze maatregel dan op zichzelf kan worden nagegaan, zonder de 'ruis' van andere maatregelen. Om dit probleem op te lossen zijn twee verschillende wegen gevolgd:

- Overeenkomstig de werkwijze gehanteerd in hoofdstuk 3 zijn ook de woningen met meerdere maatregelen in de berekeningen opgenomen.
- In Appendix D worden de resultaten gepresenteerd van een studie op nationaal niveau (gebruik makend van de gerenoveerde woningen in de complete SHAERE-database, dus niet alleen de Amsterdamse woningen). Omdat deze database veel meer woningen bevat, is het mogelijk om statistisch significante resultaten te vinden binnen de groep woningen waarin één maatregel is genomen.

In dit hoofdstuk wordt eerst ingegaan op het effect van labelverandering op energiebesparing. Daarna worden verschillende energiebesparende maatregelen geanalyseerd. Bij de interpretatie van de resultaten in dit hoofdstuk is het belangrijk om alvast de resultaten van hoofdstuk 6 in acht te nemen: deze laten een kleine maar significante en systematische autonome afname van het gasverbruik over de jaren heen zien in niet-gerenoveerde woningen. Deze autonome gasreductie bedraagt gemiddeld $0,4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jaar}$. Om deze reden nemen wij aan, een gasreducties van minder dan $0,4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jaar}$ waarschijnlijk geen relatie heeft met de genomen maatregel, maar aan andere factoren moet worden toegeschreven. In de complete SHAERE-database is deze autonome gasreductie becijferd op $38 \text{ m}^3/\text{woning}/\text{jaar}$ (3,6%) tussen 2010 en 2013, wat ongeveer overeenkomt met de $0,4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jaar}$ voor de Amsterdamse corporatiewoningen.

Het gasverbruik wordt, zoals in eerdere studies, weergegeven in m^3 per m^2 vloeroppervlak. De in dit rapport weergegeven gemiddelde verbruiken in m^3/m^2 zijn niet gewogen naar vloeroppervlak (bijvoorbeeld een woning van 500 m^2 weegt hetzelfde als een woning van 40 m^2). Op deze manier wordt het schaal-effect geneutraliseerd en weegt iedere woning even zwaar mee. Kortom, een gemiddeld verbruik in m^3/m^2 geeft aan wat het gemiddeld verbruik per m^2 zou zijn als alle woningen dezelfde vloeroppervlak zouden hebben. Dit betekent echter ook dat het gemiddeld gasverbruik per woning in een categorie niet berekend kan worden op basis van de gemiddelde vierkante meters in deze categorie. Daarom zijn ook, waar mogelijk, de gasverbruiken per woning weergegeven.

Substeekproeven met minder dan 10 woningen mogen niet geëxporteerd worden uit de CBS-database en zijn dus uitgesloten van de analyse. In alle grafieken worden per categorie naast de gemiddelde waarde ook het aantal cases en het 95% betrouwbaarheidsinterval weergegeven. Wanneer de betrouwbaarheidsintervallen van twee verschillende categorieën elkaar overlappen is het onmogelijk om met zekerheid vast te stellen dat de gemiddelde waarden echt van elkaar zouden verschillen als de steekproef groter zou zijn. In andere woorden, als de betrouwbaarheidsintervallen elkaar overlappen zijn de resultaten (de gemiddelde waarden) van de steekproef niet te veralgemenen naar de totale groep (de resultaten zijn dan niet significant). De gemiddelde waarden geven echter wel een exact beeld van de gemiddelde situatie in de steekproef (die dus bestaat uit 819 woningen uit de totale 7307 woningen).

5.2 Effect van labelverbetering op het gasverbruik

Figuur 5 laat zien hoe het gasverbruik voor en na renovatie is in verschillende categorieën. De eerste letter in de naam van de categorie geeft de energielabel voor renovatie en de tweede letter de label na renovatie. Bijvoorbeeld omvat categorie CA de woningen die gerenoveerd zijn van label C naar label A. De labels komen niet voort uit SHAERE maar uit de Rekenkamer-steekproef (labels zoals aangegeven bij de subsidieaanvraag). De verandering in gasverbruik wordt getoond voor zowel het werkelijke gasverbruik als voor het theoretische gasverbruik.

In tabel 29 is een vergelijking gemaakt van de verdeling van de labels voor en na renovatie (figuur 5) met de pre-labels uit SHAERE (tabel 6 in hoofdstuk 3). Voor de percentages voor de pre-labels is alleen rekening gehouden met de woningen met een verbetering van minstens twee labelstappen. Het is duidelijk dat beide verdelingen niet overeenkomen en er wordt aangenomen dat het reduceren van de steekproef naar alleen de woningen die ook volgens SHAERE officieel bij RVO zijn aangemeld inderdaad een verbetering oplevert.

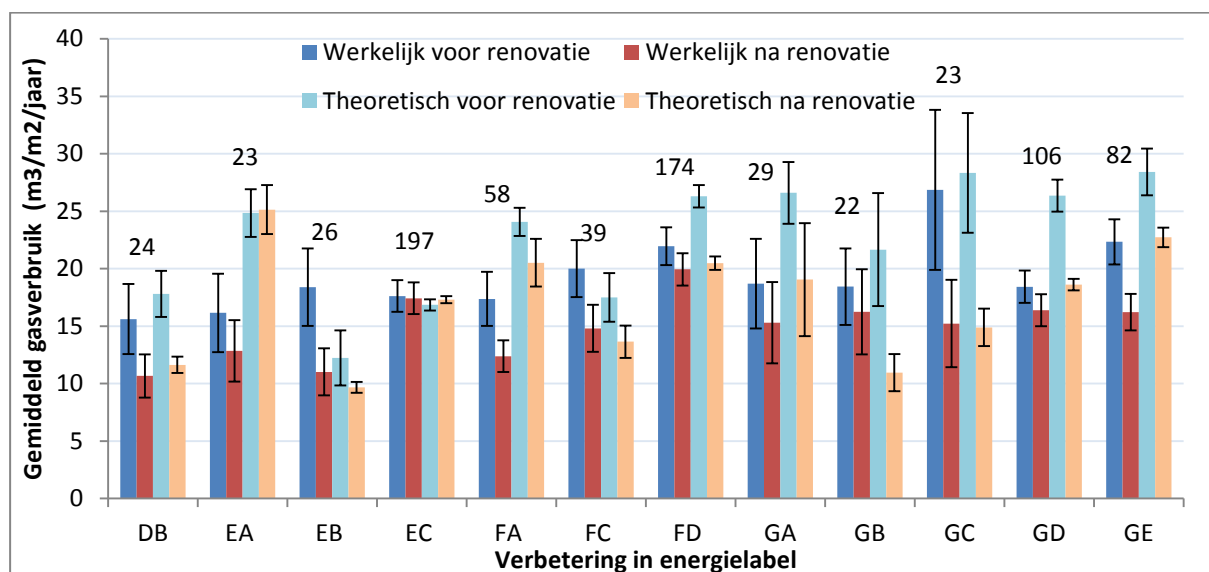
Tabel 29: verdeling van het percentage woningen per categorie van energielabelverbetering voor twee steekproeven

	totaal	DB %	EA %	EB %	EC %	FA %	FC %	FD %	GA %	GB %	GC %	GD %	GE %
Steekproef hoofdstuk 5	819	2,9	2,8	3,2	24,0	7,0	4,8	21,2	3,5	2,7	2,8	12,9	10,0
Steekproef hoofdstuk 3, tabel 6, minstens 2 labelstappen	2585	11,2	0,7	6,0	8,3	5,3	5,7	25,4	1,1	6,2	4,3	2,6	7,5

In de helft van de categorieën leidt de labelverbetering tot een werkelijke afname van het energiegebruik (categorieën DB, EB, FA, FC, GC, GE). In de andere categorieën is er een afname te zien in de gemiddelde waarde maar de 95% betrouwbaarheidsinterval overlappen elkaar dusdanig dat dat niet significant is (categorieën EA, EC, FD, GA, GB, GD).

Opvallend zijn de onlogische resultaten voor de theoretische gasbesparing in de categorieën EA en EC: er is namelijk een toename van het voorspelde gasverbruik, wat onmogelijk is. Dit heeft te maken met de bevindingen in paragraaf 3.15, waar grote discrepanties tussen de labels geregistreerd bij de gemeente Amsterdam en bij SHAERE aan het licht kwamen. In figuur 5 zijn de labels weergegeven zoals die bij de gemeente Amsterdam geregistreerd zijn bij de subsidieaanvraag. Voor een groot aantal van de 23 woningen in categorie EA, is de nieuwe label A niet in SHAERE i geregistreerd. De label

is in SHAERE op E gebleven met het bijhorende theoretisch energiegebruik. Kortom, de renovatie is in SHAERE niet geregistreerd geweest. Hetzelfde lijkt te gebeuren bij de 197 woningen van categorie EC.



Figuur 5: Gasverbruik voor en na renovatie gecategoriseerd naar energielabelverbetering (bv categorie FA betekent dat de woningen verbeterd zijn van een label F naar een label A) volgens de labels zoals geregistreerd bij de subsidieaanvraag.

Het verschil tussen de theoretische en de werkelijke waarden is, zoals verwacht van eerdere studies, in het algemeen vrij groot, in het bijzonder bij de slechtere labels (G, E, F). Het beeld is echter niet eenduidig. In de categorie FA bijvoorbeeld is bij de A woningen het verschil tussen theoretische en werkelijke waarde ook groot. Ook opvallend is dat de voorspelling van het gasverbruik (het theoretisch verbruik dus) bij label A-woningen te hoog is, wat tegenstrijdig is met eerdere bevindingen bij Majcen (2013, 2014). Dit kan te maken hebben met de kleine omvang van de steekproef en systematische fouten bij sommige corporaties bij het invullen van de database. Het gasverbruik van labels C en D worden in het algemeen goed voorspeld.

Figuur 5 en tabel 29 (kolom 1) laten zien dat de grootste werkelijke gasbesparing te vinden is in de categorieën DB, EB, FC en GE, waarbij EB de grootste besparing heeft. Er kan echter geen trend bepaald worden waaruit zou blijken dat meer labelstappen leiden tot meer energiebesparing. De verwachting zou zijn dat de grootste gasbesparing bereikt zou worden in de categorieën GA, GB of FA, maar dat blijkt niet het geval te zijn in deze steekproef. Bovendien zou ook verwacht kunnen worden dat hoe beter de label na renovatie hoe lager het energiegebruik per oppervlakte-eenheid, maar dat blijkt ook niet altijd het geval te zijn. Informatie over verandering in bezetting voor en na renovatie was niet beschikbaar, maar zou deels een verklaring kunnen vormen daarvoor omdat het vaak gebeurt dat andere bewoners de gerenoveerde woningen huren.

De kleine omvang van de steekproef maakt dat deze resultaten moeilijk te veralgemenen zijn. Daarom worden in tabel 29 ook de resultaten gepresenteerd van een recente studie van Majcen (nog niet gepubliceerd) over alle corporatiewoningen in Nederland, die volgens SHAERE een labelstap hebben ondergaan tussen de jaren 2010 en 2012 (n=18.107, zie Appendix D). Hieruit blijkt dat grote labelstappen zoals verwacht leiden tot de grootste gasbesparing. De vijf hoogste besparingen worden behaald in de categorieën FA, GA, EA, FB en GB, waarbij FA leidt tot een jaarlijkse besparing van 510 m³ gas per woning en GB 354 m³. Kleine labelstappen leiden in het algemeen tot de laagste energiebesparing. De vijf laagste besparingen worden behaald in de categorieën FE, FD, GF, BA en ED, met 136

m³ gasbesparing voor FE en 127 m³ voor ED. De ratio werkelijk/theoretisch laat zien dat hoe beter de label voor renovatie, des te beter de voorspelling van de energiebesparing (bij een accurate voorspelling is de ratio ongeveer 1). Dit komt overeen met eerdere bevindingen over de onnauwkeurige voorspelling van slechtere labels (Majcen 2013).

Tabel 29^{5,6}: Gasbesparing door woningrenovatie in Amsterdamse corporatiewoningen en in de totale SHAERE steekproef van gerenoveerde woningen (Groen: meest energiebesparende renovaties; rood: minste energiebesparende renovaties)

	Werkelijke gasbesparing (Amsterdamse corporatiewoningen, zie ook Figuur 5)	Werkelijke gasbesparing per woning (totale SHAERE-database)) bij woningen met een labelverbetering			
	m ³ /jaar ⁷	Werkelijke besparing m ³ /jaar	Theoretische besparing m ³ /jaar	Aantal woningen	Ratio werkelijk/ theoretisch
G to F		133	508	3576	0,26
G to E	296	153	846	2090	0,18
G to D	151	215	1415	934	0,15
G to C	62	301	1742	730	0,17
G to B	114	354	1871	348	0,19
G to A	154	446	2075	78	0,21
F to E		136	374	2090	0,36
F to D	99	135	674	934	0,20
F to C	322	227	1091	730	0,21
F to B		371	1379	348	0,27
F to A	231	510	1688	78	0,30
E to D		127	323	934	0,39
E to C	41	187	626	730	0,30
E to B	568	342	920	348	0,37
E to A	151	392	1107	78	0,35
D to C		150	242	730	0,62
D to B	252	217	473	348	0,46
D to A		318	718	78	0,44
C to B		157	165	348	0,95
C to A		137	310	78	0,44
B to A		129	125	2499	1,03

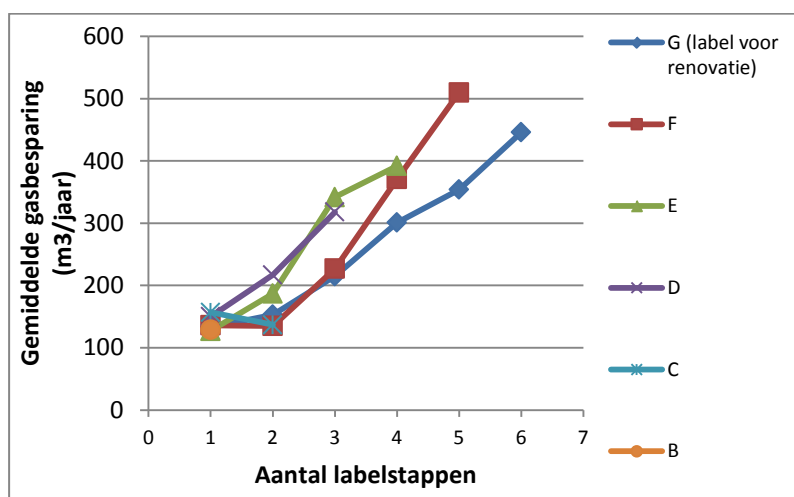
Duidelijk is dat, voor iedere startcategorie (label voor renovatie), bij elke labelstap de gasbesparing groter is, behalve voor startcategorie C, waar renovatie naar label B leidt tot meer besparing dan renovatie naar label A (zie figuur 6).

⁵ In deze en alle volgende tabellen zijn de betrouwbaarheidsintervallen niet verwerkt. Het kan dus zijn dat verschillen tussen categorieën niet altijd significant zijn. De betrouwbaarheidsintervallen zijn te vinden in de grafieken in Appendix E.

⁶ De aangegeven labels zijn afkomstig van SHAERE voor de voor de totale SHAERE steekproef van gerenoveerde woningen, terwijl die afkomstig zijn van de registratie in de subsidie aanvraag in de steekproef van Amsterdamse corporatiewoningen.

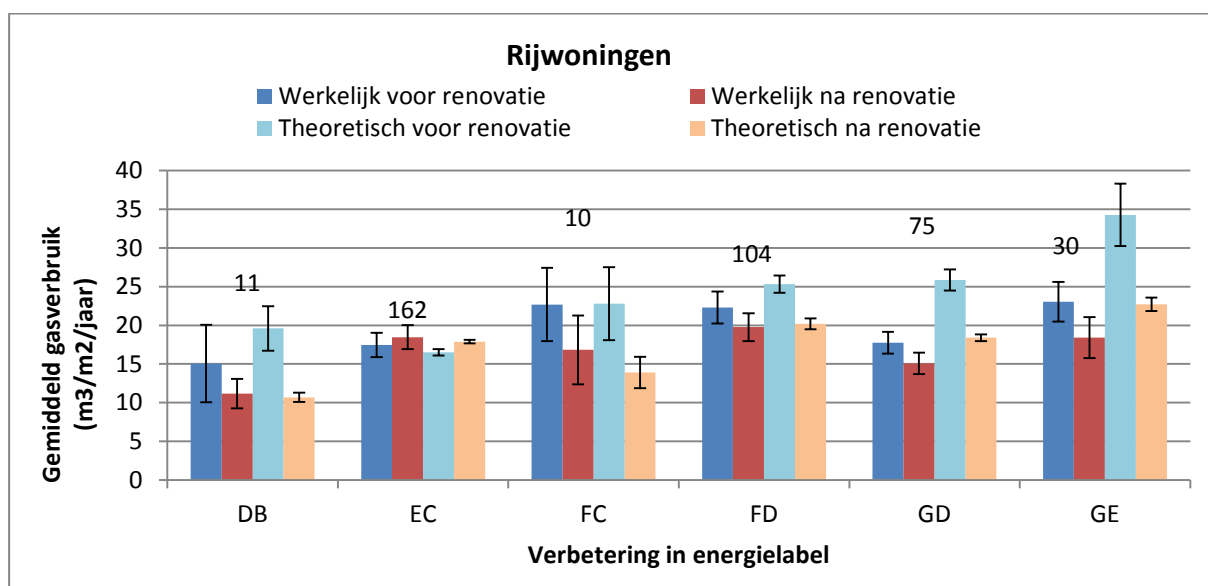
⁷ Er is geen direct rekenkundig verband tussen het gasverbruik in m³ en de eerder gepresenteerde verbruiken in m³/m² zie eerdere toelichting op p.32.

Waarschijnlijk zijn in de steekproef van Amsterdamse woningen, waar de resultaten veel minder duidelijke trends laten zien, de resultaten erg afhankelijk van de uitvoeringskwaliteit van de renovatieprojecten op blokniveau en van de kwaliteit van de invoer in SHAERE door bepaalde corporaties. In de nationale steekproef worden deze project-specifieke bijzonderheden vereffend. In de Amsterdamse steekproef is in een derde van de gevallen de besparing hoger dan in SHAERE (GE, FC, EB, DB). In alle andere gevallen is de besparing aanzienlijk kleiner. Wel is het zo dat, in Tabel 28, de aangegeven labels afkomstig zijn van SHAERE voor de voor de totale SHAERE steekproef van gerenoveerde woningen, terwijl die afkomstig zijn van de registratie in de subsidie aanvraag in de Amsterdamse steekproef.



Figuur 6: gemiddelde gasbesparing in de totale SHAERE steekproef van gerenoveerde woningen, per labelstappen en per label voor renovatie

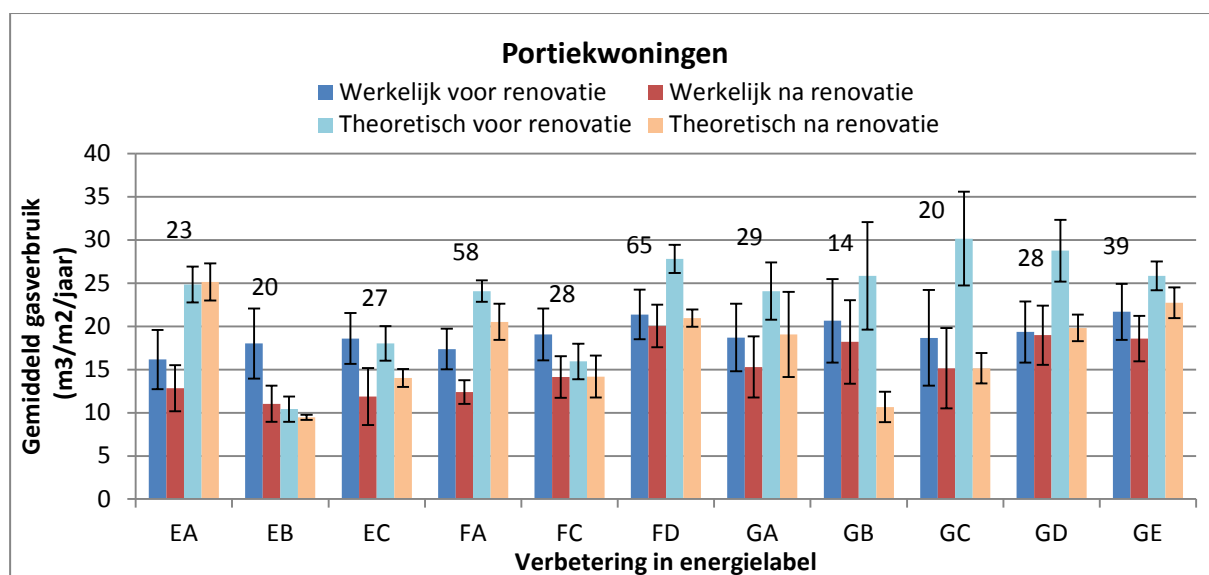
Ook is onderzocht of de resultaten verschillen per woningtype. Alleen bij de rijwoningen en de portiekwoningen was de steekproef groot genoeg om tot resultaten te leiden (zie figuren 7 en 8). Beide typen woningen vormen 77,1% van de hele Amsterdamse corporatiewoningvoorraad (zie paragraaf 3.3).



Figuur 7: Gasverbruik bij rijwoningen voor en na renovatie gecategoriseerd naar energielabelverbetering volgens de labels zoals geregistreerd bij de subsidieaanvraag.

Door de kleine steekproef kunnen weinig conclusies getrokken worden voor de rijwoningen. Alleen bij rijwoningen die van label G naar label D of E gerenoveerd zijn duidelijke en generaliseerbare gasbesparingen te zien. In alle andere categorieën behalve EC is er gasbesparing, maar het is onmogelijk om te zeggen of deze gasbesparing ook optreedt in de gehele woningpopulatie. Renovatie tot label B resulteert duidelijk in een lager gasverbruik dan renovatie tot label C, D of E. Opvallend is dat renovatie tot label E even goed presteert als renovatie tot label C of D.

Voor de portiekwoningen worden de grootste te veralgemenen besparingen gevonden in de categorieën EB, EC, FA en FC. De renovaties naar GD en GE leiden, in tegenstelling tot de rijwoning, niet tot een aantoonbare reductie van het gasverbruik. Het is goed mogelijk dat, in deze specifieke Amsterdamse steekproef, de uitvoeringskwaliteit van de specifieke renovatieprojecten een grote rol speelt. In het geval van renovatie van label E naar label C kunnen bijvoorbeeld de 27 portiekwoningen tot eenzelfde renovatieproject behoren. Dit geldt ook voor de 162 rijwoningen.



Figuur 8: Gasverbruik bij portiekwoningen voor en na renovatie gecategoriseerd naar energielabelverbetering volgens de labels zoals geregistreerd bij de subsidieaanvraag.

In de volgende paragrafen wordt het effect van specifieke maatregelen uitgelicht volgens het volgende stramien:

- Eerst voor alle woningen waarin de specifieke maatregel is genomen. Dit is dus niet exclusief, er kunnen ook andere maatregelen genomen worden.
- Dan voor de woningen waarin alleen en enkel de specifieke maatregel is genomen. Dit is alleen twee keer mogelijk geweest: voor de verandering van lokale gasverwarming naar HR107-combiketel en voor de verandering van dubbel glas naar HR+ glas.
- Tenslotte worden de resultaten vanuit SHAERE ingebracht wanneer alleen en enkel de specifieke maatregel is genomen (zie appendix D).

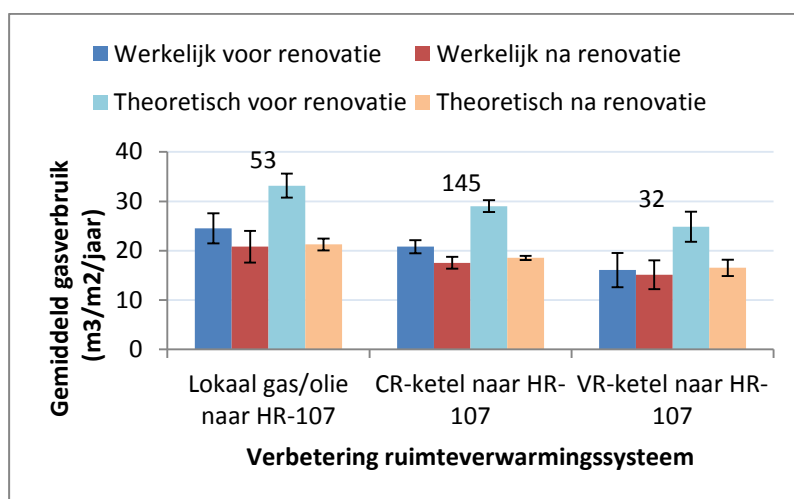
De specifieke maatregelen zijn: verandering in ruimteverwarmingssysteem, verandering in systeem voor warm tapwater (en, voor de enkele maatregel verandering in beide), verandering in ventilatiesysteem, aanbrengen van vloerisolatie, dakisolatie, gevelisolatie en plaatsing van beter isolerend glas.

5.3 Effect van verbeterd ruimteverwarming- en warm-tapwater systeem op het gasverbruik

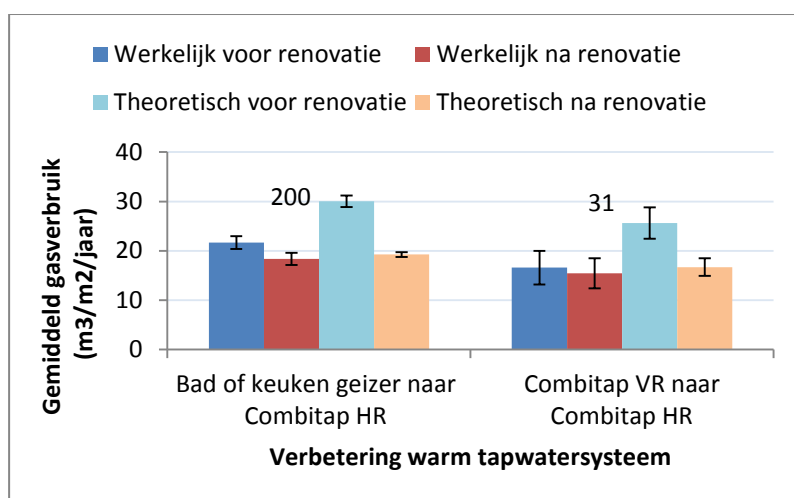
Figuur 9 geeft de verandering in gasverbruik wanneer (minimaal) het ruimteverwarmingssysteem is veranderd en figuur 10 wanneer (minimaal) het warm-tapwatersysteem is veranderd.

Voor ruimteverwarming bevatten slechts 3 categorieën genoeg woningen om zinvol uitspraken te doen. Verandering van VR-ketel naar HR107-ketel leidt nauwelijks tot een besparing, verandering van een lokaal systeem (bijvoorbeeld moederhaard) tot HR107-ketel leidt voor de 53 bestudeerde woning tot energiebesparing maar kan niet veralgemeend worden (is niet significant). Alleen de verandering van CR-ketel naar HR-ketel leidt aantoonbaar tot gasbesparing. Ook heel duidelijk is het feit dat het energiegebruik heel goed voorspeld wordt in de categorie HR107-ketel en systematisch te hoog in de andere categorieën. Omdat deze categorieën niet exclusief zijn, kan de kwaliteit van de voorspelling echter aan andere variabelen liggen.

Voor warm tapwater konden alleen 2 categorieën onderscheiden worden. Vervanging van een geiser door een combitap-HR ketel leidt tot een significante energiebesparing, terwijl vervanging van combitap-VR door combitap-HR geen significante gasbesparing oplevert. Ook hier blijkt dat het gasverbruik bij een efficiënt systeem veel beter voorspeld wordt dan dat bij een minder efficiënt systeem.

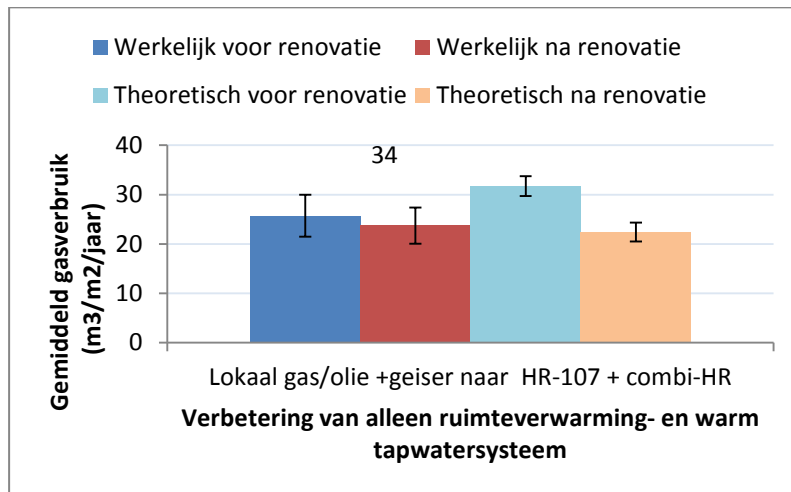


Figuur 9: Gasverbruik per m² vloeroppervlakte voor en na de verbetering van (minimaal) het ruimteverwarmingssysteem



Figuur 10: Gasverbruik per m² vloeroppervlakte voor en na de verbetering van (minstens) het warm-tapwatersysteem

De verbetering van het ruimteverwarmingssysteem en het warm-tapwatersysteem gaan in het algemeen hand in hand: combiketels leveren warmte voor zowel de ruimte als het tapwater. Het was daarom niet mogelijk om exclusieve maatregelen te vinden in een van beide categorieën. Door beide categorieën samen te voegen kon dat wel. De enige afzonderlijke maatregel met genoeg cases om geanalyseerd te worden is die van de verandering van een lokaal systeem met geiser naar een HR107-combiketel (zie figuur 11). De energiebesparing is in dat geval echter niet overtuigend. Zoals aangegeven in Majcen (2013) komt waarschijnlijk te tegenvallende energiebesparing uit het feit dat alleen een beperkt deel van de woning verwarmd wordt wanneer een lokaal verwarmingssysteem gebruikt wordt. Bij verandering naar een HR107-ketel, wat gekoppeld gaat met het plaatsen van centrale verwarming, is het rendement beter, maar worden er meer kamers verwarmd.



Figuur 11: Gasverbruik per m² vloeroppervlakte voor en na de verbetering van enkel en alleen het ruimteverwarming- en warm tapwatersysteem

Tabel 30 vat de energiebesparingen samen die voortkomen uit de verbetering van enkel en alleen het ruimteverwarming- en warm-tapwatersysteem wanneer de totale SHAERE steekproef genomen wordt. De resultaten worden weergegeven van de grootste besparingen naar de kleinste. De grootste gasbesparingen worden bereikt bij de vervanging van een CR combiketel (of een CR ketel met geiser) door een VR combi-ketel. De vervanging van alle types systemen door een HR107-ketel levert aanzienlijke besparingen, behalve als het oorspronkelijk systeem een lokaal systeem is (bv moederhaard). De besparing is dan bijzonder klein. In de Amsterdamse steekproef is trouwens de besparing hoger dan in de totale SHAERE steekproef (86 m³ i.p.v. 59). De ratio werkelijk/theoretisch geeft aan dat de kwaliteit van de voorspellingen vrij divers is. De besparingen zijn veel groter dan verwacht in de categorieën CR en VR en in de categorieën HR100, HR104 en HR107 terwijl ze veel kleiner zijn dan verwacht in de categorieën waar oorspronkelijk een lokaal systeem gebruikt werd.

Tabel 30: Gasbesparing door verbetering van alleen het ruimteverwarming- en warmtapwatersysteem in Amsterdamse corporatiewoningen en in de totale SHAERE steekproef van gerenoveerde woningen

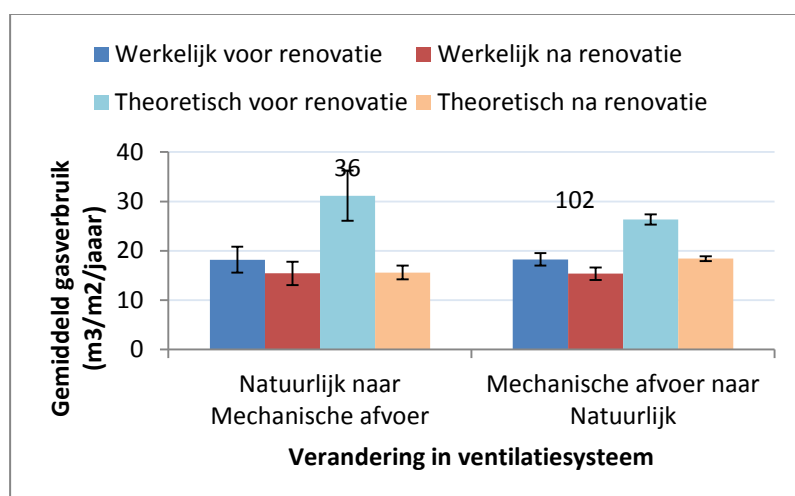
	Werkelijke gasbesparing (Amsterdamse corporatiewoningen, zie ook figuur 10)	Werkelijke gasbesparing per woning (totale SHAERE-database) bij woningen met een verbetering in alleen het ruimteverwarming- en warmtapwatersysteem		
	m ³ /jaar ⁸	Werkelijke besparing m ³ /jaar	Aantal woningen	Ratio werkelijk / theoretisch
CR combiketel naar VR combiketel	-	212	127	0,9
CR ketel+ geiser naar VR combiketel	-	193	752	2,4
VR combiketel naar HR-107 combiketel	-	184	23902	0,7
CR combiketel naar HR-107 combiketel	-	180	681	0,3
VR ketel _geiser naar HR-107 combiketel	-	178	1445	0,7
HR-100 ketel + geiser naar HR-107 combiketel	-	166	76	1,7
VR combiketel naar HR100 combiketel	-	135	77	0,5
CR-ketel +geiser naar HR-107 combiketel	-	122	1911	0,3
Lokaal gas/olie +geiser naar HR-107 combiketel	86	59	1657	0,1
VR combiketel naar HR-104 combiketel	-	15	72	0,1
Lokaal gas/olie +geiser naar VR-combiketel	-	10	121	0,1

5.4 Effect van verandering van het ventilatiesysteem op het gasverbruik

Figuur 12 laat de energiebesparing zien in woningen waarin het ventilatiesysteem is veranderd. Er kunnen daarnaast andere veranderingen hebben plaats gevonden. Er zijn slechts 2 categorieën met voldoende cases zijn gevonden: in 36 woningen is de natuurlijke ventilatie veranderd naar mechanisch afvoer en bij 102 woningen is de tegenovergestelde gebeurd. Het is moeilijk te zeggen of dit werkelijke veranderingen zijn of administratieve veranderingen. In beide categorieën kan energiebesparing

⁸ Er is geen direct rekenkundig verband tussen het gasverbruik in m³ en de eerder gepresenteerde verbruiken in m³/m² zie eerdere toelichting op p.32.

vastgesteld worden, maar alleen in de categorie 'Mechanisch afvoer naar natuurlijk' is deze besparing te veralgemeniseren naar de gehele populatie. Er kon geen genoeg woningen gevonden worden waarin enkel en alleen het ventilatiesysteem is gevonden, maar de resultaten voor de totale SHAERE-steekproef worden in Tabel 31 samengevat.



Figuur 12: Gasverbruik per m² vloeroppervlakte voor en na een verandering in (minstens) het ventilatiesysteem

Tabel 31: Gasbesparing door verandering van alleen het ventilatiesysteem in Amsterdamse corporatiewoningen en in de totale SHAERE steekproef van gerenoveerde woningen

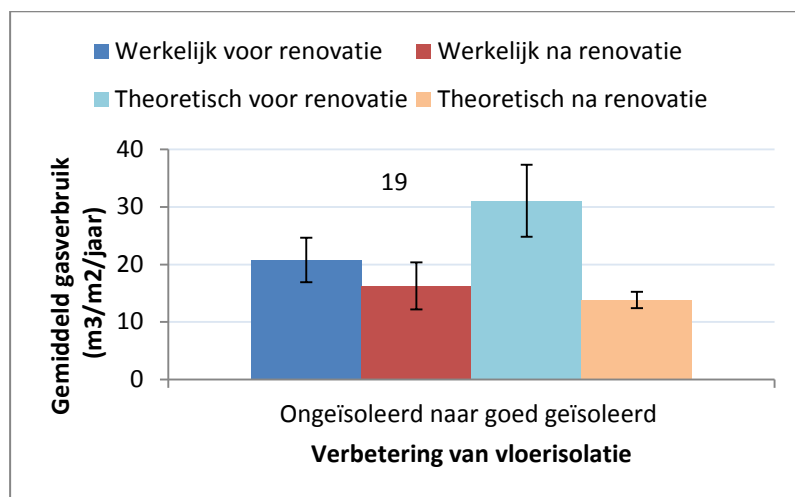
	Werkelijke gasbesparing (Amsterdamse corporatiewoningen)	Werkelijke gasbesparing per woning (totale SHAERE-database) bij woningen met een verandering in alleen het ventilatiesysteem		
	m ³ /jaar	Werkelijke besparing m ³ /jaar	Aantal woningen	Ratio werkelijk / theoretisch
Natuurlijke naar mechanische afvoer	-	76	4479	5
Natuurlijke naar mechanische aan- en afvoer	-	54	49	1,7
Mechanische afvoer naar mechanische aan- en afvoer	-	50	279	0,2
Mechanische afvoer naar CO2-gestuurde decentrale mechanische afvoer	-	-50	41	-0,8

Opvallend is dat in woningen waarin enkel de ventilatie is veranderd van natuurlijk naar mechanische afvoer, de energiebesparing 5 keer groter is dan verwacht. Een mogelijke uitleg daarvoor is dat het luchtdebiet kleiner is na de renovatie en/of de woningen tegelijkertijd luchtdicht zijn gemaakt. Ook opvallend is dat de energiebesparing als men overgaat van mechanische afvoer naar balansventilatie (mechanische aan- en afvoer) veel kleiner is dan verwacht. Bij een verandering van mechanische af-

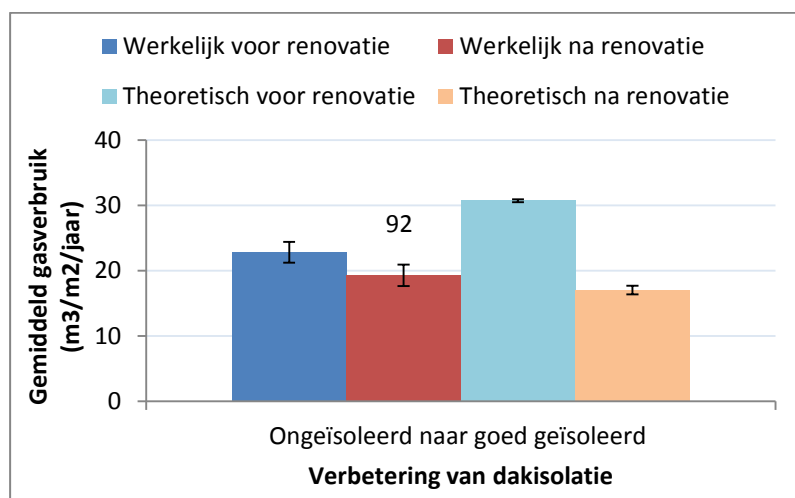
voer naar CO₂-gestuurde decentrale mechanische afvoer is zelfs sprake van een toename van het energiegebruik.

5.5 Effect van verbeterde isolatie op het gasverbruik

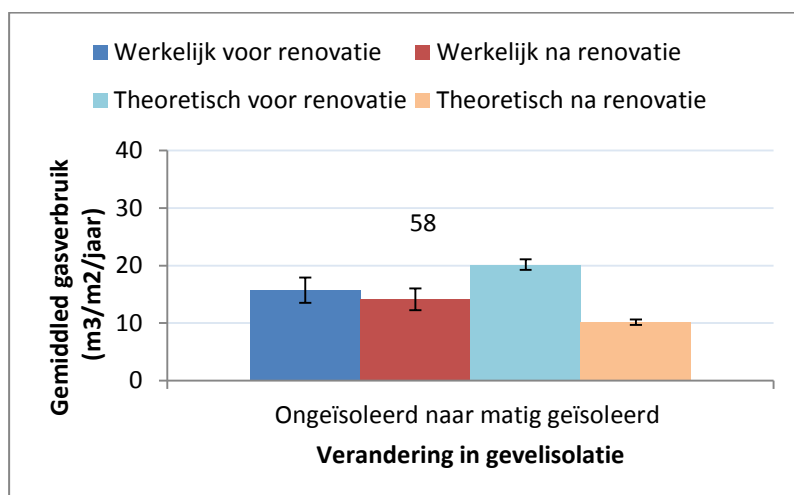
Figuur 13 laat het effect zien van verbeterde vloerisolatie voor woningen die overgegaan zijn van categorie 'ongeïsoleerd' naar categorie 'goed geïsoleerd' (zie tabel 2a voor de definitie van deze categorieën). Dit is de enige categorie met genoeg cases voor een analyse. Hier ook kan worden geconstateerd dat voor de 19 woningen in deze groep er gemiddeld wel energie bespaard wordt, maar dat deze energiebesparing niet geëxtrapoleerd kan worden naar de rest van de populatie. En ook hier is de werkelijke besparing veel kleiner dan de theoretische besparing. Figuur 14 laat hetzelfde zien voor verbeterde dakisolatie (de werkelijke besparing kan dan wel geëxtrapoleerd worden) en figuur 15 laat het zien voor gevelisolatie (het gaat hier om de categorie 'ongeïsoleerd' naar categorie 'matig geïsoleerd').



Figuur 13: Gasverbruik per m² vloeroppervlakte voor en na een verbetering van (minstens) de vloerisolatie



Figuur 14: Gasverbruik per m² vloeroppervlakte voor en na een verbetering van (minstens) de dakisolatie.



Figuur 15: Gasverbruik per m² vloeroppervlakte voor en na een verbetering van (minstens) de gevelisolatie

Er zijn onvoldoende woningen gevonden waarin enkel en alleen de vloer- dak-, of gevelisolatie is veranderd. Op het niveau van de totale SHAERE-database zijn alleen analyses gemaakt voor de gehele schilisolatie (zie tabel 32). De in deze analyse gehanteerde isolatiecategorïen zijn anders dan in de rest van het rapport: R1 is de beste isolatie en correspondeert met alle gevels die geïsoleerd zijn ($R_c > 1,36$ m²K/W), R2 tot en met R9 zijn isolatiecategorïen gelijkmatig verdeeld tussen de R_c -waarden 0.19 en 1.36 en R10 is de slechtste isolatiecategorie ($R_c < 0,19$ m²K/W), zie ook appendix D. Dit is een nog fijnmaziger verdeling dan gehanteerd in Appendix A.

Tabel 32: Gasbesparing door verbetering van alleen de schilisolatie in Amsterdamse corporatiewoningen en in de totale SHAERE steekproef van gerenoveerde woningen

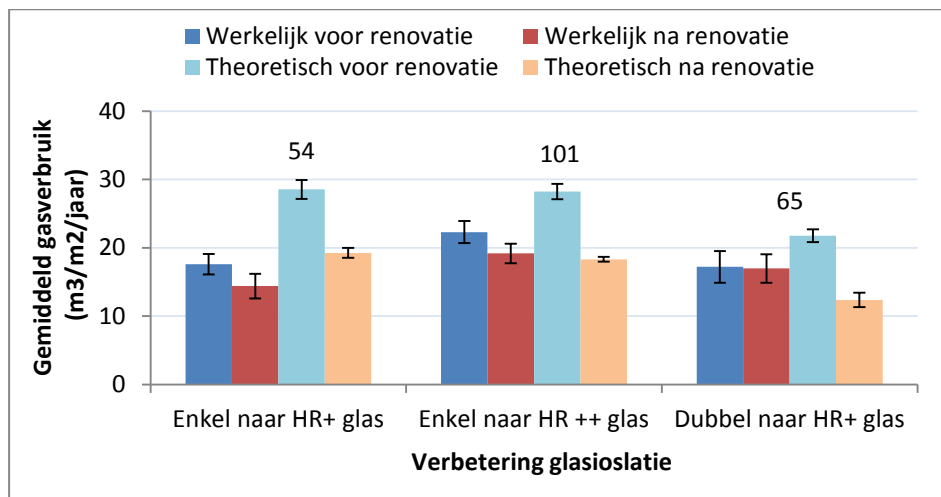
	Werkelijke gasbesparing (Amsterdamse corporatiewoningen) m ³ /jaar	Werkelijke gasbesparing per woning (totale SHAERE-database) bij woningen met een verandering in alleen de schilisolatie		
		Werkelijke besparing m ³ /jaar	Aantal woningen	Ratio werkelijk / theoretisch
R5 naar R1	-	143	318	0,5
R2 naar R1	-	130	1344	1,9
R8 naar R3	-	128	90	0,2
R4 naar R1	-	113	877	0,8
R8 naar R6	-	109	1002	0,4
R8 naar R4	-	101	159	0,2
R3 naar R1	-	93	770	0,8
R6 naar R1	-	87	132	0,1
R8 naar R5	-	77	265	0,2
R8 naar R7	-	59	835	0,3

Hieruit komt voornamelijk een diffuus beeld naar voren: het aantal stappen in categorieën schijnt qua gasbesparing er niet zoveel toe te doen. Omdat het verschil in R-waarde tussen 2 categorieën klein is, kan het ook zijn dat de resultaten administratieve veranderingen weerspiegelen of een uiteenlopende kwaliteit van uitvoering. Opvallend zijn de resultaten in de categorie R2 naar R1, waar de werkelijke

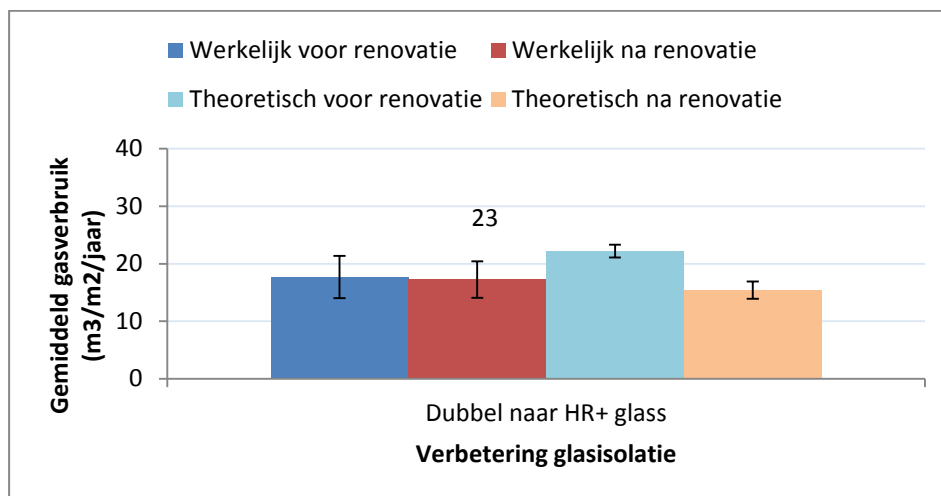
energiebesparing bijna twee keer hoger is dan de theoretische (ratio 1,9). Ook duidelijk is dat hogere R_c -waarde (zoals R1, R2, R3) beter voorspeld worden dan slechtere R_c -waarden (zoals R8, R7, R6, R5): categorieverandering binnen de slechtere waarden leiden tot aanzienlijk minder besparing dan verwacht (lage ratio's werkelijk/theoretisch).

5.6 Effect van verbeterde glasisolatie op gasverbruik

In hoofdstuk 4 is aangetoond dat de meeste Amsterdamse corporatiewoningen dubbelglas hebben. In de gerenoveerde voorraad blijken vooral het resterende enkel glas vervangen te worden voor HR+ glas of HR++ glas. Ook wordt dubbel glas vervangen door HR+ glas (zie figuur 16). Die komt overeen met de resultaten uiteengezet in paragraaf 3.11. Het vervangen van enkel glas lijkt te leiden tot statistisch significante energiebesparing. Het is echter niet uit te sluiten dat deze besparing voortkomt uit andere maatregelen in deze woningen. Bij de verandering van dubbel glas door HR+ glas wordt geen gasbesparing geobserveerd, ook niet voor de woningen waarin enkel en alleen het dubbel glas is vervangen door HR+ glas (figuur 17).



Figuur 15: Gasverbruik per m^2 vloeroppervlakte voor en na een verbetering van (minstens) de glasisolatie



Figuur 17: Gasverbruik per m^2 vloeroppervlakte voor en na de verbetering van enkel en alleen de glasisolatie

Tabel 33 geeft de resultaten weer voor alle gerenoveerde woningen in SHAERE. De in deze analyse gehanteerde isolatiecategorieën zijn anders dan in de rest van het rapport: U1 is de beste isolatie en correspondeert met driedubbel glas (zie ook tabel 3), U2 komt overeen met HR++ glas, U3 met HR+ glas en U8 met enkel glas. Alle waarden tussen U7 en U4 komen overeen met dubbelglas en zijn verdeeld tussen de waarden 2.9 en 4 W/m²K (zie ook appendix D). Dit is omdat dubbel glas in verschillende kwaliteit te vinden is. Voor woningen met verschillende typen glas is een naar glasoppervlakte gewogen gemiddelde U-waarde berekend.

Tabel 33: Gasbesparing door verbetering van alleen de glasisolatie in Amsterdamse corporatiewoningen en in de totale SHAERE steekproef van gerenoveerde woningen

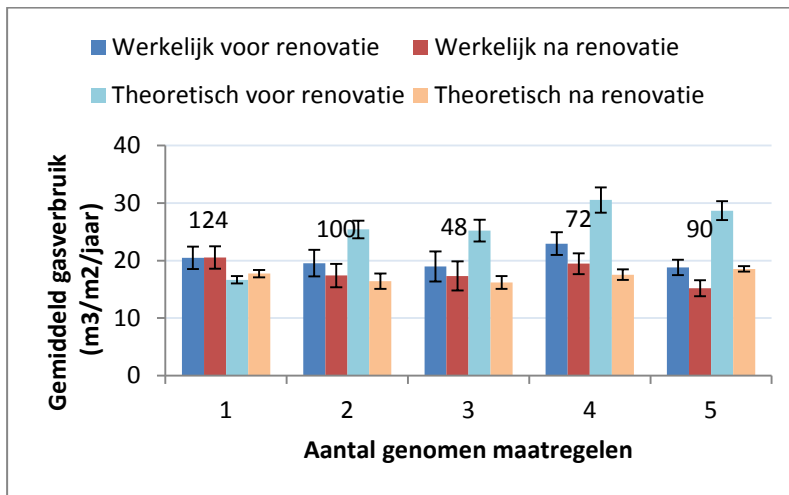
	Werkelijke gasbesparing (Amsterdamse corporatiewoningen)	Werkelijke gasbesparing per woning (totale SHAERE-database) bij woningen met een verandering in alleen de glasisolatie		
	m ³ /jaar ⁹	Werkelijke besparing m ³ /jaar	Aantal woningen	Ratio werkelijk / theoretisch
U8 naar U1	-	218	265	0,6
U8 naar U2	-	180	1110	0,6
U7 naar U1	-	143	329	0,6
U8 naar U5	-	133	253	0,5
U8 naar U7	-	129	477	1,1
U3 naar U1	-	126	298	0,8
U8 naar U4	-	99	111	0,4
U2 naar U1	-	97	724	1,4
U8 naar U3	-	81	399	0,3
U6 naar U1	-	80	159	0,6
U5 naar U1	-	42	132	0,6
U8 naar U6	-	34	350	0,3
U4 naar U1	-	23	107	0,1
U4-U7 naar U3	21	-	-	-

De grootste besparingen worden behaald door enkel glas (U8) te vervangen door HR+ of HR++ glas (U2, U1). Verandering enkel glas (U8) naar dubbel glas (U4-U7) loont ook, maar zoals verwacht is de gasbesparing kleiner. Vervanging van dubbelglas (U4-U7) naar HR++ glas is duidelijk minder efficiënt, behalve in de categorie U7-U1. In het algemeen worden kleine veranderingen in type glas beter voorspeld dan grote veranderingen.

5.7 Effect van het aantal genomen maatregelen op het gasverbruik

In het verleden is door de overheid gebruik gemaakt van kengetallen voor de bereikte energiebesparing per energiebesparende maatregel (Hezemans, 2012). In de regel werd aangenomen dat het nemen van twee maatregelen overeenkomt met renoveren met 2 labelstappen en leidt tot 20% gasbesparing. Figuur 18 geeft weer wat de werkelijk bereikte gasbesparing is afhankelijk van het aantal genomen maatregelen in de steekproef van de gerenoveerde Amsterdamse corporatiewoningen.

⁹ Er is geen direct rekenkundig verband tussen het gasverbruik in m³ en de eerder gepresenteerde verbruiken in m³/m² zie eerdere toelichting op p.32.



Figuur 18: Gasverbruik per m² vloeroppervlakte voor en na het nemen van een aantal renovatiemaatregelen

Ten opzichte van de data in paragraaf 3.14, is de verdeling tussen het aantal maatregelen ongeveer hetzelfde, behalve bij de categorie '1 maatregel' die sterk oververtegenwoordigd is (28,6% (124 van 434 cases) van het totaal i.p.v. 17,2%) en bij de categorie '3 maatregelen' die juist sterk ondervertegenwoordigd is (11,0% i.p.v. 21,4%).

Volgens figuur 18 leidt het nemen van slechts één maatregel niet tot energiebesparing. Omdat het theoretisch energiegebruik zelfs toeneemt, lijkt dit te wijzen op administratieve veranderingen. Bij 2 en 3 maatregelen is er sprake van energiebesparing in de steekproef, maar die kan goed aan toevaligheden in de steekproeftrekking te wijten zijn. Alleen bij 4 en 5 maatregelen is er sprake van een duidelijke en betrouwbare energiebesparing. Hoe meer maatregelen, des te groter de energiebesparing. De energiebesparing blijkt echter veel kleiner dan voorspeld. Dit is te zien in tabel 34, waar ook de resultaten voor de totale SHAERE-database weergegeven worden op woning niveau. Volgens deze database leidt een enkele maatregel tot 131 m³ gasbesparing (11,6% van 1129 m³, het gemiddeld gasverbruik voor renovatie in de woningen met een enkele maatregel), terwijl het nemen van 2 of meer maatregelen leidt tot 188 m³ besparing (16,9% van 1112 m³, het gemiddeld gasverbruik voor renovatie in de woningen met twee of meer maatregelen).

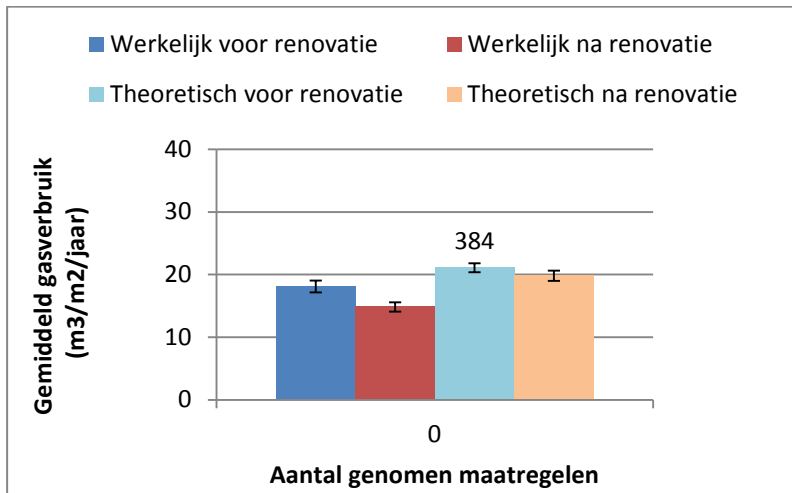
Tabel 34: Gasbesparing per aantal genomen maatregelen in Amsterdamse corporatiewoningen en in de totale SHAERE steekproef van gerenoveerde woningen

	Werkelijke gasbesparing (Amsterdamse corporatiewoningen)		Werkelijke gasbesparing per woning (totale SHAERE-database) m ³ /jaar
	Werkelijke besparing m ³ /jaar ¹⁰	Aantal woningen	
1 maatregel ¹¹	10 (1,1%)	124	131 (11,6%)
2 maatregelen	110(11,1%)	100	188 (16,9%)
3 maatregelen	98 (7,9%)	48	
4 maatregelen	212(16,7%)	72	
5 maatregelen	246(19,0%)	90	

¹⁰ Er is geen direct rekenkundig verband tussen het gasverbruik in m³ en de eerder gepresenteerde verbruiken in m³/m² zie eerdere toelichting op p.32.

¹¹ Besparing is per m² en per woning niet significant

Een punt van aandacht is dat bij Amsterdamse corporatiewoningen die subsidie hebben aangevraagd en waarin volgens SHAERE geen maatregelen zijn genomen wel energiebesparing wordt geobserveerd (zie figuur 19). Deze energiebesparing is significant hoger dan de autonome gasreductie van 0,4 m³/m²/jaar waarop in paragraaf 5.1 is ingegaan. Dit wijst erop dat er wel degelijk maatregelen zijn genomen, maar dat deze niet in SHAERE zijn ingevoerd.



Figuur 19: Gasverbruik per m² vloeroppervlakte voor en na renovatie in woningen waarin volgens SHAERE geen energetische maatregelen zijn genomen

5.8 Conclusies

In dit hoofdstuk is aangetoond dat iedere labelstapverbeteringen met minstens twee labels gemiddeld heeft geleid tot energiebesparing in de bestudeerde steekproef van 819 woningen. Doordat de steekproef vrij klein is, kon het echter niet voor alle categorieën woningen gesteld worden dat deze energiebesparing ook geldt voor de gehele populatie van gerenoveerde corporatiewoningen in Amsterdam. De behaalde besparingen in de steekproef hebben geen duidelijke relatie met het aantal genomen labelstappen en vertonen een grillig karakter, wat erop wijst dat de uitvoeringskwaliteit van de renovatieprojecten wellicht een rol speelt.

Net als in hoofdstuk 3, werd duidelijk dat de kwaliteit van de invoer in de SHAERE-database te wensen overlaat. Er is bijvoorbeeld gebleken dat bij woningen die, volgens de registratie bij de gemeente Amsterdam, gerenoveerd zijn van label E naar label A, deze label A, welk officieel bij RVO is aangemeld, niet in SHAERE is geregistreerd (23 woningen). Ook bleek significant energie bespaard te worden bij gerenoveerde woningen waarbij, volgens SHAERE, geen renovatiemaatregelen zijn genomen (384 woningen).

Er is vervolgens gebruik gemaakt van een studie, waarbij alle volgens SHAERE gerenoveerde corporatie woningen in Nederland betrokken zijn. Doordat deze steekproef veel groter is, zijn de resultaten significant en is het aannemelijk dat de specifieke problemen die gesignaleerd zijn voor SHAERE-Amsterdam minder groot zullen zijn – dit kan echter niet met zekerheid vastgelegd worden. Bij deze woningen wordt een significante besparing op het gasverbruik gevonden bij alle labelstappen. De besparingen hebben ook een duidelijk relatie met het aantal labelstappen: hoe meer stappen hoe groter de besparing. Er kan echter niet vastgelegd worden dat dit ook specifiek voor de Amsterdamse populatie van gerenoveerde corporatiewoningen geldt.

Op dezelfde manier is onderzocht hoe het aantal genomen maatregelen (ongeacht de maatregel) de energiebesparing beïnvloedt. Het nemen van 1 maatregel heeft in de Amsterdamse steekproef niet geleid tot energiebesparing, mogelijk ging het om administratieve veranderingen of om dusdanig kleine aanpassingen dat die geen effect hadden (124 woningen). Bij 2 en 3 maatregelen is energiebesparing geconstateerd in de steekproef van 819 woningen, maar er kon niet bewezen worden dat deze energiebesparing ook geldt op het niveau van de totale populatie van gerenoveerde Amsterdamse woningen (overlappende betrouwbaarheidsintervallen). Alleen bij 4 en 5 maatregelen was dit wel het geval. Hier ook is verder gebruik gemaakt van de nationale SHAERE-database: gemiddeld leidt het nemen van 1 maatregel tot 131 m³ besparing per woning en het nemen van 2 of meer maatregelen tot 188 m³ gasbesparing.

Er is daarna ingezoomd op specifieke maatregelen. In de bestudeerde Amsterdamse steekproef van 819 woningen is bij alle woningen waarin minstens één enkele specifieke maatregel is genomen gasbesparing gevonden. In de meeste gevallen kon het echter niet hard gemaakt worden dat deze gasbesparing significant is in de gehele populatie van gerenoveerde woningen (7307 woningen) omdat het aantal cases per categorie te klein is om veralgemeend te worden. Significante gasbesparingen zijn gevonden bij:

- Woningen waarbij de CR-ketel vervangen is door een HR107-ketel;
- Woningen waarbij de bad- of keuken geiser is vervangen door een HR-combi ketel;
- Woningen waarbij de mechanische afvoerventilatie is vervangen door natuurlijke ventilatie
- Woningen waarbij de dakisolatie is verbeterd van ongeïsoleerd naar goed geïsoleerd
- Woningen waarbij het glas is verbeterd van enkel glas naar HR+ of HR++ glas.

Doordat er ook andere maatregelen in deze woningen zijn genomen, is de besparing echter niet met zekerheid toe te wijzen aan de specifieke maatregel.

Voor de efficiëntie van specifieke, enkelvoudige maatregelen is gebruik gemaakt van de gerenoveerde woningen in de totale SHAERE-database. Het aantal cases is veel groter, waardoor significantere resultaten gevonden worden. Nadeel is dat het niets zegt over de specifieke situatie in Amsterdam. De resultaten komen op het volgende neer:

- De grootste gasbesparing (218 m³/woning) wordt behaald door enkel glas te vervangen door driedubbel glas. De vervanging van enkel glas door HR++ glas en van dubbel glas naar driedubbelglas komen op de 5^{de} en 9^{de} plaats met respectievelijk 180 m³ en 143 m³ gasbesparing per woning.
- Op de tweede, derde en vierde plaats komen achtereenvolgens de vervanging van respectievelijk CR-combiketels door VR-combiketels (212 m³ besparing), de vervanging van CR-ketels met geiser door VR-combiketels (193 m³) en de vervanging van VR-combiketels door HR107-combiketels (184 m³).
- Op de 5^{de}, 7^{de} en 8^{ste} plaats komen de vervanging van CR-combiketels door HR107-combiketel (180 m³), de vervanging van een VR ketel met geiser door een HR107-ketel (178 m³) en de vervanging van HR100-ketels door HR107-ketels (166 m³). Met name het laatste is opmerkelijk en wijst erop dat het daadwerkelijk uitmaakt voor welke condenserende ketel er gekozen wordt.
- De 10^{de} plaats wordt ingenomen door de verbetering van een matig geïsoleerde schil naar een goed geïsoleerde schil (143m³ per woning).

De 10 minst besparende maatregelen zijn de vervanging van een natuurlijke of mechanische afvoer-ventilatie systeem door een balansventilatiesysteem (54 en 50 m³ besparing), de vervanging van re-centere dubbelgals naar driedubbelglas (23-42 m³), de vervanging van enkel glas door dubbel glas (34 m³), de schil een beetje isoleren (59 m³), de vervanging van lokale verwarming op gas of olie met geiser door een VR-ketel of een HR-ketel (respectievelijk 10 en 50 m³) en de vervanging van een VR-combiketel door een HR104-combiketel (15 m³). De vervanging van een mechanische afvoer-ventilatie door een vraaggestuurd decentraal mechanisch afvoersysteem lijkt zelfs te leiden tot een toename van het energiegebruik.

Daarnaast levert 1 labelstap (zie figuur 6) 139 m³ gasbesparing per jaar, 2 labelstappen 166 m³, 3 labelstappen leveren 276 m³ besparing, 4 stappen 355, 5 stappen 432 en 6 stappen 446 m³.

6 Energiegebruik in het niet-gerenoveerde deel van de corporatiewoningen

In het vorige hoofdstuk is een longitudinale analyse gemaakt van de werkelijke energiebesparing na renovatie. Door het kleine aantal cases zijn de bevindingen vaak niet overtuigend, waardoor combinaties van maatregelen en de resultaten van een andere studie op nationaal niveau (Appendix D, gerenoveerde woningen in het totale SHAERE-bestand) ook geanalyseerd zijn.

In hoofdstuk 6 worden de resultaten van een transversale studie gepresenteerd, waarin het energiegebruik in verschillende categorieën van niet-gerenoveerde woningen gepresenteerd wordt. Er is, voor de zuiverheid van de aanpak, ervoor gekozen om deze transversale studie niet uit te voeren over de gehele woningvoorraad, maar om die te beperken tot niet-gerenoveerde woningen. Deze transversale studie volgt dezelfde methodiek als alle tot nu toe uitgevoerde studies over de relatie tussen energielabel, gebouw- en huishoudenskenmerken en werkelijk en theoretisch energiegebruik (Majcen e.a. 2013a, 2013b, 2014, 2015). Het doel van deze studie is eerst om de stand van zaken vast te stellen voor het energiegebruik in niet-gerenoveerde woningen, en dan om te achterhalen of de transversale analyse leidt tot dezelfde resultaten als de longitudinale analyse. Bijvoorbeeld, komt het verschil in energiegebruik tussen label G en label A wanneer die bestudeerd wordt in niet-gerenoveerde woningen overeen met de besparing die bereikt wordt wanneer woningen gerenoveerd worden van G naar A (het onderzoeksonderwerp van hoofdstuk 5)?

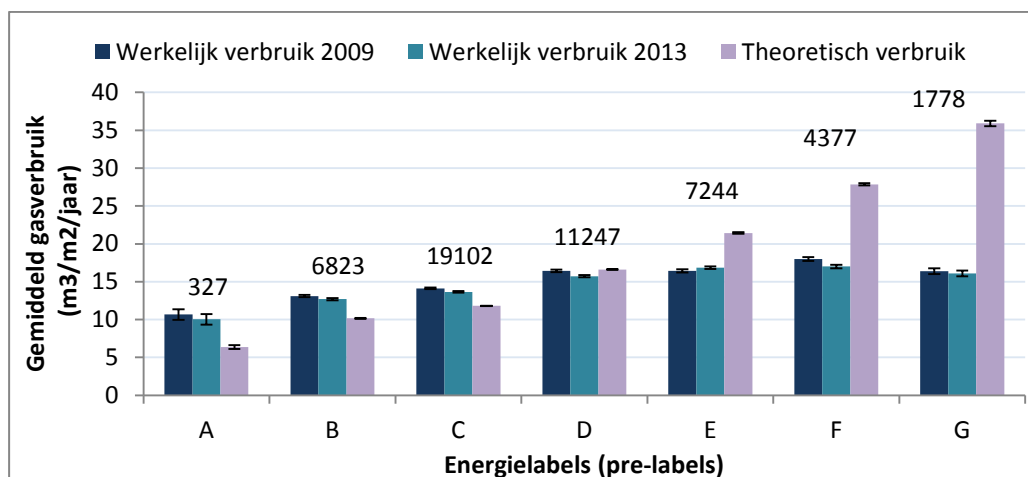
In paragraaf 6.1 wordt de steekproef beschreven, in paragraaf 6.2 worden de resultaten per energielabel weergegeven, in paragraaf 6.3 wordt het energiegebruik voor woningen naar bepaalde kenmerken onderzocht (waarvan een uitgebreider verslag in Appendix E) en in paragraaf 6.4 wordt met behulp van een multivariate regressie-analyse nagegaan, in hoeverre de genomen maatregelen en de woningkenmerken het theoretische en het werkelijke gasverbruik verklaren.

6.1 Beschrijving van de steekproef

Net als in hoofdstuk 4 omvat de oorspronkelijk steekproef 173.597 cases. Na matching op adresniveau met de Energiegebruikdatabase van CBS zijn 140.591 cases overgebleven. Vervolgens zijn ook de energiedata gefilterd. Cases zonder energiedata (geen gas of elektriciteitsverbruik in alle jaren) zijn verwijderd, net zoals duplicaten. Duplicaten waar in de ene alleen gasverbruik aanwezig was en in de andere alleen het elektriciteitsverbruik, zijn samengevoegd tot één case, wat leidde tot 88.223 cases. Daarna zijn alle woningen verwijderd waarin het verwarming- of warmtapwatersysteem, volgens eerst SHAERE en dan CBS, gebruik maakt van elektriciteit of stadsverwarming (elektrische systeem zijn buiten de scope van de analyse gelaten, en de CBS-data over stadsverwarming zijn niet accuraat). Op dat punt waren 70.061 cases over. Uiteindelijk zijn de data van woningcorporatie Eigen Haard verwijderd, omdat hun data alleen aanwezig was voor 2014 en er kon dus niet gecheckt worden of de woningen in de periode 2010-2014 een renovatie hebben ondergaan. **De uiteindelijke steekproef bevat 50.898 woningen.**

6.2 Gasverbruik per pre-label

Figuur 20 geeft het werkelijk en theoretisch gasverbruik weer in iedere pre-labelcategorie. Zoals in eerdere onderzoeken is gevonden (Majcen, 2013, 2012, 2014) zijn er grote discrepanties tussen beide. In slechtere labelcategorieën wordt het gasverbruik overschat terwijl het onderschat wordt in betere pre-label categorieën. Er zijn significante verschillen tussen de gasconsumpties in pre-labels A, B, C, D en F, waarbij het verschil tussen D en E minimaal is. Gasverbruik in label G is ongeveer hetzelfde als in labels D en E. Overeenkomstig met paragraaf 4.2 hebben de meeste niet-gerenoveerde corporatiewoningen in Amsterdam een pre-label C of D en zijn er veel meer woningen met een pre-label B dan met een pre-label A.



Figuur 20: Gas verbruik (per m²) van niet-gerenoveerde Amsterdamse corporatiewoningen in verschillende energielabelcategorieën (pre-labels).

Ook opvallend is de afname van het werkelijk gasverbruik tussen de jaren 2009 en 2013. Zoals in paragraaf 5.1 is vermeld, bedraagt deze autonome gasreductie gemiddeld 0,4 m³/m²/jaar. In de complete SHAERE-database is deze autonome gasreductie becijferd op 38 m³/woning/jaar (3,6%) tussen 2010 en 2013, wat ongeveer overeenkomt met de 0,4 m³/m²/jaar in de niet-gerenoveerde Amsterdamse corporatiewoningen. Deze afname is significant in pre-labels B, C, D en F. In label E is daarentegen een kleine toename zichtbaar. Er is geen eenduidige uitleg voor deze ontwikkeling in het gasverbruik. Ondanks dat de data zijn gecorrigeerd voor klimaatverschillen tussen de jaren heen met graaddagen kan het zijn dat deze gangbare correctie niet nauwkeurig genoeg is. Er is ook onderzocht of verschillen in calorische waarde van het gas het verschil kon uitleggen, dat bleek niet het geval te zijn. De data voor het werkelijk gasverbruik zijn de zogenaamde 'Standaardjaarverbruiken' aangeleverd aan het CBS door de netbeheerders. De methodiek is vastgelegd maar hoe de methodiek precies ingevuld wordt door de energiebedrijven is niet duidelijk. Daarnaast is het ook waarschijnlijk dat deze autonome gasreductie afkomstig is van een verschuiving van koken op gas naar elektrisch koken, gebruik van het opwarmen van kant-en-klaar maaltijden in de magnetron i.p.v. zelf koken, en minder vaak thuis eten (zie cijfers in ECN, 2012).

Vergelijking met figuur 5 (gasverbruik bij energielabelverbetering) levert opmerkelijke resultaten:

- Waar het gemiddeld gasverbruik in label A 10,4 m³/m² is bij niet-gerenoveerde woningen (in het algemeen recente bouw), varieert het tussen 12,4 en 15,3 m³ bij gerenoveerde woningen in label A en is daar het gemiddelde verbruik van 13,3 m³/m², dus aanzienlijk hoger dan bij niet-gerenoveerde woningen van label A.

- Hetzelfde beeld wordt gevonden bij labelen C en D. Bij label C ligt het gemiddeld verbruik bij niet-gerenoveerde woningen op 12,9 m³/m² terwijl het 15,6 is bij gerenoveerde woningen (variërend van 14,8 tot 17,4 m³/m²). Voor label D is het gemiddeld bij niet-gerenoveerde woningen 16,1 terwijl het 18,6 m³/m² is bij gerenoveerde woningen (variërend van 16,4 tot 19,9 m³/m²)
- Bij labels B en D komen de gemiddelden voor niet-gerenoveerde en gerenoveerde woningen overeen en is zelfs sprake van licht minder energiegebruik bij de gerenoveerde woningen (respectievelijk 12,9 en 12,5 m³/m² voor B (variërend van 10,7 tot 16,3 voor de gerenoveerde woningen) en 16,6 en 16,2 m³/m² voor label E.

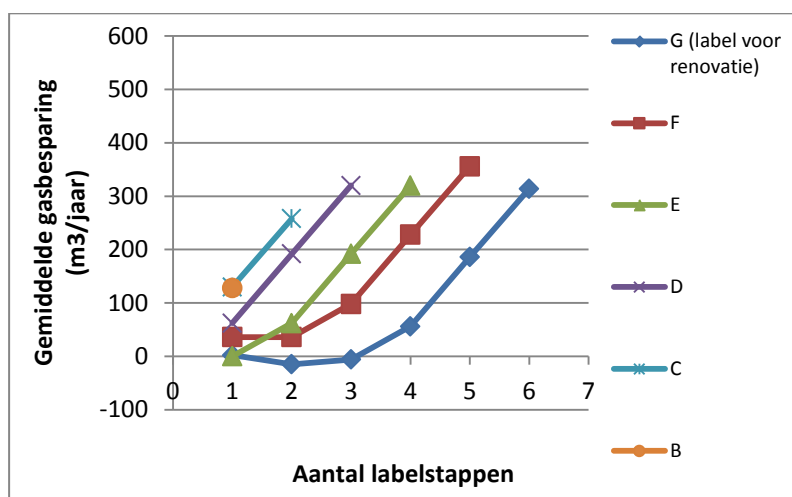
Bij pre-labels A, C en D is het gemiddelde gasverbruik in de gerenoveerde woningen hoger dan in de niet-gerenoveerde woningen. Bij pre-labels B en D is dat omgekeerd.

Tabel 35 geeft een vergelijking van de te verwachten werkelijke energiebesparing wanneer wordt gebruik gemaakt van transversale data (zoals in figuur 20) en wanneer er gebruik wordt gemaakt van longitudinale data (gerenoveerde woningen, zoals in hoofdstuk 5). In figuur 6 waren al de longitudinale data voor de gehele SHAERE-database van gerenoveerde woningen weergegeven. Ter vergelijking worden in figuur 21 de transversale data van niet-gerenoveerde Amsterdamse corporatiewoningen weergegeven. Duidelijk is dat de trends dezelfde zijn: hoe meer labelstappen, hoe meer energiebesparing. Er is echter een aantal belangrijke verschillen: in de transversale data leiden 1 en 2 labelstappen niet tot energiebesparing wanneer de startlabel G of F is, terwijl bij gerenoveerde woningen (figuur 6) de energiebesparing rond 150 m³/jaar is. Ook opvallend is dat het maken van 5 of 6 labelstappen met startlabel G en F leidt tot meer energiebesparing bij de gerenoveerde woningen (figuur 21) dan verwacht zou worden op grond van de transversale data (figuur 6). De longitudinale data van Amsterdamse corporatiewoningen zijn niet afgebeeld, want te grillig vanwege de kleine omvang van de steekproef (zie kolom 1 in tabel 35).

De energiedata per energielabel zijn ook onderzocht per woningtype. Van de zeven oorspronkelijke typen woningen (vrijstaand woning, 2-onder-1-kapwoning, rijwoning, maisonnette, galerijwoning, portiekwoningen en overige flatwoning) hadden alleen 4 categorieën genoeg cases om tot significante resultaten te leiden: rijwoningen (n=7673), galerijwoningen (n=8823), portiekwoningen (n=33430) en maisonnettes (n=826). De grafieken voor deze 4 categorieën zijn te vinden in Appendix E (figuren E.1 t/m E.4) en leiden tot dezelfde conclusies als figuur 20. Grootste verschil is in de maisonnettes waar de overschatting van het energiegebruik in de woningen met de slechtere labels minder is dan in de andere woningtypen en waar een groter verschil is te zien tussen de energiedata van 2009 en 2013 in label F, maar dit houdt waarschijnlijk verband met het kleine aantal cases in deze categorie. Voor de maisonnettes en voor de rijwoningen zijn er te weinig gegevens om het gasverbruik in label A weer te geven.

Tabel 35: Vergelijking van verwachte energiebesparing uit transversale data met energiebesparing bereikt door woningen te renoveren (longitudinale data) in twee verschillende steekproeven.

	Werkelijke gasbesparing in Amsterdams corporatiewoningen m ³ /jaar ¹²		Werkelijk gasbesparing in de totale SHAERE steekproef
	Gerenoeverde woningen (longitudinale data, zie hoofdstuk 5)	niet-gerenoeverde woningen (transversale data, hoofdstuk 6)	Gerenoeverde woningen (longitudinale data)
G naar F	-	2	133
G naar E	296	-15	153
G naar D	151	-6	215
G naar C	62	56	301
G naar B	114	186	354
G naar A	154	314	446
F naar E	-	36	136
F naar D	99	36	135
F naar C	322	98	227
F naar B	-	228	371
F naar A	231	356	510
E naar D	-	0	127
E naar C	41	62	187
E naar B	568	192	342
E naar A	151	320	392
D naar C	-	62	150
D naar B	252	192	217
D naar A	-	320	318
C naar B	-	130	157
C naar A	-	258	137
B naar A	-	128	129



Figuur 21: gemiddelde gasbesparing per labelstappen en per startlabel (pre-label voor renovatie) op grond van het energiegebruik in verschillende pre-label categorieën in niet-gerenoeverde Amsterdamse corporatiewoningen

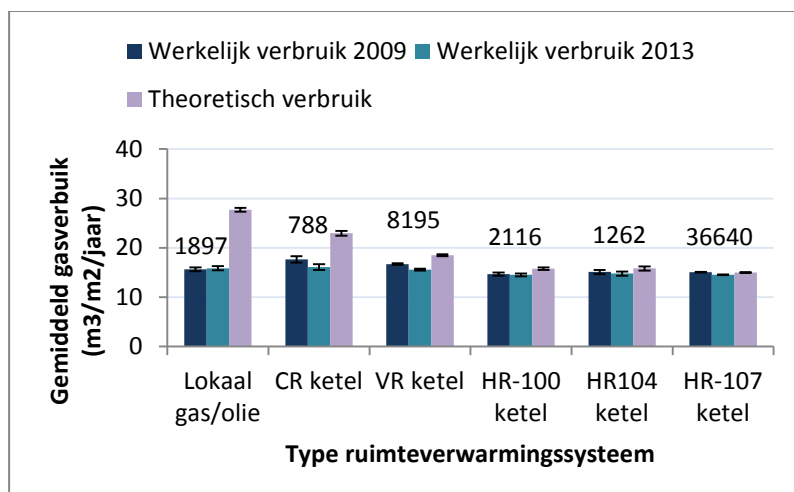
¹² Er is geen direct rekenkundig verband tussen het gasverbruik in m³ en de eerder gepresenteerde verbruiken in m³/m² zie eerdere toelichting op p.32.

6.3 Gasverbruik per (combinaties van) woning karakteristieken

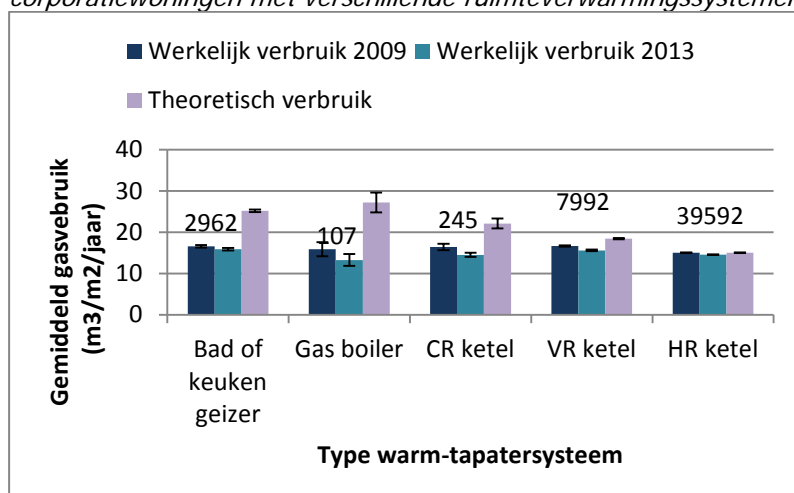
In dit paragraaf wordt door middel van grafieken onderzocht in hoeverre het hebben van specifieke eigenschappen (type ruimte verwarming, type warm tapwaterverwarming, type ventilatie, type isolatie, type glas) het werkelijke gasverbruik beïnvloedt. Telkens worden ook de energiedata voor 2009 en 2013 weergegeven zodat de autonome gasreductie zichtbaar is in alle categorieën.

Type ruimteverwarming en warm-tapwatersysteem

Figuur 22 laat zien dat, overeenkomstig paragraaf 4.3, de meeste woningen een HR107-ketel hebben. Duidelijk is dat het energiegebruik in woningen met een HR107-ketel veel beter voorspeld wordt dan in woningen met een minder efficiënt verwarmingssysteem en dat hoe minder efficiënt het systeem, des te groter de overschatting van het gasverbruik is. Het valt natuurlijk niet uit te sluiten dat dit niets te maken heeft met het verwarmingssysteem, maar met andere eigenschappen van de woning. Voor lokale verwarming op gas of olie is bekend dat de discrepantie voor een groot deel voortkomt uit de naar verhouding geringe verwarmde vloeroppervlakte, waardoor de gemiddelde temperatuur in de woning kleiner is dan aangenomen in de labelberekeningen. Duidelijk is dat in woningen met condenserende ketels (HR100, HR104, HR107) significant minder energie wordt gebruikt dan in woningen met een ander systeem. Deze transversale data zijn dus in lijn met de bevindingen uit longitudinale data in hoofdstuk 5.3.



Figuur 22: Gas verbruik (per m²) van niet-gerenoveerde Amsterdamse corporatiewoningen met verschillende ruimteverwarmingssystemen

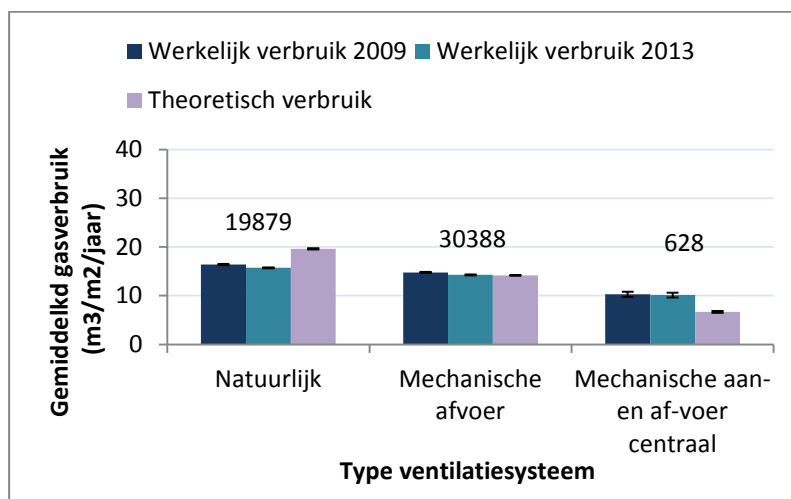


Figuur 23: Gas verbruik (per m²) van niet-gerenoveerde Amsterdamse corporatiewoningen met verschillende warm-tapwatersystemen

De resultaten voor het warm-tapwatersysteem zijn te zien in figuur 23 en leiden tot dezelfde conclusies: woningen waarin een condenserende ketel gebruikt wordt gebruiken significant minder energie dan andere woningen.

Ventilatiesysteem

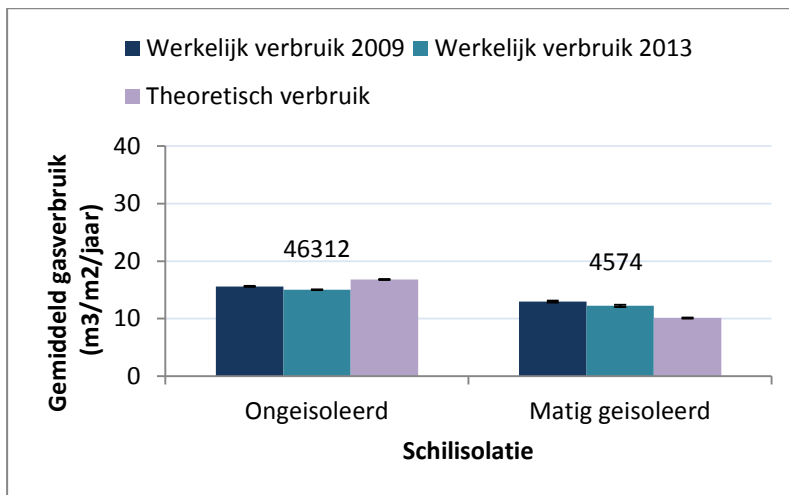
Overeenkomstig paragraaf 4.5 hebben de meeste woningen een mechanisch afvoersysteem of natuurlijke ventilatie (ten opzichte van tabel 19 is het aantal natuurlijke systeem ondervetegenwoordigd in figuur 24). Woningen met balansventilatie (mechanische aan- en afvoer) gebruiken significant minder energie dan andere woningen. Dit is niet terug te vinden in de longitudinale resultaten van paragraaf 5.4 (verandering in ventilatiesysteem). Waarschijnlijk hangt de gasreductie in figuur 24 samen met andere woningkarakteristieken. Het is bijvoorbeeld waarschijnlijk dat balansventilatie voornamelijk in goed geïsoleerde woningen te vinden is, terwijl natuurlijke ventilatie meer in slecht geïsoleerde woningen zal voorkomen. Ook opvallend is dat woningen met balansventilatie meer gas verbruiken dan voorspeld.



Figuur 24: Gas verbruik (per m²) van niet-gerenoveerde Amsterdamse corporatiewoningen met verschillende ventilatiesystemen

Isolatie

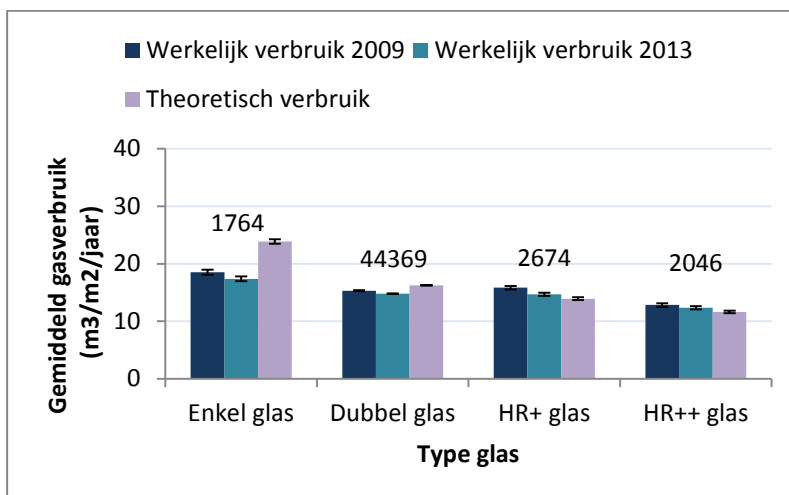
Voor de isolatiegraad van de schil is gebruik gemaakt van de categorieën gedefinieerd in paragraaf 4.15. De afzonderlijke data voor vloer-, dak- en gevelisolatie zijn te vinden in figuren E.5 t/m E.7, Appendix E. De schilisolatie is berekend als het gewogen gemiddelde van de vloer-, dak en gevelisolatie. Zoals eerder vastgelegd, zijn de meeste woningen ongeïsoleerd (zie figuur 25). Woningen die meer dan matig geïsoleerd zijn waren in te kleine aantallen aanwezig om weergegeven te kunnen worden. Duidelijk is dat woningen die matig geïsoleerd zijn significant minder gas verbruiken dan woningen die ongeïsoleerd zijn. Ook is opnieuw zichtbaar dat het gasverbruik van energie-efficiëntere woningen beter voorspeld wordt dan die van minder energie-efficiënte woningen. Vloerisolatie en gevelisolatie geven hetzelfde beeld. Bij vloerisolatie (figuur E.5) is ook te zien dat 'geïsoleerde' en 'goed geïsoleerde' woningen duidelijk beter presteren dan de 'matig geïsoleerde'. Voor gevelisolatie geldt dat alleen voor de categorie 'geïsoleerd'. Voor daken is er weinig verschil tussen de categorieën, behalve dat tussen 'goed geïsoleerde' daken duidelijk beter presteren dan de anderen. Globaal komt dit overeen met de longitudinale data van hoofdstuk 5.5.



Figuur 25: Gas verbruik (per m2) van niet-gerenoveerde Amsterdamse corporatiewoningen met verschillende mate van schilisolatie

Type glas

Hier ook wordt het gasverbruik van woningen beter voorspeld naarmate het glas efficiënter is. Er is weinig verschil tussen het gasverbruik van woningen met dubbelglas of met HR+ glas. Het verschil tussen woningen met enkel glas en dubbel of HR+ glas is wel significant, alsmede het verschil tussen woningen met dubbel (of HR+) glas en die met HR++ glas.



Figuur 26: Gas verbruik (per m2) van niet-gerenoveerde Amsterdamse corporatiewoningen met verschillende types glas

Combinaties van maatregelen

In de voorgaande transversale analyse blijkt dat woningen met bepaalde eigenschappen verschillende gasverbruiken hebben. Het voordeel van een transversale analyse is de grote steekproef. Het is echter niet te achterhalen of het verschil in gasverbruik veroorzaakt wordt de betreffende eigenschap. In de longitudinale analyse in hoofdstuk 5 (waar gerenoveerde woningen gevolgd worden) was het probleem dat er vaak te weinig cases waren per eigenschap zijn om adequaat conclusies te trekken. Hieronder is onderzocht in hoeverre het combineren van eigenschappen in een transversale analyse kan leiden tot dezelfde inzichten als in een longitudinale analyse.

Ter illustratie is gekeken naar:

- 1) *Het effect van verschillende types glas door te kijken naar combinaties met ongeïsoleerde schil, geïsoleerde schil, niet-efficiënte verwarmingssystemen (zie definitie in & 4.15) en een efficiënte verwarmingssystemen (HR107-ketel) (zie figuren E.8 t/m E.11 in Appendix E).*

Voor iedere van deze 4 combinaties is een significant verschil te zien in gasverbruik wanneer de woning dubbelglas heeft of HR++ glas. Tussen dubbelglas en HR+ glas wordt geen significant verschil gevonden. Dit leidt dus tot dezelfde bevindingen als in de steekproef van gerenoveerde woningen (zie paragraaf 5.6, figuur 15)

- 2) *Het effect van verschillende type installaties (niet-efficiënt en HR-107) idoor te kijken naar combinaties met type glas (zie figuren E.10 en E.11 in Appendix E).*

Dit voorbeeld is minder overtuigend. Bij woningen met enkel glas of met HR++ glas is het gasverbruik van de woningen die een niet-efficiënt systeem hebben niet significant hoger dan die van de woningen met een HR107-ketel- die is zelf lager voor de categorie HR++ glas. Bij woningen met dubbel glas of HR+ glas, is in de woningen met een niet-efficiënt systeem wel een significant hoger gasverbruik dan in de woningen met een HR107-ketel.

6.4 Verklarende factoren van het gasverbruik

Tenslotte is, ter ondersteuning van de grafische analyse in voorgaande paragrafen, een aantal regressieanalyses uitgevoerd in de steekproef van niet-gerenoveerde woningen.

De regressieanalyses zijn uitgevoerd voor de werkelijke en theoretische gasverbruiken per m² vloeroppervlak. Door te kiezen voor gasverbruik per m², wordt de grootte van de woning, waarvan al bekend is dat het een belangrijke verklarende factor is (Majcen 2014) buiten beschouwing gelaten. Om de multivariate regressieanalyses te kunnen uitvoeren zijn de categorische variabelen getransformeerd tot dummy variabelen. Als referentie voor deze dummy's is genomen: energielabel G, galerijwoning en VR-ketel.

De volgende termen worden gehanteerd:

- R^2 is de variantie en geeft de mate aan waarin de betreffende variabelen de variatie in gasverbruik verklaren. R^2 ligt tussen 0 (geen enkele bijdrage aan de verklaring) en 1 (volledige verklaring) ofwel tussen 0% en 100%.
- Sig. is de significantie. Hoe kleiner Sig., des te signifikanter is een parameter, wat betekent dat het geobserveerde effect een grotere waarschijnlijkheid heeft om niet het resultaat van toeval in de steekproeftrekking te zijn. De parameters met een Sig. groter dan 0,05 worden in de tabellen in dit paragraaf en in Appendix F grijs gemarkeerd en hebben geen effect op het resultaat (het zijn dus geen verklarende parameters voor het gasverbruik).
- B is de regressiecoëfficiënt en kwantificeert het effect van een parameter op het gasverbruik wanneer alle andere parameters constant gehouden worden.
- Beta is de gestandaardiseerde regressiecoëfficiënt en maakt een betere vergelijking tussen de verschillende regressiecoëfficiënten mogelijk.

De onderzochte verklarende parameters zijn de leeftijd van de woning, het type woning, het type ruimteverwarmingsinstallatie, het type glas en de schilisolatie. Daarnaast zijn ook regressieanalyses uitgevoerd met en zonder de energielabel (pre-labels) als verklarende parameters.

De resultaten van de afzonderlijke regressieanalyses zijn te vinden in Appendix F en zijn in tabel 36 samengevat.

Tabel 36: % te verklaren variatie (R^2) van het gasverbruik voor verschillende parameters en combinaties van parameters

	R ² werkelijk gasverbruik in 2013 (%)	R ² theoretisch gasverbruik in 2013 (%)
Energielabels uitsluitend	4,3	75,3
Ouderdom woning uitsluitend	3,4	30,9
Type woning uitsluitend	1,1	4,9
Schilisolatie uitsluitend	1,1	6,6
Type glas uitsluitend	0,8	5,5
Type installaties uitsluitend	0,4	13,6
Ouderdom en type woning samen	3,8	31,7
Schilisolatie, type glas en type installaties samen	2,1	22,8
Ouderdom woning, schilisolatie, type glas en type installaties samen	4,6	43,2
Alle parameters samen behalve energielabels	5,0	44,3
Alle parameters samen (6)	5,9	77,7

Duidelijk is dat de bestudeerde parameters een veel groter deel van de variantie verklaren bij het theoretisch gasverbruik dan bij het werkelijke verbruik (77,7% tegenover 5,9%). Dit komt overeen met eerdere bevindingen in Majcen, 2014. Voor het werkelijk gasverbruik spelen ook tal van andere parameters zoals verwarmde oppervlakte, temperatuur setting, aantal uren aanwezigheid thuis en ventilatiegewoontes. Dit verklaart de lage R^2 waarde.

Op het niveau van individuele parameters heeft de energielabel duidelijk de grootste verklarend vermogen, zowel theoretisch als werkelijk (respectievelijk 75,3 en 4,3%), gevolgd door de leeftijd van de woning. De type installatie komt op de derde plaats voor het theoretisch verbruik en maar op de zesde voor het werkelijk gebruik (respectievelijk 13,6% en 0,4%). Type woning, schilisolatie en type glas hebben ongeveer hetzelfde verklarend vermogen, rond 5,5% voor het theoretisch gasverbruik en 1% voor het werkelijk gasverbruik.

De energetische kenmerken bestudeerd in dit rapport (schilisolatie, type glas en installatie) verklaren samen 2,1% van het werkelijk gasverbruik. Als de ouderdom van de woning en het woningtype daaraan toegevoegd worden, stijgt het verklarend vermogen tot 4,6% en tot 5%. Als ook de energielabels meegeteld worden is het verklarend vermogen 5,9%.

Alle relevante parameters van de regressieanalyse worden voor de laatste combinatie (alle parameters samen) in tabel 36 weergegeven. Niet significante categorieën zijn niet weergegeven. Categorieën met een lage significantie zijn grijs onderstreept.

Overeenkomstig met voorgaande hoofdstukken (figuur 20) geeft de regressieanalyse voor het werkelijk gasverbruik aan dat er geen significant verschil is tussen labels D en G. Er is op dat punt ook geen significant verschil tussen een geïsoleerde en een ongeïsoleerde schil, maar wel tussen een matig geïsoleerde en een ongeïsoleerde schil (zie ook paragraaf 6.3, figuur 25). Er is ook geen significant verschil tussen het gasverbruik in woningen met een HR104-ketel en in woningen met een VR-ketel (zie ook figuur 22). De regressieanalyse geeft ook aan dat er geen verschil in gasverbruik is tussen een maisonnette en een galerijwoning.

Opvallend is ook dat bij het theoretisch gasverbruik lokale gas/olieverwarming, HR104-ketel en HR107-ketel geen significant effect hebben ten opzichte van een VR-ketel. Dit lijkt tegenstrijdig met figuur 22 en komt voort uit het feit dat de energielabels meegenomen zijn in de analyse. In tabel F.10, waar dat niet het geval is, zijn alle typen installaties significant.

Betreffende de parameters die tijdens een energierenovatie veranderd kunnen worden, zijn de parameters met het grootste effect op de reductie van het gasverbruik (negatieve Beta-coëfficiënten) in afnemende volgorde: HR++ glas i.p.v. enkel glas, dubbel glas i.p.v. enkel glas, HR+ glas i.p.v. enkel glas, matig geïsoleerde schil i.p.v. ongeïsoleerde schil en een HR107-ketel i.p.v. een VR-ketel. Dit is consistent met eerdere bevindingen in hoofdstuk 5 en dit hoofdstuk.

Tabel 36: Regressieanalyse op het gasverbruik wanneer alle parameters meegenomen worden (grijs: niet significant; groen: meest efficiënte renovatieparameters)

	Werkelijk gas verbruik in 2013 (m ³ /m ²) (R ² =5,9%)				Theoretisch gasverbruik (m ³ /m ²) (R ² =77,7%)			
	B	Std. Error	Beta	Sig.	B	Std. Error	Beta	Sig.
(Constant)	15,029	,273		,000	32,325	,130		,000
Ouderdom	,026	,001	,102	,000	,033	,001	,133	,000
A_vs_G	-2,239	,490	-,023	,000	-25,995	,233	-,278	,000
B_vs_G	-1,152	,237	-,051	,000	-23,785	,113	-1,086	,000
C_vs_G	-,810	,213	-,051	,000	-22,558	,101	-1,464	,000
D_vs_G	,490	,206	,027	,017	-18,545	,098	-1,032	,000
E_vs_G	1,229	,208	,056	,000	-14,068	,099	-,659	,000
F_vs_G	1,218	,212	,045	,000	-7,864	,101	-,296	,000
Rijwoning_vs_Galerij	1,467	,121	,069	,000	1,608	,058	,077	,000
Vrijstaand_vs_Galerij	3,758	1,151	,014	,001	3,072	,546	,012	,000
Portiekwoning_vs_Galerij	,587	,094	,036	,000	,483	,044	,031	,000
Maisonnette_vs_Galerij	-,647	,271	-,011	,017	-2,268	,128	-,039	,000
Overigflat_vs_Galerij	2,893	,845	,015	,001	1,707	,401	,009	,000
2zonder1kap_vs_Galerij	6,176	1,802	,015	,001	5,111	,856	,013	,000
Lokalegas_vs_VR	-1,341	,201	-,033	,000	-,206	,095	-,005	,031
CR_vs_VR	-1,028	,281	-,017	,000	-1,577	,134	-,026	,000
HR100ketel_vs_VR	-,744	,184	-,019	,000	,250	,087	,007	,004
HR104ketel_vs_VR	-,281	,228	-,006	,217	,281	,108	,006	,009
HR107ketel_vs_VR	-,657	,098	-,039	,000	,060	,047	,004	,195
Dubbel glas_vs_Enkel glas	-1,471	,185	-,064	,000	,316	,088	,014	,000
HR+ glas_vs_Enkel glas	-1,457	,235	-,043	,000	-,685	,112	-,020	,000
HR++ glas_vs_Enkel glas	-2,859	,255	-,073	,000	-,782	,121	-,021	,000
DriedubbelDriedubbel glas_vs_Enkel glas	-2,960	3,043	-,004	,331	2,075	1,445	,003	,151
Matig geïsoleerd_vs_Ongeïsoleerd	-,950	,135	-,036	,000	-,511	,064	-,020	,000
Geïsoleerd_vs_Ongeïsoleerd	-4,868	3,320	-,006	,143	-,685	1,577	-,001	,664

6.5 Conclusies

In dit hoofdstuk is onderzocht wat het gasverbruik is in niet-gerenoveerde woningen met verschillende eigenschappen. Een autonome afname van het gasverbruik van ongeveer $0.4 \text{ m}^2/\text{m}^3/\text{jaar}$ kwam aan het licht, die mogelijk toe te schrijven is aan veranderende kookgewoontes.

Ook werd duidelijk dat het gasverbruik per labelcategorie anders is in de steekproef van niet-gerenoveerde woningen dan in de steekproef van gerenoveerde woningen. Gerenoveerde woningen in labels A, C en D gebruiken significant meer gas dan niet-gerenoveerde woningen met dezelfde labels. Bij labels B en D komen de verbruiken ongeveer overeen.

Het bestuderen van het gasverbruik in woningen met verschillende karakteristieken heeft duidelijk gemaakt dat de energielabel een goede voorspeller is van het gasverbruik en dat ouderdom van de woning en woningtype ook een rol spelen. In woningen met een HR107-ketel wordt significant minder gas verbruikt dan in woningen met een VR-ketel. hetzelfde geldt voor woningen met isolerend glas ten opzichte van woningen met enkel glas. Woningen waarbij de schil matig is geïsoleerd gebruiken zijn ook energiezuiniger dan woningen die ongeïsoleerd zijn. Het ventilatiesysteem lijkt er niet zoveel toe te doen.

Ook is in alle analyses geconstateerd dat het gasverbruik bij energie-efficiënte woningen (hoge mate van isolatie, energiezuinige systemen) veel beter voorspeld wordt dan bij andere woningen. Bij de energie-onzuinige woningen is de voorspelling gemiddeld 30% te hoog. Door deze discrepantie wordt de energiebesparing systematisch overschat.

7 Conclusies en aanbevelingen

In dit rapport is eerst onderzocht welke labelstappen gemaakt zijn bij gerenoveerde Amsterdamse corporatiewoningen en welke maatregelen er genomen zijn. Gedurende deze eerste analyse is gebleken dat de SHAERE-data voor Amsterdam, die als basisdata zijn gebruikt, geen goed beeld geven van de werkelijke renovaties. De data bleken vaak niet aanwezig te zijn of niet actueel.

Om in aanmerking te komen voor subsidie op grond van de 'Bijzondere subsidieverordening verbetering energie-index 2011' moeten minimaal twee labelstappen gemaakt worden en moet de label na renovatie officieel zijn aangemeld bij RVO. Echter, in de SHAERE-database hadden alleen 39% van de woningen na renovatie een label, en van deze hadden alleen 58% twee labelstappen of meer gemaakt. Een vergelijking van de SHAERE-labeldata met de data van de gemeente Amsterdam heeft uiteindelijk uitgewezen dat een betere representativiteit bereikt kan worden door in SHAERE alleen de woningen te selecteren die volgens SHAERE ook officieel aangemeld zijn bij RVO en met minimaal twee label stappen zijn verbeterd. Hoewel dit de omvang van de steekproef sterk reduceert, is vanwege de betrouwbaarheid van de gegevens ervoor gekozen om op dit pad verder te gaan.

Voor deze steekproef van gerenoveerde woningen is vervolgens onderzocht welke mate van energiebesparing is behaald. Er is aangetoond dat iedere labelstapverbeteringen met minstens twee labels gemiddeld heeft geleid tot energiebesparing in de bestudeerde steekproef van 819 woningen. Doordat de steekproef vrij klein is, kon het echter niet voor alle categorieën woningen gesteld worden dat deze energiebesparing ook geldt voor de gehele populatie van gerenoveerde corporatiewoningen in Amsterdam. De behaalde besparingen in de steekproef hebben geen duidelijke relatie met het aantal genomen labelstappen en vertonen een grillig karakter, wat erop wijst dat de uitvoeringskwaliteit van de renovatieprojecten wellicht een rol speelt.

Er is vervolgens gebruik gemaakt van een studie, waarbij alle volgens SHAERE gerenoveerde corporatie woningen in Nederland betrokken zijn. Doordat deze steekproef veel groter is, zijn de resultaten significanter en is het aannemelijk dat de specifieke problemen die gesignaleerd zijn voor SHAERE-Amsterdam minder groot zullen zijn – dit kan echter niet met zekerheid vastgelegd worden. Bij deze woningen wordt een significante besparing op het gasverbruik gevonden bij alle labelstappen. De besparingen hebben ook een duidelijk relatie met het aantal labelstappen: hoe meer stappen hoe groter de besparing. Er kan echter niet vastgelegd worden dat dit ook specifiek voor de Amsterdamse populatie van gerenoveerde corporatiewoningen geldt.

Op dezelfde manier is onderzocht hoe het aantal genomen maatregelen (ongeacht de maatregel) de energiebesparing beïnvloedt. Het nemen van 1 maatregel heeft in de Amsterdamse steekproef niet geleid tot energiebesparing, mogelijk ging het om administratieve veranderingen of om dusdanig kleine aanpassingen dat die geen effect hadden (124 woningen). Bij 2 en 3 maatregelen is energiebesparing geconstateerd in de steekproef van 819 woningen, maar er kon niet bewezen worden dat deze energiebesparing ook geldt op het niveau van de totale populatie van gerenoveerde Amsterdamse woningen (overlappende betrouwbaarheidsintervallen). Alleen bij 4 en 5 maatregelen was dit wel het geval. Hier ook is verder gebruik gemaakt van de nationale SHAERE-database, waaruit blijkt dat het nemen van 1 maatregel tot 131 m³ gasbesparing per woning leidt en het nemen van 2 of meer maatregelen tot gemiddeld 188 m³ gasbesparing.

Er is daarna ingezoomd op specifieke maatregelen. In de bestudeerde Amsterdamse steekproef van 819 woningen is bij alle woningen waarin minstens één enkele specifieke maatregel is genomen gasbesparing gevonden. In de meeste gevallen kon het echter niet hard gemaakt worden dat deze gasbesparing significant is in de gehele populatie van gerenoveerde woningen (7307 woningen) omdat het aantal cases per categorie te klein is om veralgemeend te worden. Significante gasbesparingen zijn gevonden bij:

- Woningen waarbij de CR-ketel vervangen is door een HR107-ketel;
- Woningen waarbij de bad- of keuken geiser is vervangen door een HR-combi ketel;
- Woningen waarbij de mechanische afvoerventilatie is vervangen door natuurlijke ventilatie
- Woningen waarbij de dakisolatie is verbeterd van ongeïsoleerd naar goed geïsoleerd
- Woningen waarbij het glas is verbeterd van enkel glas naar HR+ of HR++ glas.

Doordat er ook andere maatregelen in deze woningen zijn genomen, is de besparing echter niet met zekerheid toe te wijzen aan de specifieke maatregel.

Voor de efficiëntie van specifieke, enkelvoudige maatregelen is gebruik gemaakt van de gerenoveerde woningen in de totale SHAERE-database. Het aantal cases is veel groter, waardoor significantere resultaten gevonden worden. Nadeel is dat het niets zegt over de specifieke situatie in Amsterdam. De resultaten komen op het volgende neer:

- De grootste gasbesparing (218 m³/woning) wordt behaald door enkel glas te vervangen door driedubbel glas. De vervanging van enkel glas door HR++ glas en van dubbel glas naar driedubbelglas komen op de 5^{de} en 9^{de} plaats met respectievelijk 180 m³ en 143 m³ gasbesparing per woning.
- Op de tweede, derde en vierde plaats komen achtereenvolgens de vervanging van respectievelijk CR-combiketels door VR-combiketels (212 m³ besparing), de vervanging van CR-ketels met geiser door VR-combiketels (193 m³) en de vervanging van VR-combiketels door HR107-combiketels (184 m³).
- Op de 5^{de}, 7^{de} en 8^{ste} plaats komen de vervanging van CR-combiketels door HR107-combiketel (180 m³), de vervanging van een VR ketel met geiser door een HR107-ketel (178 m³) en de vervanging van HR100-ketels door HR107-ketels (166 m³). Met name het laatste is opmerkelijk en wijst erop dat het daadwerkelijk uitmaakt voor welke condenserende ketel er gekozen wordt.
- De 10^{de} plaats wordt ingenomen door de verbetering van een matig geïsoleerde schil naar een goed geïsoleerde schil (143m³ per woning).

De 10 minst besparende maatregelen zijn de vervanging van een natuurlijke of mechanische afvoerventilatie systeem door een balansventilatiesysteem (54 en 50 m³ besparing), de vervanging van recentere dubbelgals naar driedubbelglas (23-42 m³), de vervanging van enkel glas door dubbel glas (34 m³), de schil een beetje isoleren (59 m³), de vervanging van lokale verwarming op gas of olie met geiser door een VR-ketel of een HR-ketel (respectievelijk 10 en 50 m³) en de vervanging van een VR-combiketel door een HR104-combiketel (15 m³). De vervanging van een mechanische afvoerventilatie door een vraaggestuurd decentraal mechanisch afvoersysteem lijkt zelfs te leiden tot een toename van het energiegebruik.

Daarnaast levert 1 labelstap (zie figuur 6) 139 m³ gasbesparing per jaar, 2 labelstappen 166 m³, 3 labelstappen leveren 276 m³ besparing, 4 stappen 355, 5 stappen 432 en 6 stappen 446 m³.

In hoofdstukken 4 en 6 is een steekproef van niet-gerenoveerde woningen bestudeerd. De meeste Amsterdamse corporatiewoningen hebben, anno 2014, een pre-label C of D en bijna 30% van de woningen heeft een label E of slechter. Het merendeel van de woningen heeft natuurlijke ventilatie met of zonder mechanische afvoer, een HR-ketel voor ruimteverwarming en warmtapwater en is weinig geïsoleerd, met uitzondering van de ramen die meestal van dubbelglas zijn.

Vervolgens is onderzocht wat het gasverbruik is in niet-gerenoveerde woningen met verschillende eigenschappen. Een autonome afname van het gasverbruik van ongeveer $0.4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jaar}$ ($38 \text{ m}^3/\text{woning}/\text{jaar}$) kwam aan het licht, die waarschijnlijk te danken is aan veranderende kookgewoontes.

Het gasverbruik per labelcategorie blijkt voor niet-gerenoveerde woningen anders dan voor gerenoveerde woningen. Gerenoveerde woningen met label A, C of D gebruiken significant meer gas dan niet-gerenoveerde woningen in dezelfde labels. Bij labels B en D komen de verbruiken overeen.

Het bestuderen van het energiegebruik in woningen met verschillende karakteristieken heeft duidelijk gemaakt, net zoals de regressieanalyse, dat de energielabel een goede voorspeller is van het gasverbruik, evenals de leeftijd van de woning en de woningtype. Woningen met een HR107-ketel gebruiken significant minder gas dan woningen met een VR-ketel, net zoals woningen met isolerend glas minder gas verbruiken dan woningen met enkel glas. Woningen waarbij de schil matig is geïsoleerd zijn ook energiezuiniger dan woningen die ongeïsoleerd zijn. Het ventilatiesysteem lijkt niet zoveel er toe te doen. De bevonden resultaten zijn in lijn met de bevindingen in de steekproef van gerenoveerde woningen.

In alle analyses is geconstateerd dat het verschil tussen het werkelijke en het theoretisch, modelmatig berekende energieverbruik het kleinst is bij energiezuinige woningen. Bij de energieonzuinige woningen is de modelmatige voorspelling gemiddeld 30% te hoog. Door deze discrepantie worden energiebesparingen in de labelmethodiek systematisch overschat.

De hoofdvraag in dit onderzoek was of sturen op maatregelen tot meer energiebesparing zou kunnen leiden dan sturen op labelstappen. De meeste Amsterdamse corporatiewoningen zijn ongeïsoleerd, hebben dubbel glas en een HR107-ketel. Er is in ons onderzoek aangetoond dat door een ongeïsoleerde schil goed te isoleren ongeveer 143 m^3 gas bespaard kan worden. De energiebesparing bij vervanging van dubbel glas door HR++ of 3-dubbelglas is erg afhankelijk van de kwaliteit van de dubbel glas (zie U-waarden in paragraaf 5.6) en de besparingen kunnen variëren van 21 tot 80 m^3 (en zelfs tot 143 m^3 bij oude dubbelglas).

Het lijkt kortom moeilijk te zeggen welke maatregel de prioriteit moet hebben, want de gasbesparing is sterk afhankelijk van de specifieke karakteristieken van de woning voor renovatie. Het gebruik van energielabels om energierenovaties aan te sturen lijkt dus een nuttig uitgangspunt omdat het de benodigde vrijheid geeft om per project de geschikte maatregelen te kiezen en omdat het aantal opgelegde labelstappen op nationaal niveau een duidelijk verband heeft met de mate van energiebesparing (in Amsterdam is echter dat verband niet gevonden). Daartegen lijkt het niet waarschijnlijk dat het stimuleren van specifieke maatregelen meer effect op het energiegebruik zal hebben dan een generieke stimulering zoals de labelstappensubsidie.

Echter, voor het correct kunnen monitoren van energiebesparing en van renovatiemaatregelen zou meer aandacht gegeven moeten worden aan het correct invoeren van de data in de SHAERE-database. Dit zou ook nuttig zijn op corporatieniveau, zodat de monitoring en management van de woningbestanden op basis van actuele data kan gebeuren.

Literatuurverwijzingen

ECN, 2012, Energietrends 2012, ECN, Energie-Nederland, Netbeheer-Bederland, November 2012.

Filippidou, F., Nieboer, N., Visscher, H., 2015a. Energy efficiency measures implemented in Dutch non-profit housing sector, ECEEE 2015 Summer Study proceedings, Hyeres, France.

Filippidou, F., Nieboer, N., Visscher, H., 2015b. The energy renovation pace of the Dutch non-profit housing sector, Submitted to Energy Policy in July 2015

Hezemans A., Marquart E., Monné T., Monitor Energiebesparing Gebouwde Omgeving 2012, Agentschap NL, Juni 2012.

ISSO 82.3 Publication Energy Performance Certificate—Formula Structure (Publicatie 82.3 Handleiding EPA-W (Formulestructuur), Senternovem, October 2009.

ISSO 82.1 Publication Energy Performance Certificate (Publicatie 82.1 Handleiding EPA-W (Formulestructuur), Senternovem, October 2009.

Majcen, D., Itard, L., Visscher, H., 2013a. Actual and theoretical gas consumption in Dutch dwellings: What causes the differences? Energy Policy 61, 460–471.

Majcen, D., Itard, L., Visscher, H., 2013b. Theoretical vs. actual energy consumption of labelled dwellings in the Netherlands: Discrepancies and policy implications, Energy Policy 54, 125–136.

Majcen, D., Itard, L., 2014a. Relatie tussen energielabel, werkelijk energiegebruik en CO₂-uitstoot van Amsterdamse corporatiewoningen, Technische Universiteit Delft, Faculteit Bouwkunde, OTB - Onderzoek voor de Gebouwde Omgeving, in opdracht van Rekenkamer Metropool Amsterdam, Augustus 2014

Majcen, D., Itard, L., 2014b. Relatie tussen huishoudenskenmerken en -gedrag, energielabel en werkelijk energiegebruik in Amsterdamse corporatiewoningen, Technische Universiteit Delft, Faculteit Bouwkunde, OTB - Onderzoek voor de Gebouwde Omgeving, in opdracht van Rekenkamer Metropool Amsterdam, September 2014

Majcen, D., Itard, L., Visscher, H., 2015. Statistical model of the heating prediction gap in Dutch dwellings: Relative importance of building, household and behavioural characteristics, submitted to Energy Policy in November 2015

Menkveld, M., Leidelmeijer, K., Vethman, P., Cozijnsen., E. 2012. Besparingsgetallen energibesparende maatregelen, ECN, May 2012.

Visscher, H., Majcen, D., Itard, L. 2013. Gebruik van de SHAERE-database voor het monitoren van het Convenant Energiebesparing Huursector, Technische Universiteit Delft, Faculteit Bouwkunde, OTB - Onderzoek voor de Gebouwde Omgeving, in opdracht van RVO.

Nieman r.i., 2015 (Kaspers J., Hayting T., Valk H.). Fysieke controle STEP-200 woningen, www.nieman.nl, juni 2015.

Appendix A: Verandering in gevelisolatie: sub-categorieën

Tabel A: Verandering in gevelisolatie waarbij de categorie 'ongeïsoleerd' is verdeeld in 3 subcategorieën. *(grijs gearceerd: verbetering. 1175 woningen zijn verbeterd)*

		Voor renovatie							
		Ongeïsoleerd 1	Ongeïsoleerd 2	Ongeïsoleerd 3	Matig geïsoleerd	Geïsoleerd	Goed geïsoleerd	Extra geïsoleerd	Totaal
Na renovatie	Ongeïsoleerd 1 ($R_c \leq 0,45$)	2021	10	624	6	0	0	0	2661
	Ongeïsoleerd 2 ($0,45 < R_c \leq 0,90$)	260	294	12	2	0	7	0	575
	Ongeïsoleerd 3 ($0,90 < R_c \leq 1,36$)	54	7	194	5	0	2	0	262
	Matig geïsoleerd ($1,36 < R_c \leq 2,86$)	595	197	54	109	0	0	0	955
	Geïsoleerd ($2,86 < R_c \leq 3,86$)	8	0	0	0	0	0	0	8
	Goed geïsoleerd ($3,86 < R_c \leq 5,36$)	0	0	0	0	0	4	0	4
	Extra geïsoleerd ($R_c > 5,36$)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Totaal	2938	508	884	122	0	13	0	4465

Appendix B: Aantal maatregelen en combinaties daarvan in gerenoveerde woningen, per type woning

Tabel B.1: Aantal maatregelen genomen in rijwoningen

Aantal maatregelen	Frequentie	Percentage	% t.o.v. woningen met minimaal 1 maatregel
0	476	35,8	
1	287	21,6	33,6
2	175	13,1	20,5
3	75	5,6	8,8
4	140	10,5	16,4
5	153	11,5	17,9
6	25	1,9	2,9
Total	1331	100	100,0 (855)

Tabel B.2: aantal maatregelen in galerijwoningen

Aantal maatregelen	Frequentie	Percentage	% t.o.v. woningen met minimaal 1 maatregel
0	328	29,2	
1	28	2,5	3,5
2	95	8,5	11,9
3	370	32,9	46,5
4	93	8,3	11,7
5	182	16,2	22,9
6	28	2,5	3,5
Total	1124	100	100,0 (796)

Tabel B.3: Aantal maatregelen in portiekwoningen

Aantal maatregelen	Frequentie	Percentage	% t.o.v. woningen met minimaal 1 maatregel
0	1672	51,3	
1	242	7,4	15,2
2	511	15,7	32,2
3	249	7,6	15,7
4	300	9,2	18,9
5	249	7,6	15,7
6	38	1,2	2,4
Total	3261	100	100,0 (1589)

Tabel B.4: Aantal maatregelen in maisonnettes

Aantal maatregelen	Frequentie	Percentage	% t.o.v. woningen met minimaal 1 maatregel
0	122	92,4	
1	2	1,5	20,0
2	5	3,8	50,0
3	1	0,8	10,0
4	2	1,5	20,0
5	0	0,0	0,0
6	0	0,0	0,0
Total	132	100	100,0 (10)

Tabel B.5: Rijwoning

Maatregelenpakketten met verandering in tenminste:	Frequentie	Percentage
verwarmingsinstallatie en beglazing	296	4,1
verwarmingsinstallatie en gevelisolatie	145	2,0
verwarmingsinstallatie en dakisolatie	242	3,3
verwarmingsinstallatie en vloerisolatie	7	0,1
verwarmingsinstallatie, beglazing en gevelisolatie	138	1,9
verwarmingsinstallatie, beglazing en gevel- en dakisolatie	79	1,1
verwarmingsinstallatie, beglazing en gevel-, dak- en vloerisolatie	0	0,0
gevel- en dakisolatie	142	1,9
gevel- en vloerisolatie	24	0,3
Totaal	1073	14,7 (7307)

Tabel B.6: Galerijwoning

Maatregelenpakketten met verandering in tenminste:	Frequentie	Percentage
verwarmingsinstallatie en beglazing	465	6,4
verwarmingsinstallatie en gevelisolatie	155	2,1
verwarmingsinstallatie en dakisolatie	50	0,7
verwarmingsinstallatie en vloerisolatie	52	0,7
verwarmingsinstallatie, beglazing en gevelisolatie	151	2,1
verwarmingsinstallatie, beglazing en gevel- en dakisolatie	27	0,4
verwarmingsinstallatie, beglazing en gevel-, dak- en vloerisolatie	0	0,0
gevel- en dakisolatie	27	0,4
gevel- en vloerisolatie	2	0,0
Totaal	929	12,7 (7307)

Tabel B.7: Portiekwoning

Maatregelenpakketten met verandering in tenminste:	Frequentie	Percentage
verwarmingsinstallatie en beglazing	399	5,5
verwarmingsinstallatie en gevelisolatie	350	4,8
verwarmingsinstallatie en dakisolatie	81	1,1
verwarmingsinstallatie en vloerisolatie	142	1,9
verwarmingsinstallatie, beglazing en gevelisolatie	187	2,6
verwarmingsinstallatie, beglazing en gevel- en dakisolatie	5	0,1
verwarmingsinstallatie, beglazing en gevel-, dak- en vloerisolatie	0	0,0
gevel- en dakisolatie	31	0,4
gevel- en vloerisolatie	64	0,9
Totaal	1259	17,2 (7307)

Tabel B.8: Maisonnette

Maatregelenpakketten met verandering in tenminste:	Frequentie	Percentage
verwarmingsinstallatie en beglazing	1	0,01
verwarmingsinstallatie en gevelisolatie	1	0,01
verwarmingsinstallatie en dakisolatie	1	0,01
verwarmingsinstallatie en vloerisolatie	2	0,03
verwarmingsinstallatie, beglazing en gevelisolatie	0	0,0
verwarmingsinstallatie, beglazing en gevel- en dakisolatie	0	0,0
verwarmingsinstallatie, beglazing en gevel-, dak- en vloerisolatie	0	0,0
gevel- en dakisolatie	0	0,0
gevel- en vloerisolatie	1	0,01
Totaal	6	0.08 (7307)

Appendix C: Vaak voorkomende combinaties van eigenschappen in de gehele Amsterdamse corporatievoorraad

Tabel C.1 : Vaak voorkomende combinaties in de categorie niet-efficiënte verwarmingssystemen in 2014

	Frequentie	Percentage
Niet-efficiënte verwarmingsinstallatie en ongeïsoleerd dak	6782	15,9
Niet-efficiënte verwarmingsinstallatie en ongeïsoleerde vloer	11124	26,1
Niet-efficiënte verwarmingsinstallatie en ongeïsoleerde gevel	23372	54,8
Isolatie niet bekend	1373	
Totaal	42651	
Niet-efficiënte verwarmingsinstallatie en enkelglas	1756	4,1
Niet-efficiënte verwarmingsinstallatie en dubbelglas	22685	53,2
Niet-efficiënte verwarmingsinstallatie en HR+ glas	1232	2,9
Niet-efficiënte verwarmingsinstallatie en HR++ glas	421	1,0
Niet-efficiënte verwarmingsinstallatie en driedubbel isolatieglas	7876	18,5
Totaal	42651	

Tabel C.2: Vaak voorkomende combinaties in de categorie HR 107 ketels in 2014

	Frequentie	Percentage
HR107-ketel en ongeïsoleerd dak	14652	13,4
HR107-ketel en ongeïsoleerde vloer	27154	24,9
HR107-ketel en ongeïsoleerde gevel	71303	65,3
Totaal *	113109	109248
HR107-ketel en enkelglas	3467	3,2
HR107-ketel en dubbelglas	67930	62,2
HR107-ketel en HR+ glas	6671	6,1
HR107-ketel en HR++ glas	8599	7,9
HR107-ketel en driedubbel isolatieglas	18493	16,9
Type glas onbekend	4088	
Totaal	109248	

*: het totaal is groter dan in tabel 17 (109248) omdat er ook combinaties zijn van ongeïsoleerde dak/vloer/gevel

Tabel C.3: Vaak voorkomende combinaties in de categorie warmtepompen in 2014

	Frequentie	Percentage
Warmtepomp en ongeïsoleerd dak	74	3,0
Warmtepomp en ongeïsoleerde vloer	163	6,5
Warmtepomp en ongeïsoleerde gevel	714	28,7
Warmtepomp en andere isolatiecategorieën	1538	61,8
Totaal	2489	
Warmtepomp en enkelglas	22	0,9
Warmtepomp en dubbelglas	1854	74,5
Warmtepomp en HR+ glas	52	2,1
Warmtepomp en HR++ glas	311	12,5
Warmtepomp en driedubbel isolatieglas	226	9,1
Type glas onbekend	24	
Totaal	2489	

Tabel C.4: Vaak voorkomende combinaties in de categorie ongeïsoleerde gevels in 2014

	Frequentie	Percentage
Ongeïsoleerde gevel en niet-efficiënte verwarmingsinstallatie	27317	25,1
Ongeïsoleerde gevel en efficiënte verwarmingsinstallatie	81551	74,9
Totaal	108868	
Ongeïsoleerde gevel en enkelglas	5409	5,0
Ongeïsoleerde gevel en dubbelglas	74267	68,2
Ongeïsoleerde gevel en HR+ glas	4886	4,5
Ongeïsoleerde gevel en HR++ glas	3894	3,6
Ongeïsoleerde gevel en driedubbel isolatieglas	16968	15,6
Totaal	108868	

Tabel C.5: Vaak voorkomende combinaties in de categorie ongeïsoleerde schil in 2014

	Frequentie	Percentage
Ongeïsoleerde schil en niet-efficiënte verwarmingsinstallatie	33892	22,9
Ongeïsoleerde schil en HR107-ketel	97618	65,9
Ongeïsoleerde schil en warmtepomp	1985	1,3
Ongeïsoleerde schil en andere type verwarming	14725	
Totaal	148220	
Ongeïsoleerde schil en enkelglas	5586	3,8
Ongeïsoleerde schil en dubbelglas	95088	64,2
Ongeïsoleerde schil en HR+ glas	8409	5,7
Ongeïsoleerde schil en HR++ glas	7862	5,3
Ongeïsoleerde schil en driedubbel isolatieglas	26956	18,2
Type glas onbekend	4319	
Totaal	148220	

Tabel C.6: Vaak voorkomende combinaties in de categorie geïsoleerde gevels in 2014

	Frequentie	Percentage
Geïsoleerde gevel en niet-efficiënte verwarmingsinstallatie	9643	17,4
Geïsoleerde gevel en HR107-ketel	35647	64,4
Geïsoleerde gevel en warmtepomp	1752	3,2
Geïsoleerde gevel en andere type installatie	8273	
Totaal	55315	
Geïsoleerde gevel en enkelglas	213	,4
Geïsoleerde gevel en dubbelglas	28326	51,2
Geïsoleerde gevel en HR+ glas	6077	11,0
Geïsoleerde gevel en HR++ glas	6726	12,2
Geïsoleerde gevel en driedubbel isolatieglas	12351	22,3
Type glas onbekend	1622	
Totaal	55315	

Tabel C.7: Vaak voorkomende combinaties in de categorie geïsoleerde daken in 2014

	Frequentie	Percentage
Geïsoleerd dak en niet-efficiënte verwarmingsinstallatie	6623	16,4
Geïsoleerd dak en HR107-ketel	27719	68,5
Geïsoleerd dak en warmtepomp	394	1,0
Geïsoleerd dak en andere type verwarming	5752	
Totaal	34736	
Geïsoleerd dak en enkelglas	729	1,8
Geïsoleerd dak en dubbelglas	23628	58,4
Geïsoleerd dak en HR+ glas	3489	8,6
Geïsoleerd dak en HR++ glas	3463	8,6
Geïsoleerd dak en driedubbel isolatieglas	7916	19,6
Type glas onbekend	1263	
Totaal	40488	

Tabel C.8: Vaak voorkomende combinaties in de categorie geïsoleerde vloer in 2014

	Frequentie	Percentage
Geïsoleerde vloer en niet-efficiënte verwarmingsinstallatie	3512	13,1
Geïsoleerde vloer en HR107-ketel	19184	71,5
Geïsoleerde vloer en warmtepomp	238	,9
Geïsoleerde vloer en andere type verwarming	3895	
Totaal	26829	
Geïsoleerde vloer en enkelglas	445	1,7
Geïsoleerde vloer en dubbelglas	15226	56,8
Geïsoleerde vloer en HR+ glas	2570	9,6
Geïsoleerde vloer en HR++ glas	2639	9,8
Geïsoleerde vloer en driedubbel isolatieglas	5689	21,2
Type glas onbekend	260	
Totaal	26829	

Tabel C.9: Vaak voorkomende combinaties in de categorie geïsoleerde schil in 2014

	Frequentie	Percentage
Geïsoleerde schil en niet-efficiënte verwarmingsinstallatie	1933	11,6
Geïsoleerde schil en HR107-ketel	9932	59,4
Geïsoleerde schil en warmtepomp	481	2,9
Geïsoleerde vloer en andere type verwarming	4361	
Totaal	16707	
Geïsoleerde schil en enkelglas	42	,3
Geïsoleerde schil en dubbelglas	8265	49,5
Geïsoleerde schil en HR+ glas	2646	15,8
Geïsoleerde schil en HR++ glas	3182	19,0
Geïsoleerde schil en driedubbel isolatieglas	2403	14,4
Type glas onbekend	169	
Totaal	16707	

Appendix D: Paper summary

Actual heating energy savings in thermally renovated Dutch dwellings

D. Majcen, L. Itard

Methodology

Dataset properties

The SHAERE register is a raw, full export of the entire energy performance certificate calculation according to the Dutch standard (ISSO, 2009) on the level of dwellings for each year from 2010 on. The data differs significantly from the certificate data stored by the Ministry of the Interior and Kingdom Relations of The Netherlands (label certificates registered by the authorities as used in the studies by Majcen et al. 2013a and 2013b), since it includes all detailed properties required for the calculation of the energy label. However, the data in SHAERE does not consist of registered label certificates, but of so-called pre-labels. A pre-label is a label certificate of a dwelling that may have not been registered at the authorities yet but has nevertheless been recorded internally by a housing association. According to Aedes, pre-labels are updated whenever a renovation measure takes place and are considered accurate because housing associations report to use these pre-labels as an asset management tool (Visscher et al., 2013). Aedes provided the data from 243 Dutch housing associations (in 2011 there were a total 289 associations in The Netherlands) in years 2010, 2011, 2012 and 2013. It is important to note, that social housing represents 33% of the Dutch dwelling stock (Energiecijfersdatabase) and even though some properties differ with the private sector (Majcen et al., 2013a) such a larger sample does offer a great deal of representativeness. The database included dwellings geometry, envelope and installation system characteristics, as well as the theoretical heating energy consumption calculated according to the Dutch ISSO standard (ISSO 82.3, 2009).

In the present paper the dwelling data is available pre-and post-renovation (also called longitudinal data), which greatly improves the variance between groups due to the changes in conditions we do not control for (different household and occupant properties in different groups etc.). The dwelling information available in this paper was also more detailed than in previous studies, including detailed information on the quality of insulation and hot tap water installation.

Variable extraction

From the MSSQL SHAERE database, the tables about dwelling information, heating and hot tap water installation information, ventilation and envelope characteristics were merged for analysis, based on the dwelling ID. The type of each construction element (floor, roof, wall, window or door), area, U-value (heat transfer coefficient for windows) or R value (thermal resistance for all other constructions) is known.

To simplify the analysis we computed the average R value for the whole envelope and U value for windows using the formulas below using basic thermodynamic principles.

$$R_{average} = (A_1 + A_2 + (\dots) + A_n) / \left(\frac{A_1}{R_1} + \frac{A_2}{R_2} + (\dots) + \frac{A_n}{R_n} \right)$$

$$U_{average} = \left(\frac{U_1 \cdot A_1 + U_2 \cdot A_2 + (\dots) + U_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + (\dots) + A_n} \right)$$

Insulation values for floor, roof, wall, windows and doors were available as continuous values. To simplify the detection of changes in insulation in between years, these variables were discretised into

a finite number of categories. We first considered using the commonly encountered categories of insulation (as described in the Dutch standard ISSO 82.1), but since this yielded distributions highly dominated by the average value, we rather decided to rank the data into 10 categories and use the top and bottom value of each rank class as a basis for the category. We aimed for 10 categories within each label (each containing 10% of records). That way we capture more changes than by using the commonly used insulation groups. The categories are described in Table 1. The categories for R-value may seem to have strange ranges: the maximum R-value is 1,36 which is relatively low. One should keep in mind that an old Dutch dwellings may often have an R-value of 0,19 and insulation is generally brought only on a part of the house (e.g. the roof only or the wall between the window and the floor only) leading to average values that are still low.

The heating installation systems were all gas powered. The least efficient system ($\eta=65\%$) is a local gas heater, where local means that the heater – a gas stove - is situated in one place in the apartment, most commonly the living room. The rest of the bedrooms are in this case not heated. An upgraded version of this system is a gas stove that is used to also heat the bedrooms, this is the gas heater with lowest efficiency ($65\% < \eta < 83\%$), regarded as $\eta < 83\%$, this kind of heater is non-condensing. A conventional condensing boiler has an $\eta > 83\%$, and there are several high(er) efficiency condensing boilers with efficiencies of 90, 94 and 96%, referred to as $\eta > 90\%$, $\eta > 94\%$ and $\eta > 96\%$. The heaters for hot tap water are similar, in most cases the heater for space and water is combined, and in cases where it is not combined, the households use a tankless gas boiler for water heating. The methodology predicts several water efficiencies of water heaters – conventional ($\eta < 83\%$), improved ($83\% < \eta < 90\%$) and high efficiency condensing boiler ($\eta > 90\%$).

Regarding ventilation, most dwellings in The Netherlands only have natural ventilation. In the data we also encountered several types of mechanical ventilation, such as, central mechanical exhaust, central demand controlled mechanical ventilation (DCV) controlled by CO₂ sensors, mechanical balance ventilation with heat recovery, decentralised mechanical ventilation with heat recovery, demand controlled decentralised mechanical exhaust ventilation.

Table 1: Categories of insulation values used

R envelope [Km ² /W]	Categorised R value	U window [W/Km ²]	Categorised U value
-0.19	R10	/	
0.19-0.21	R9	/	
0.21-0.25	R8	>4	U8
0.25-0.28	R7	3.7-4.0	U7
0.28-0.34	R6	3.1-3.7	U6
0.34-0.45	R5	2.93-3.1	U5
0.45-0.68	R4	2.9-2.93	U4
0.68-1.01	R3	2.6-2.93	U3
1.01-1.36	R2	1.8-2.6	U2
1.36-	R1	>1.8	U1

Sample selection

In theory, all dwellings should be pre-labelled and reported to Aedes each year, therefore ideally, each dwelling would have one record for each year of observation starting with 2010 up to 2013, adding up to four records. However, due to several reasons such as changes in associations reporting on the stock (some may cancel or start their cooperation with Aedes), purchases and/or sales of dwellings and demolition and new construction many dwellings have less than 4 records. In principle, more and more dwellings are pre-labelled and reported each year, since more associations decide to partici-

pate and the reported dwellings stock continues to grow. If one dwelling had several records in one given year and in case all dwelling properties were equal, we deleted the copies to leave only one record per dwelling. In some instances, not all properties were identical in both records and in that case we deleted both cases as we could not determine which one is more recent (the only time reference in the database is the year of the pre-label, no day or time stamp is available). After deleting those, our dataset was reduced from the initial 5205979 to 4612020 cases over four years.

After examining frequencies it became clear that the dataset contained a number of dwellings with an unrealistically small or large floor area. Therefore cases where floor area is below 15m² and above 500m² were deleted, resulting in a further reduced sample of 4606749 cases.

Most Dutch dwellings are heated by gas, and in the SHAERE sample almost 90% of the dwelling records (over all four year together) had a gas-powered hot tap water system and 93% had a gas-powered heating system. The rest of the dwellings utilize either district heating (4%) or electricity (6%) for hot tap water and about 7% of the space heating installations are electrical systems. Besides the variable about the installation type, information was available whether the whole system of hot tap water and space heating was collective or individual (8,3 and 16,6% of the total sample, respectively). District heating systems had to be removed due to the inaccurate annual consumption data for such installations. Electrical heating systems, mostly heat pumps, have been omitted to keep the scope limited and results more accurate. Removing non-gas based and collective systems left us with a sample of 3729256 reported pre-labels and further deletion of non-independent dwellings (student rooms, rooms in elderly homes etc.) resulted in a dataset of 3728143 pre-labels. As the actual energy consumption data from Statistics Netherlands was not yet available for the year 2014, we narrowed the sample further to the period of 2010 – 2012, resulting in 2726600 pre-label reports. For the measures that were taken in 2013 we would namely not be able to find a corresponding actual consumption (see also further in this section).

The actual energy use data provided by the Statistics Netherland is collected from the energy companies, which base it on the annual meter readings done by the occupants. The data is therefore sometimes missing and averaged on the basis of similar households and sometimes an extrapolation of monthly values (if the reading are less than a year apart). This can cause inaccuracies that have already been discussed in previous papers (Majcen et al. 2013a, Majcen et al. 2013b, Majcen et al. 2015). The actual gas consumptions corresponded to the climatic year regarding the degree days, therefore corrections were applied to compare these consumption values with the theoretical ones (Majcen et al. 2013b).

The abovementioned SHAERE sample of 2726600 reported pre-labels corresponds to 1234724 individual dwellings. In this dataset, every dwelling contained one or several pre-labels (longitudinal data). The number of pre-label certificates from different years is gathered in Table 2.

Table 2: Number of dwellings having a pre-label in a given year

2010 only	93797	8%
2011 only	104959	9%
2012 only	126599	10%
2010 and 2011 only	151467	12%
2010 and 2012 only	64140	5%
2011 and 2012 only	111255	9%
2010, 2011 and 2012	582507	47%
	1234724	100%

Dwellings with at least two pre-labels (sum of row 4 till 7 in

Table 2) were selected, in total they amount to 909.369 dwellings. Due to missing actual gas consumption data and the fact that some categories contained less than 30 dwellings (which leads to high 95% confidence intervals and low statistical significance), the sample was reduced to 644.586 dwellings. Sample B is for each property, a subsample of these 644.586 dwellings. For instance, when studying changes in space heating and hot tap water, all dwellings with an improvement in space heating between the first and the last pre-label were selected, leading to a sample of 79.241 dwellings (Table). For dwellings with more than two pre-labels, the first and the last one were selected. Since dwelling observations were annual, last actual gas consumption before the first pre-label report year was used as baseline and the first available consumption data after the last pre-label report year. For example, for dwellings having the first pre-label report in 2010, gas data from 2009 was used and for dwellings having their last pre-label report in 2012, gas data for 2013 was used. Another condition was that both actual and theoretical consumptions have to be valid before and after the renovation (between 15 and 6000 m³).

As Table 3 shows, the database reveals that some of dwellings in the sample have improved, most stayed the same and a fraction even deteriorated. Since all stock should be reported each year, it is logical that a large fraction remained unchanged as most dwellings do not undergo any change. Deteriorations are more surprising at first sight, but appear to occur due to a re-inspection of dwelling leading to a re-calculation of the label. This occurred due to changes in the inspection procedure or faults in the first inspection. All three installation variables observed have rather few deteriorations – between 1 and 2% whereas insulation values have slightly more (Table 4). Since we suspect these are administrative corrections, we do not show these changes in the graphics and consider only the improvements. In addition all dwellings having more than one property changed were eliminated, meaning that dwellings have one and only one property changed. Categories with a number of records below 30 were discarded and Table 4 shows the amount of dwellings observed. While the samples in this section are much smaller than in section B, they offer valuable results about the effect of one single measure, which have to our knowledge not been previously described in scientific literature.

Table 3: Share of improvements and deteriorations of various dwelling properties (total sample) and sizes of analysed subsamples

	Label changes	Space heating and hot tap water	Ventilation	U value windows	R value envelope
Deteriorations	5%	2%	1%	6%	10%
No change	78%	87%	95%	77%	74%
Improvements	17%	12%	4%	18%	15%
Total final sample size		30749	4866	15744	21035

Uncertainties

In the section before, we showed that deteriorations of properties were observed in a small part of the sample (1 to 10%) due to re-inspection and re-calculations. We cannot exclude a comparable amount of improvements being caused by re-inspection and re-calculations rather than by real improvements. This will be taken into account in the analysis of the results. Moreover, also degree days

calculation applied to actual gas consumptions and socioeconomic factor could influence the results (varying household size or composition, economic crisis, changing energy source for cooking etc.). To test these impacts, a control group consisting of unchanged dwellings was studied. Dwellings with 4 pre-label reports (497.088 dwellings) were selected out of the 2010-2013 SHAERE database containing 3728143 cases, after removing dwellings with missing actual gas data (cut-off points for outliers being 15 and 6000 m³ gas). From these 497.088 dwellings only the ones which had identical theoretical gas consumption four times were selected. These dwellings had no changed in any of the properties considered in this paper. This subsample contained 15.602 dwellings where no renovation measures took place. Table 4 shows a slight decrease of actual gas consumption of about 1,6% annually. In the identified sample of 15602 dwellings their standardised actual gas use has decreased with 3,6% in years 2010 – 2013, which means that energy savings below 38 m³ should not be considered as real improvement but as background noise.

Table 4: Reduction in actual gas consumption between 2010 and 2013 in non-renovated dwellings (N=15.602)

Year	2010	2011	2012	2013
Average actual gas use [m ³ /year]	1054*	1034*	1017*	1016*
Average theoretical gas use [m ³ /year]	1113	1113	1113	1113
Gas reduction relative to 2010 [m ³ /%]	/	20 [1,9]	37 [3,5]	38 [3,6]

*The differences in actual consumption between the four years are significant on a 95% CI

Results

Change in only space heating and hot tap water

This section shows the actual and theoretical reduction of dwellings which had an improvement in the space heating and hot tap water installation. The two systems are viewed together despite the fact that in SHAERE database, these were two separate variables. However, during the preliminary analyses many illogical combinations of space heating and hot tap water were observed, such as a combined high efficiency hot tap boiler together with local gas heater. Such an installation is impossible in practice, since 'combined' boiler means that it is used also for heating. Because of this hot tap water and heating were analysed together, only looking at the dwellings with a logical combination of the two systems. Furthermore, for better readability we only show the results for dwellings which had an improvement in both, heating and hot tap water systems and not just in one. This way the amount of results is manageable and the most interesting combinations are studied. To ensure statistical significance, groups with less than 30 cases are omitted from the figures.

In this sample of 30749 cases, heating and hot tap water installation was changed according to the information in SHAERE database.

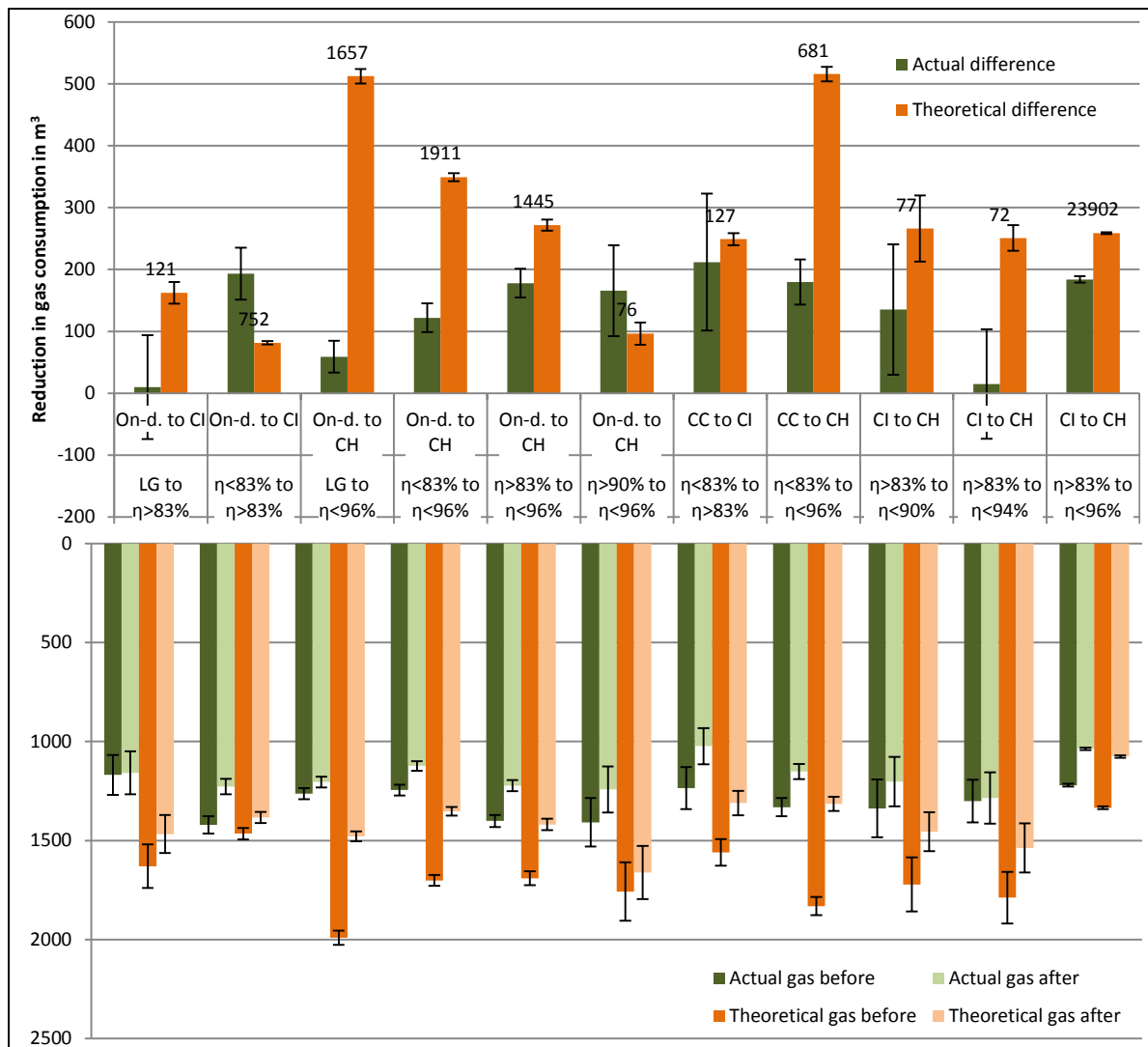


Figure 1: Actual and theoretical consumption difference before and after renovation in dwellings with changed hot tap water and heating installation system ($N > 30$). On-d. = on-demand tank-less boiler, CI/CC/CH = combined conventional/improved/high efficiency boiler. Actual reduction of the first and before last column is below the background reduction.

A large performance gap before the renovation does not signify a large performance gap after the renovation in this figure (1). Visually, there does not seem to be a correlation between the size of the performance gap before and after the renovation. It does seem that dwellings are better predicted after renovation than before, meaning that theoretically better performing installations are better predicted. It also seems that improvements within the category of non-condensing boilers (all efficiencies below 90%) are reasonably well predicted as well as improvements within the categories of condensing boilers (all efficiencies above 90%)

Change in ventilation only

This section shows the actual and theoretical reduction of dwellings which had an improvement in the ventilation installation. We excluded the groups of dwellings which contained less than 30 cases to ensure statistical significance.

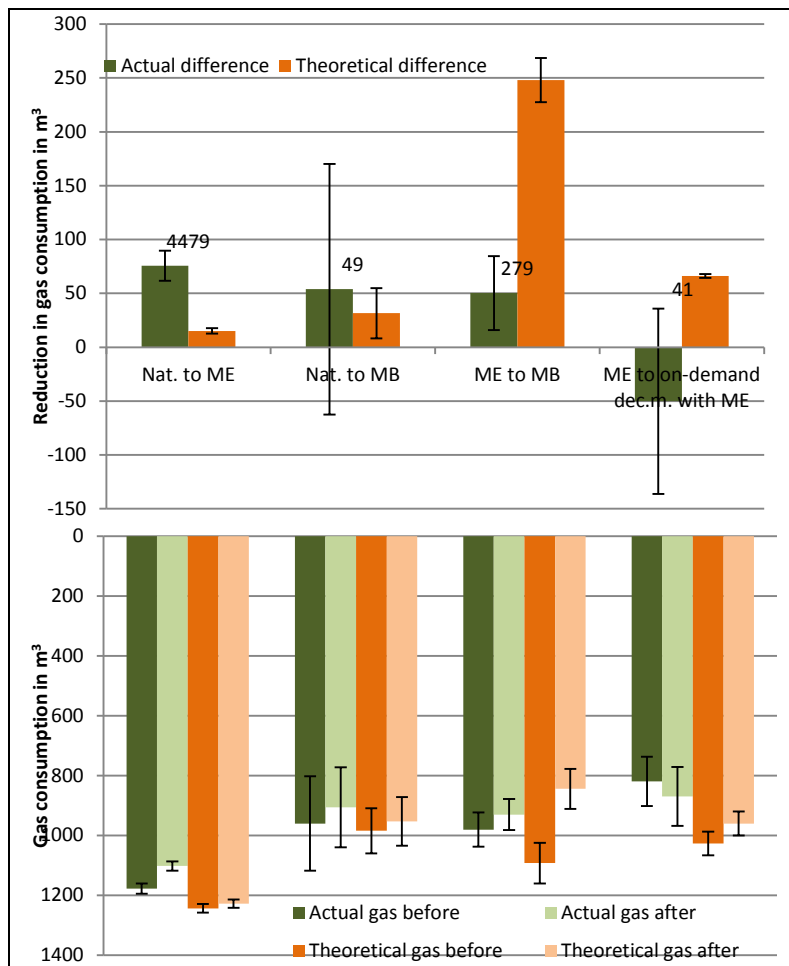


Figure 2: Actual and theoretical consumption difference before and after renovation in dwellings with changed ventilation system ($N > 30$).

Figure 2 seems to suggest the savings when changing from natural to mechanical exhaust ventilation to be at least three times as high as expected. The theoretical gas consumption barely reduces after the renovation. When looking at the calculation method this makes sense, since mechanical and natural ventilation both use exactly the same air flow rates. Mechanical balance ventilation makes use of heat recovery, which explains the theoretical reduction in the third column, however, the fact that the actual reduction is so much less could mean that heat recovery does not work at the rate assumed by the calculation method. Since in the second column the ventilation is also upgraded to a balance system, it is not clear why the two theoretical consumption are so different. Column three states with statistical significance that actual reduction when replacing mechanical exhaust with balance ventilation is less than a quarter of the expected. Also the last column gives an interesting result, since there is an actual increase in consumption of the systems which are expected to have a reduction. The implemented demand ventilation system does have lower theoretical air flow rate, which explains the theoretical reduction. A validation of air flow rates could solve these problems in the future. A possibility is also that this last category of on-demand decentralised vent. with exhaust ventilation is not interpreted by the inspectors correctly due to its complexity which could lead to frequent input errors.

Changes in window quality only

This section shows the actual and theoretical reduction of dwellings which had an improvement in the window quality. We excluded the groups of dwellings which contained less than 30 cases to ensure statistical significance. In this section insulation quality as described in Table 1 are used.

Figure 3 reveals that dwellings that had a drastic change in window quality (U8-U2,U7-U1) tend to have an actual gas reduction lower than the theoretical. Some more moderate changes have an actual

reduction closer or exceeding the predicted one (U6 to U3, U5 to U2), which is also the case for some small improvements (U2 to U1 or U8 to U7). It is questionable whether such small improvements are real changes or administrative corrections, since one would imagine that in most cases when windows are replaced, the improvement is bigger. However, it could also be that only one or a few windows were replaced. One also needs to keep in mind the background gas reduction, since in some cases the actual gas reduction seems to be smaller than that (for example U4 to U1).

Looking at the absolute gas consumption before and after renovation one can see (bottom graph in 3) some overpredictions.

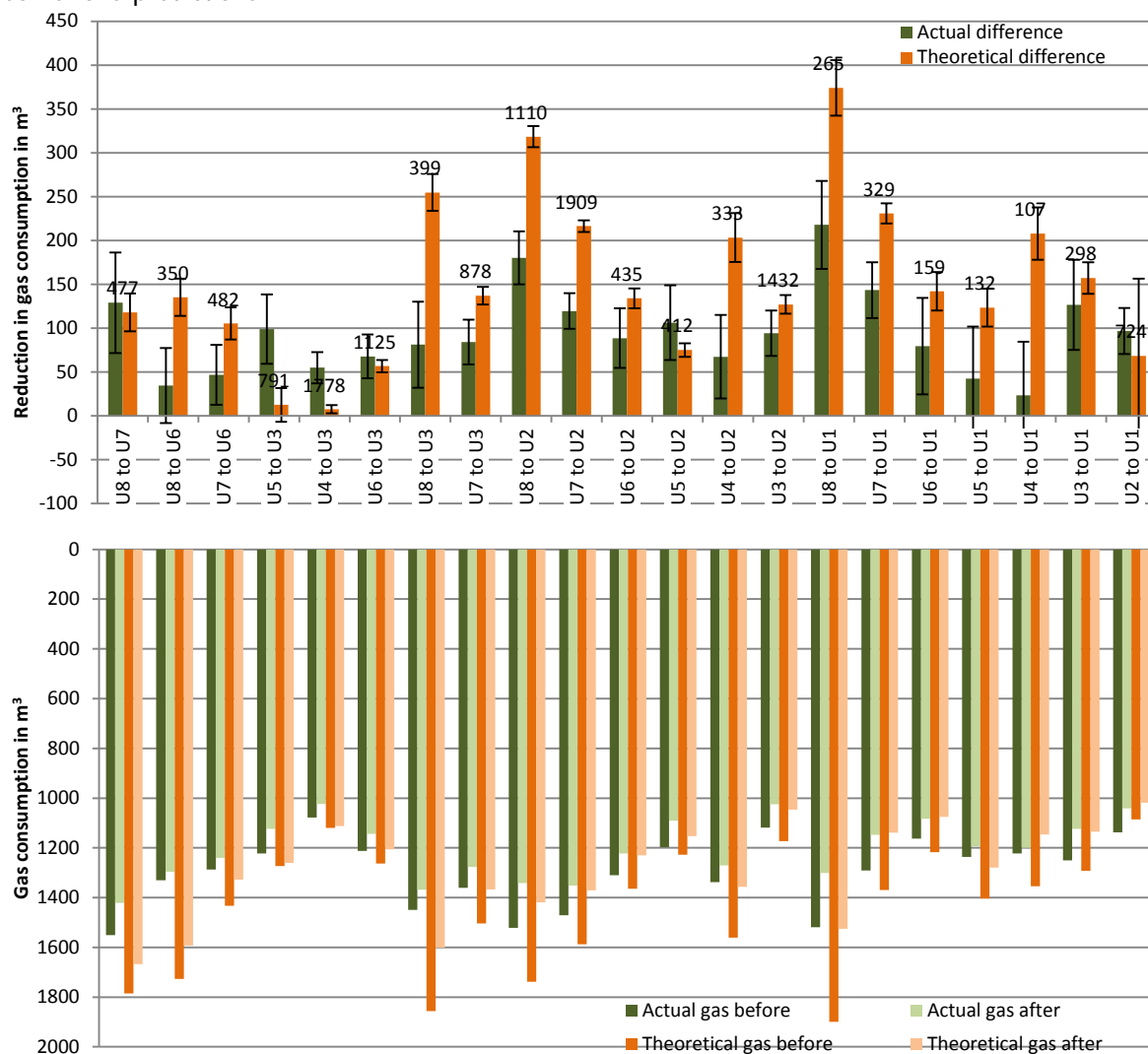


Figure 3: Actual and theoretical difference between the first and second pre-label in dwellings with changed windows (U-value). Confidence intervals are omitted in the bottom graphic for better readability. Actual reduction of U4 to U1 is below the background reduction.

Changes in envelope quality only

This section shows the actual and theoretical reduction of dwellings which had an improvement in the envelope, excluding the groups of dwellings which contained less than 30 cases to ensure statistical significance. The insulation values as described in Table 1 are used.

Just as in case of window renovations, there is no measure that stands out in terms of frequency like in the installation measures. The least drastic changes again result in the actual reduction closest to the theoretical, just like in window insulation measure. Even drastic changes yield at most about a

third of the expected saving. Roughly, overprediction occurs in R5 to R10 and underprediction in R1 to R4.

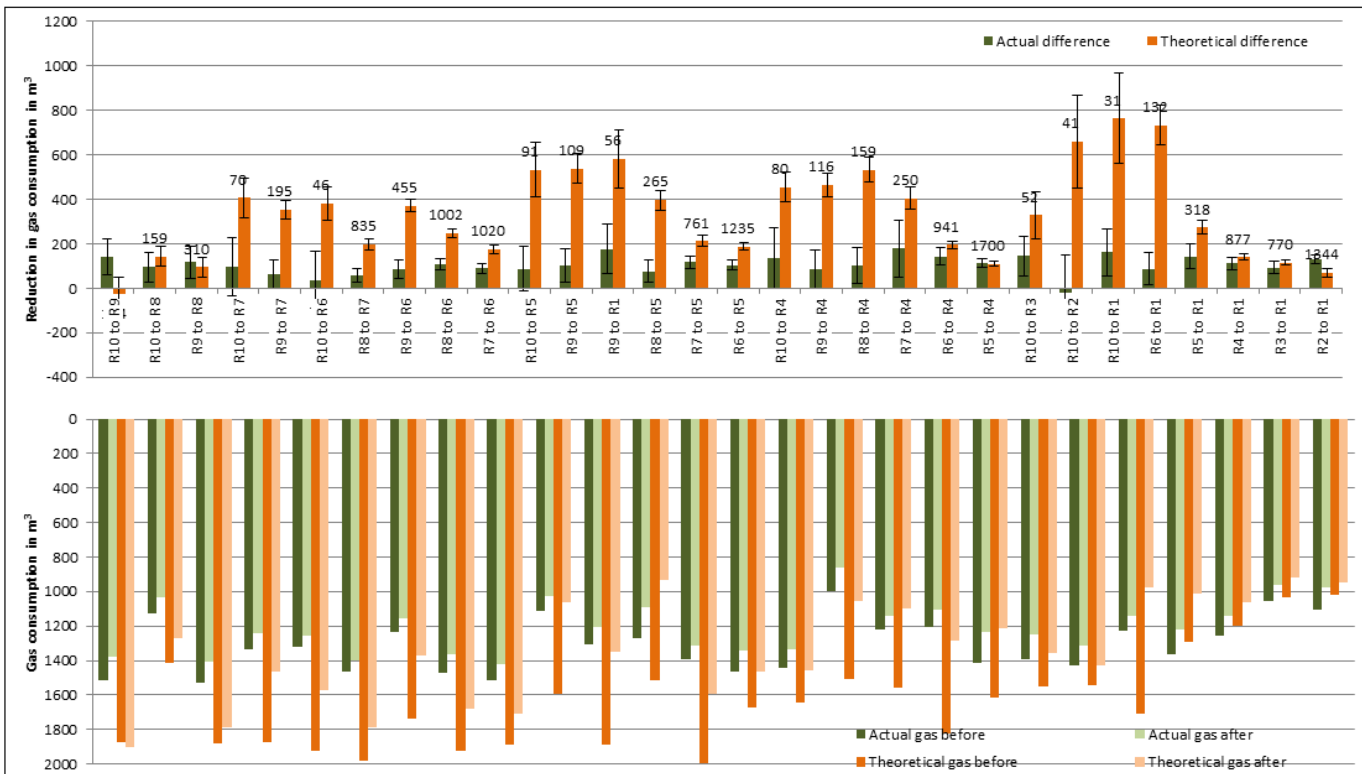


Figure 4: Actual and theoretical difference between the first and second pre-label in dwellings with changed envelope insulation (R-value). Confidence intervals are omitted in the bottom graphic for better readability.

The R value of the envelope is an average value of floor, wall and roof and due to averaging there are fewer dwellings with drastic improvements of the envelope, mostly they only improve for 1 step (1 category), changes for one or two categories are the most numerous. This might seem drastic, but a short calculation shows, that a dwelling with envelope of 300m² and an R value of 0,4 insulates the roof (10% of total area) with R=2,5, the new R value is 0,31, which corresponds to a change for one category only (R5 to R6).

The results are similar to those for improving U value of the windows – small changes are well predicted and actual reduction is close or surpassing the theoretical whereas deeper changes result in a lower actual reduction. The better insulated the dwelling is, the easier it is to achieve the envisioned saving, as in general, the gap between predicted and actual consumption is larger in insulations R5 and higher (bottom graphic of figure 4)

Actual consumption savings among different measures

One of the objectives of the paper was to see which measures are most effective in achieving energy savings. Several tables in this section demonstrate average reduction rates for separate measures. First of all, averages of various measures are calculated in

Table 5 taking into account all the groups containing more than 30 records. Interestingly, the measure which achieves the largest actual cumulative as well as individual saving is the replacement of heat and hot tap water system. Envelope improvement is in the second place and ventilation improvement the last. The most remarkable considering individual measures, is the reduction in dwellings with an improved ventilation systems achieving a 2,5 times higher reduction than predicted.

Note that more than half of the dwellings with a change in heating and hot tap water had no other dwelling change, whereas the other smaller half, did. About two thirds of dwellings with envelope improvement also had other measures taken and about three quarters of dwellings with window improvement also had other measures taken

Table 5: Totals and averages of actual and theoretical gas reduction in different measure groups (groups with N>30)

Renovation measure	Cumulative saving (total sample)		Individual saving (per dwelling)			N
	% of total actual gas reduction	% of total the. gas reduction	Average actual red. [m ³]	Average the. red. [m ³]	Ratio actual/theoretical gas use	
Ventilation	4%	1%	73	29	2,52	4848
Windows	16%	14%	96	134	0,72	15744
Envelope	23%	25%	104	180	0,58	21035
Heating and hot tap water	57%	56%	172	279	0,62	30749
Total [m ³]	9.367.264	14.622.945	131	188	0,70	72376

Table 6 shows the actual gas reduction, number of dwellings in a category and the ratio between actual and theoretical consumption reduction. The highest reduction is achieved by drastically improving the U value of the windows (U8 to U1). The actual reduction of such a change (6 first row left) is below the theoretical and the number of dwellings in this category is rather low. A category that contains the most dwellings, is the dwellings where heating system was replaced from a $\eta > 83\%$ to $\eta < 96\%$ and hot tap water installation renovated from improved to high efficiency. The actual reduction of this group is also below the expected. The measures achieving the most reduction are therefore drastic improvements of window quality and an improvement of heating and hot tap water system (usually from a rather poor performing system prior to the renovation). Improvements of the envelope follow, however, the actual reduction there is in general lower than expected. An exception is improvement from R2 to R1. Changes of the ventilation system achieve a lower actual gas reduction, however, it is important to note that an upgrade from a natural ventilation to mechanical exhaust ventilation still yields a saving five times higher than expected. Other changes in ventilation system yield less saving and are also mostly overpredicted (except upgrading natural system to a mechanical balance, where the prediction is relatively good).

Measures that achieve an actual reduction higher than the theoretical seem to mostly be less drastic changes, such as insulation improvement from R2 to R1 or window improvement from U8 to U7 or U2 to U1. Also notable is the underprediction of the reduction in dwellings where natural ventilation was replaced by mechanical exhaust and it is questionable whether such dwellings still have a sufficient quality of indoor air after the renovation. The two heating installation improvements that yielded a reduction higher than theoretical (third and eighth row of Table 6) are both within a certain boiler type (in first case non-condensing and in the second, condensing), other improvements of heating systems have an actual consumption lower than the theoretical. This probably means that some of the calculation factors used for efficiencies of gas boilers do not reflect the real efficiency correctly.

Table 6: Actual consumption reduction per dwelling of various single renovation measures

	Act. [m ³]	N	Ratio		Act. [m ³]	N	Ratio
U8 to U1	218	265	0,6	R8 to R4	101	159	0,2
$\eta < 83\%$ to $\eta > 83\%$ and CC to CI	212	127	0,9	U8 to U4	99	111	0,4
$\eta < 83\%$ to $\eta > 83\%$ and On-d. to CI	193	752	2,4	U2 to U1	97	724	1,4
$\eta > 83\%$ to $\eta < 96\%$ and CI to CH	184	23902	0,7	R3 to R1	93	770	0,8
U8 to U2	180	1110	0,6	R6 to R1	87	132	0,1
$\eta < 83\%$ to $\eta < 96\%$ and CC to CH	180	681	0,3	U8 to U3	81	399	0,3
$\eta > 83\%$ to $\eta < 96\%$ and On-d. to CH	178	1445	0,7	U6 to U1	80	159	0,6
$\eta > 90\%$ to $\eta < 96\%$ and On-d. to CH	166	76	1,7	R8 to R5	77	265	0,2
U7 to U1	143	329	0,6	Natural to m. exhaust	76	4479	5,0
R5 to R1	143	318	0,5	LG to $\eta < 96\%$ and On-d. to CH	59	1657	0,1
$\eta > 83\%$ to $\eta < 90\%$ and CI to CH	135	77	0,5	R8 to R7	59	835	0,3
U8 to U5	133	253	0,5	Natural to m. balance	54	49	1,7
R2 to R1	130	1344	1,9	M. exhaust to m. balance	50	279	0,2
U8 to U7	129	477	1,1	U5 to U1	42	132	0,3
R8 to R3	128	90	0,2	U8 to U6	34	350	0,3
U3 to U1	126	298	0,8	U4 to U1	23	107	0,1
$\eta < 83\%$ to $\eta < 96\%$ and On-d. to CH	122	1911	0,3	$\eta > 83\%$ to $\eta < 94\%$ and CI to CH	15	72	0,1
R4 to R1	113	877	0,8	LG to $\eta > 83\%$ and On-d. to CI	10	121	0,1
R8 to R6	109	1002	0,4	M. exh. to on-d. dec.m. with m.exh.	-50	41	-0,8

Discussion

It seems that better performing systems in general exhibit a smaller performance gap, such as boilers with a higher efficiency, mechanical ventilation and better insulation. Two very notable performance gaps were the one in local gas heater and on-demand tankless water boilers and naturally ventilated buildings.

On average a single a single measure leads to 131m³ gas savings while two measures lead to 188m³ savings which makes up for a reduction of 11,6% and 16,9%. Considering the report by Hezemans et al. from 2012, which assumed that two measures coincide with a 20% reduction, this value now seems quite realistic to mildly overpredicted on the basis of this paper as well.

There are some uncertainties regarding the results. According to Aedes, pre-labels are updated whenever a renovation measure takes place and are considered accurate, however, the fact that a number of deteriorations was identified within SHAERE demonstrates that this is not entirely true. This will probably improve in the future as the database grows, however, it was a major uncertainty in this study. This study was done purely on social housing sector and moreover excluded certain heating types (heat pumps), which has consequences for representativeness of the results. Another situation in which a dwelling was not considered in this paper is if during the renovation, its address changes, which is the case in a number of deep renovations. At the time of the study, it was not possible to find out the extent to which this occurs. Moreover, certain parameters such as insulation of wall, floor and roof have been simplified in this paper and would be interesting to analyse independently using continuous instead of categorical values. Also, we analysed the change in one of the dwelling properties, however, we neglected the impact of others (even though constant). For example, it might be signifi-

cantly different whether the dwellings which had a renovated installation system was very well or poorly insulated. In the future, other statistical methods (correlation tests, regression analysis) should be tested on similar large data, since this allows to include more variables and also enables the use of control variables. In the upcoming studies, one could also limit oneself to deeper performance changes. Here we observed all changes (also small ones, within one label category), however, the results might be more robust selecting a subsample where one or even two label steps have been taken – especially in line with the uncertainties regarding administrative corrections in the data.

Conclusions

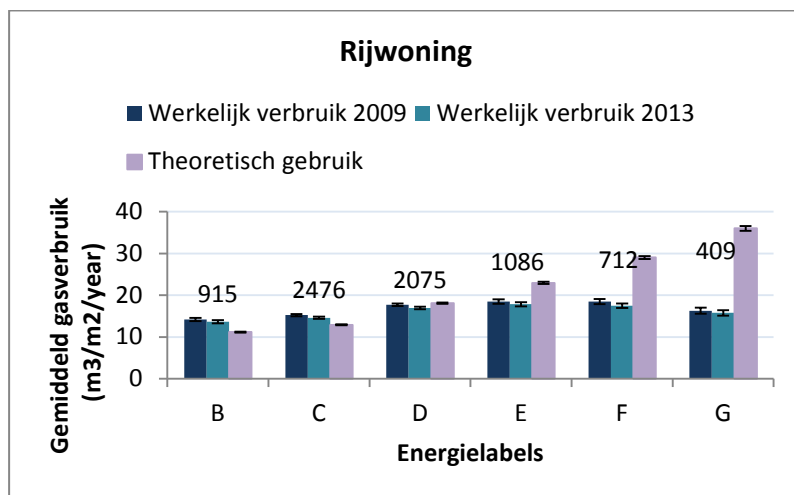
To conclude, several main findings can be summarized.

- In terms of single measures reductions, improvements in efficiency of gas boilers (heat and hot tap water) yield the biggest energy reduction, followed by deep improvements of window quality. Improving the ventilation system yields a relatively small reduction compared to other measures, however, it is still much larger than theoretically expected.
- In terms of the performance gap between actual and theoretical consumption, high R and U values of insulation are well predicted, as well as efficient heating systems. On the other hand low R and U values, local heating systems, changes from a non-condensing into a condensing boiler and upgrades to a natural ventilation system are not well predicted. One can now see that not only is the indoor temperature not well predicted (Majcen et al., 2013b), but also the efficiencies of systems and insulation values.
- The results pose a question of how well the standard values are really defined in the calculation method. It could be that excessively low efficiencies have been attributed to inefficient systems simply because of misconception and lack of knowledge, however it is difficult to avoid the suspicion that such standard values have been in use in order to increase the innovation rate. However, now that actual consumption data on the level of individual dwelling is available these inconsistencies are no longer concealed and there is no excuse to continue this status quo. The standard values should either be revised or alternatively, one should utilise the available actual gas consumption values in order to make better estimates (Majcen et al., 2015).
- Large datasets such as the SHAERE investigated in this paper are now arising across Europe and few experience is available about how to handle them. The results of large samples are statistically robust and representative, however selecting subsamples from the data offers insight into specific combinations of measures and allows identification of best practices. Energy performance registers should be made publicly available, possibly already coupled with actual consumption data.
- It is of utmost importance to ensure building performance databases of sufficient quality and trustworthy input data. Ensuring such level of quality is not simple, even if dwellings are used for asset management by large housing companies (associations). This paper has highlighted the importance of analysing dwelling stock registers for both the validation and evaluation of energy label calculation.
- Further study should also include costs of the different renovation measure. The results of this paper showed that windows and installation system upgrades provide a high actual reduction, and the remaining question is which of the two is more viable economically. This question is relevant also in the framework of cost effectiveness of nZEBs according to EPBD.

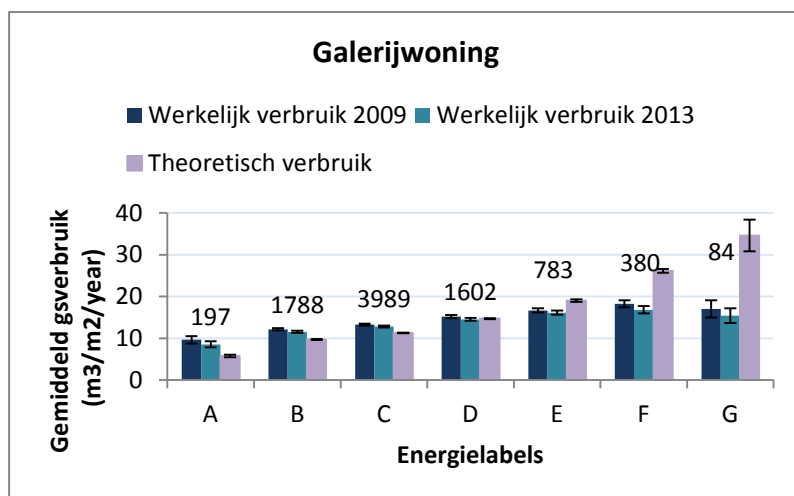
Overall, this paper has shown once more that the calculation method currently in use cannot be considered accurate if compared to actual consumptions. The question that remains is how to, under

these circumstances, determine the effectiveness of a specific renovation measure, which is of importance on dwelling level and even more so on the level of the whole stock. If theoretical methodology is to be used as baseline without the use of actual consumption at some point in the process, realistic standard values have to be prescribed.

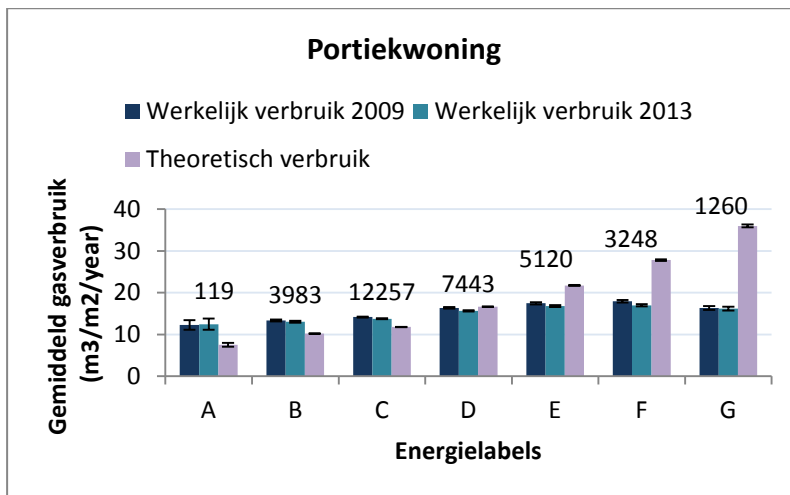
Appendix E: Gasverbruiksdata in niet-gerenoveerde Amsterdamse corporatiewoningen



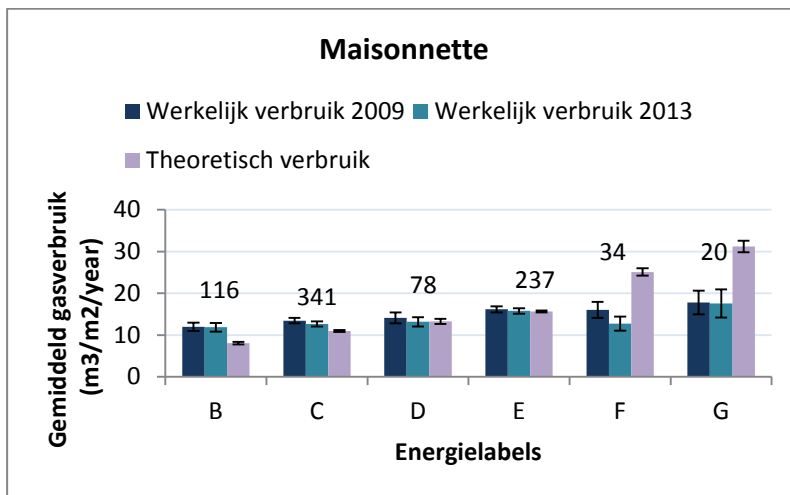
Figuur E.1: Gas verbruik (per m²) van niet-gerenoveerde Amsterdamse corporatie rijwoningen in verschillende energielabelcategorieën.



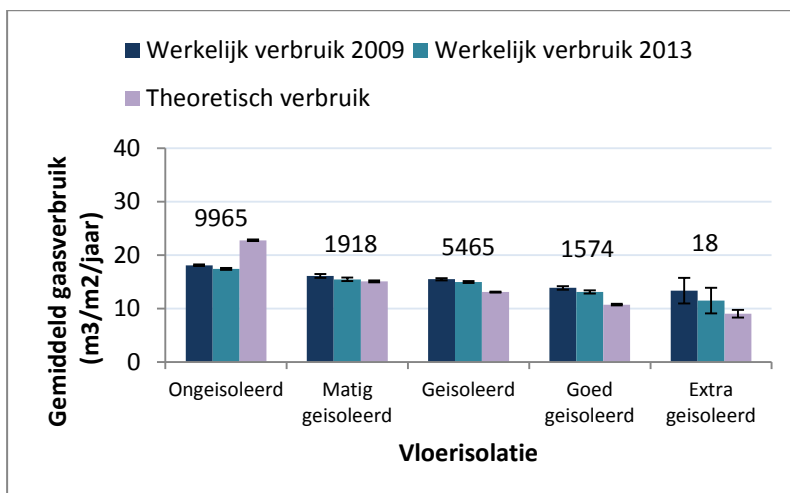
Figuur E.2: Gas verbruik (per m²) van niet-gerenoveerde Amsterdamse corporatie galerijwoningen in verschillende energielabelcategorieën.



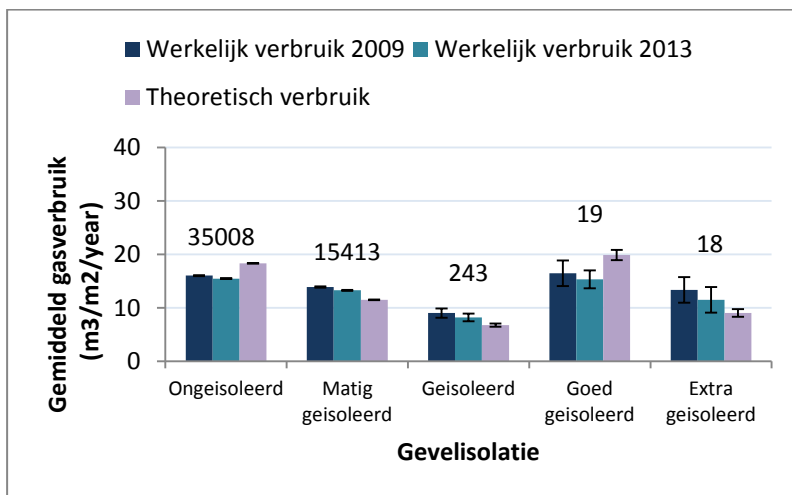
Figuur E.3: Gas verbruik (per m2) van niet-gerenoveerde Amsterdamse corporatie portiekwoningen in verschillende energielabelcategorieën.



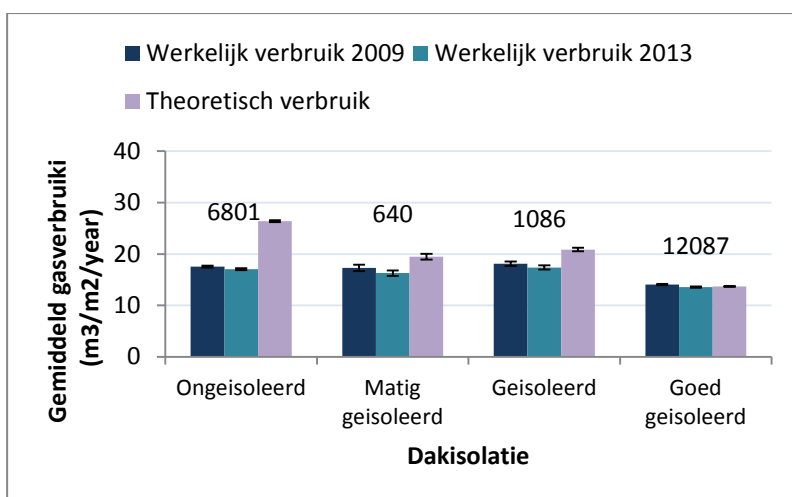
Figuur E.4: Gas verbruik (per m2) van niet-gerenoveerde Amsterdamse corporatie maisonnettes in verschillende energielabelcategorieën.



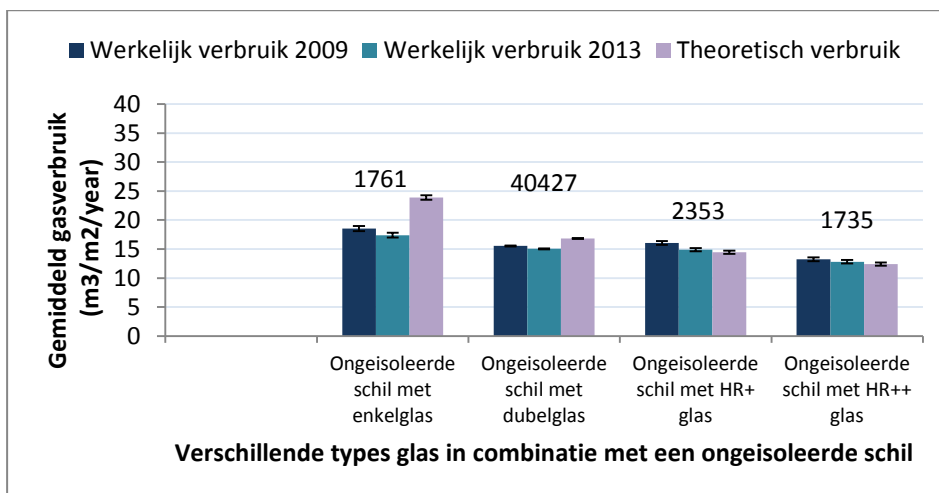
Figuur E.5: Gas verbruik (per m2) van niet-gerenoveerde Amsterdamse corporatiewoningen met verschillende mate van vloerisolatie.



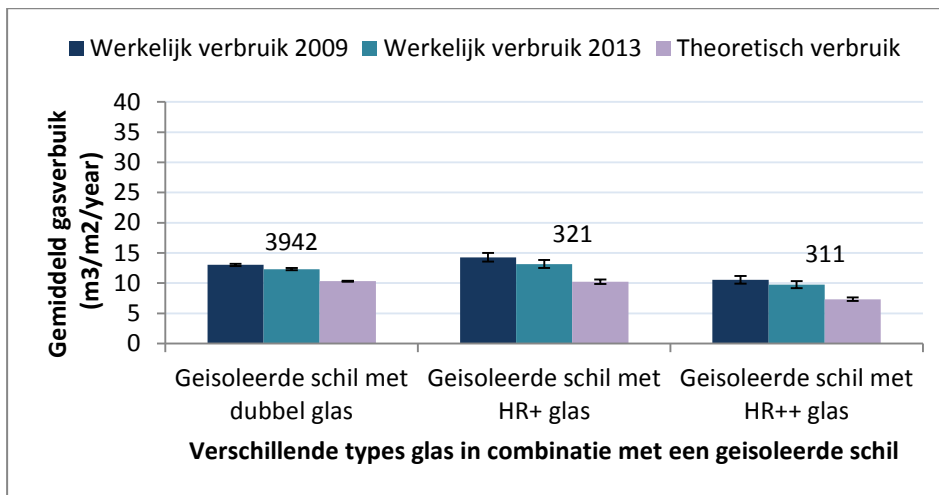
Figuur E.6: Gas verbruik (per m2) van niet-gerenoveerde Amsterdamse corporatiewoningen met verschillende mate van gevelisolatie.



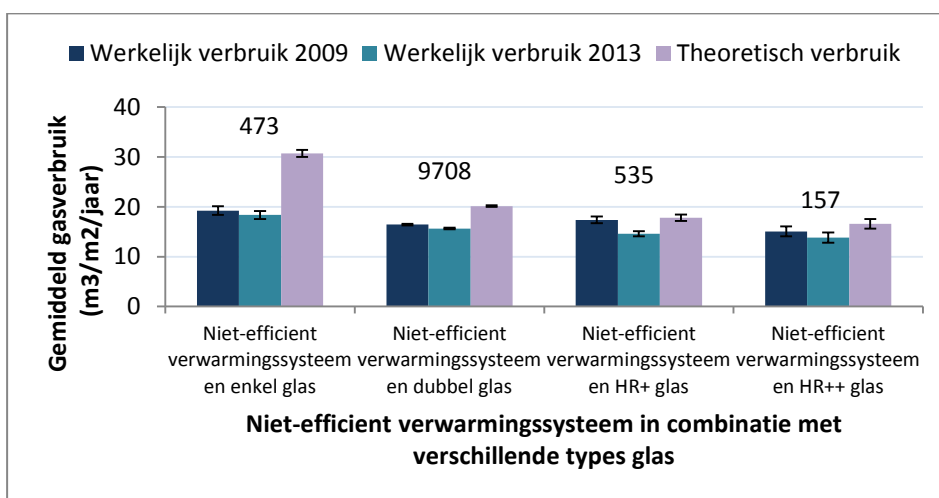
Figuur E.7: Gas verbruik (per m2) van niet-gerenoveerde Amsterdamse corporatiewoningen met verschillende mate van dakisolatie.



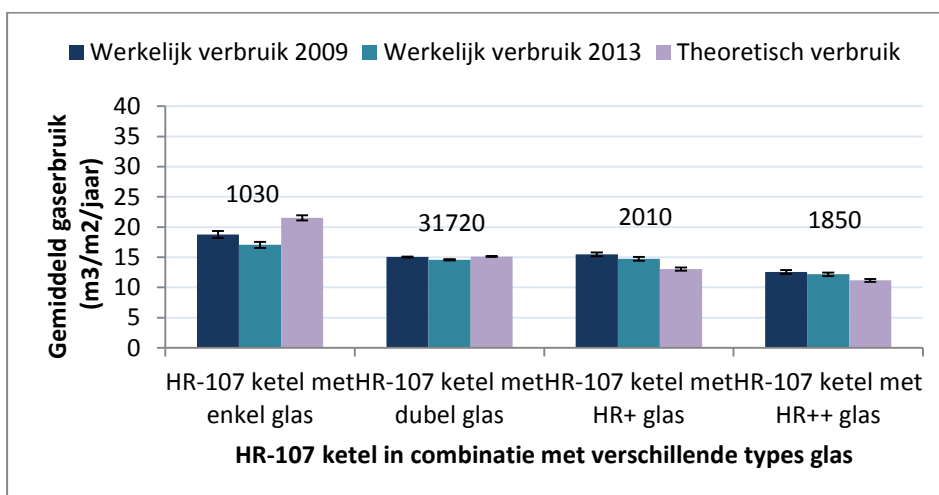
Figuur E.8: Gas verbruik (per m2) van niet-gerenoveerde Amsterdamse corporatiewoningen met een ongeïsoleerde schil en verschillende types glas.



Figuur E.9: Gas verbruik (per m2) van niet-gerenoveerde Amsterdamse corporatiewoningen met een geïsoleerde schil en verschillende types glas.



Figuur E.10: Gas verbruik (per m2) van niet-gerenoveerde Amsterdamse corporatiewoningen met een niet-efficiënt verwarmingssysteem en verschillende types glas.



Figuur E.11: Gas verbruik (per m2) van niet-gerenoveerde Amsterdamse corporatiewoningen met een HR-107 ketel en verschillende types glas.

Appendix F: regressieanalyses

Tabel F.1: Regressieanalyse op het gasverbruik per m²: energielabel

	Werkelijk gasverbruik in 2013 (m ³ /m ²) (R ² =4,3%)				Theoretisch gasverbruik (m ³ /m ²) (R ² =75,3%)			
	B	Std. Error	Beta	Sig.	B	Std. Error	Beta	Sig.
(Constant)	16,096	,117		,000	35,901	,088		,000
A_vs_G	-6,062	,450	-,063	,000	-29,530	,223	-,316	,000
B_vs_G	-3,400	,199	-,152	,000	-25,736	,099	-1,176	,000
C_vs_G	-2,447	,185	-,155	,000	-24,094	,092	-1,564	,000
D_vs_G	-,377	,191	,020	,048	-19,290	,095	-1,073	,000
E_vs_G	,760	,198	,035	,000	-14,472	,098	-,678	,000
F_vs_G	,909	,210	,033	,000	-8,044	,104	-,302	,000

Tabel F.2: Regressieanalyse op het gasverbruik per m²: leeftijd woning

	Werkelijk gasverbruik in 2013 (m ³ /m ²) (R ² =3,4%)				Theoretisch gasverbruik (m ³ /m ²) (R ² =30,9%)			
	B	Std. Error	Beta	Sig.	B	Std. Error	Beta	Sig.
(Constant)	12,287	,068		,000	8,868	,056		,000
Leeftijd	,047	,001	,185	,000	,137	,001	,556	,000

Tabel F.3: Regressieanalyse op het gasverbruik per m²: type woning

	Werkelijk gasverbruik in 2013 (m ³ /m ²) (R ² =1,1%)				Theoretisch gasverbruik (m ³ /m ²) (R ² =4,9%)			
	B	Std. Error	Beta	Sig.	B	Std. Error	Beta	Sig.
(Constant)	13,263	,081		,000	13,006	,077		,000
Rijwoning_vs_Galerij	2,648	,119	,124	,000	5,243	,114	,252	,000
Vrijstaande_vs_Galerij	5,881	1,176	,022	,000	8,698	1,125	,033	,000
Portiekwoning_vs_Galerij	1,686	,091	,105	,000	3,646	,087	,232	,000
Maisonnette_vs_Galerij	,320	,275	,005	,245	,093	,263	,002	,723
Overigflat_vs_Galerij	2,581	,864	,013	,000	,777	,827	,004	,348
Zonder1_vs_Galerij	7,668	1,845	,018	,000	10,102	1,766	,025	,000

Tabel F.4 Regressieanalyse op het gasverbruik per m²: schilisolatie

	Werkelijk gasverbruik in 2013 (m ³ /m ²) (R ² =1,1%)				Theoretisch gasverbruik (m ³ /m ²) (R ² =6,6%)			
	B	Std. Error	Beta	Sig.	B	Std. Error	Beta	Sig.
(Constant)	15,039	,035		,000	16,806	,033		,000
Matig geïsoleerd_vs_Ongeïsoleerd	-2,817	,118	-,105	,000	-6,691	,112	,257	,000
Geïsoleerd_vs_Ongeïsoleerd	-6,971	3,400	-,009	,040	-7,546	3,224	,010	,019

Tabel F.5: Regressieanalyse op het gasverbruik per m²: type glas

	Werkelijk gasverbruik in 2013 (m ³ /m ²) (R ² =0,8%)				Theoretisch gasverbruik (m ³ /m ²) (R ² =5,5%)			
	B	Std. Error	Beta	Sig.	B	Std. Error	Beta	Sig.
(Constant)	17,383	,179		,000	23,579	,171		,000
Dubbel glas_vs_Enkel glas	-2,584	,183	-,113	,000	-7,326	,174	,252	,000
HR+ glas_vs_Enkel glas	-2,686	,232	-,078	,000	-9,641	,221	,033	,000
HR++ glas_vs_Enkel glass	-5,040	,246	-,130	,000	-11,941	,234	,232	,000
Trippel glas_vs_Enkel glass	-5,755	3,113	-,008	,065	-11,564	2,966	,002	,000

Tabel F.6: Regressieanalyse op het gasverbruik per m²: ruimte verwarmingssysteem

	Werkelijk gasverbruik in 2013 (m ³ /m ²) (R ² =0,4%)				Theoretisch gasverbruik (m ³ /m ²) (R ² =13,6%)			
	B	Std. Error	Beta	Sig.	B	Std. Error	Beta	Sig.
(Constant)	15,580	,084		,000	18,495	,077		,000
Lokalegas_vs_VR	,281	,194	,007	,149	9,226	,177	,234	,000
CR_vs_VR	,546	,285	,009	,055	4,452	,259	,074	,000
HR100ketel_vs_VR	-1,068	,186	-,028	,000	-2,724	,169	-,073	,000
HR104ketel_vs_VR	-,810	,231	-,016	,000	-2,661	,210	-,055	,000
HR107ketel_vs_VR	-1,040	,093	-,061	,000	-3,507	,085	-,211	,000

Tabel F.7: Regressieanalyse op het gasverbruik per m²: leeftijd woning en type woning

	Werkelijk gasverbruik (m ³ /m ²) (R ² =3,8%)				Theoretisch gasverbruik (m ³ /m ²) (R ² =31,7%)			
	B	Std. Error	Beta	Sig.	B	Std. Error	Beta	Sig.
(Constant)	11,751	,089		,000	8,362	,073		,000
Leeftijd	,043	,001	,170	,000	,133	,001	,540	,000
Rijwoning_vs_Galerij	1,541	,121	,072	,000	1,821	,099	,087	,000
Vrijstaande_vs_Galerij	3,974	1,161	,015	,001	2,803	,955	,011	,003
Portiekwoning_vs_Galerij	,741	,093	,046	,000	,725	,077	,046	,000
Maisonnette_vs_Galerij	-435	,272	-,007	,110	-2,241	,224	-,038	,000
Overigflat_vs_Galerij	2,451	,853	,013	,004	,374	,701	,002	,594
Zonder1_vs_Galerij	5,948	1,821	,014	,001	4,786	1,497	,012	,001

Tabel F.8: Regressieanalyse op het gasverbruik per m²: schilisolatie, type glas en verwarmingssysteem

	Werkelijk gasverbruik (m ³ /m ²) (R ² =2,1%)				Theoretisch gasverbruik (m ³ /m ²) (R ² =22,8%)			
	B	Std. Error	Beta	Sig.	B	Std. Error	Beta	Sig.
(Constant)	18,154	,197		,000	24,869	,171		,000
Matig geïsoleerd_vs_Ongeïsoleerd	-2,667	,118	-,100	,000	-5,976	,103	-,229	,000
Geïsoleerd_vs_Ongeïsoleerd	-7,143	3,384	-,009	,035	-8,477	2,933	-,011	,004
Dubbel glas_vs_Enkel glas	-2,309	,183	-,101	,000	-5,705	,159	-,256	,000
HR+ glas_vs_Enkel glas	-2,306	,232	-,067	,000	-7,677	,201	-,230	,000
HR++ glas_vs_Enkel glass	-4,441	,247	-,114	,000	-9,291	,214	-,245	,000
Trippel glas_vs_Enkel glass	-5,471	3,100	-,008	,078	-9,564	2,687	-,014	,000
Lokalegas_vs_VR	-,190	,194	-,005	,327	8,067	,168	,205	,000
CR_vs_VR	,113	,283	,002	,689	3,450	,245	,057	,000
HR100ketel_vs_VR	-1,118	,185	-,029	,000	-2,882	,160	-,077	,000
HR104ketel_vs_VR	-,610	,230	-,012	,008	-2,295	,199	-,048	,000
HR107ketel_vs_VR	-1,040	,093	-,061	,000	-3,547	,080	-,214	,000

Tabel F.9: Regressieanalyse op het gasverbruik per m²: leeftijd woning, schilisolatie, type glas en verwarmingssysteem

	Werkelijk gasverbruik (m ³ /m ²) (R ² =4,6%)				Theoretisch gasverbruik 2013 (m ³ /m ²) (R ² =43,2%)			
	B	Std. Error	Beta	Sig.	B	Std. Error	Beta	Sig.
(Constant)	15,502	,208		,000	17,484	,157		,000
Leeftijd	,042	,001	,168	,000	,118	,001	,479	,000
Matig geïsoleerd_vs_Ongeïsoleerd	-1,582	,121	-,059	,000	-2,954	,091	-,113	,000
Geïsoleerd_vs_Ongeïsoleerd	-5,647	3,340	-,007	,091	-4,311	2,515	-,006	,086
Dubbel glas_vs_Enkel glas	-1,953	,181	-,085	,000	-4,716	,136	-,211	,000
HR+ glas_vs_Enkel glas	-2,248	,229	-,066	,000	-7,515	,173	-,225	,000
HR++ glas_vs_Enkel glass	-4,058	,244	-,104	,000	-8,226	,184	-,217	,000
Trippel glas_vs_Enkel glass	-3,991	3,060	-,006	,192	-5,443	2,304	-,008	,018
Lokalegas_vs_VR	-1,429	,194	-,035	,000	4,619	,146	,117	,000
CR_vs_VR	-,320	,279	-,005	,252	2,244	,210	,037	,000
HR100ketel_vs_VR	-,925	,182	-,024	,000	-2,345	,137	-,063	,000
HR104ketel_vs_VR	-,549	,227	-,011	,016	-2,126	,171	-,044	,000
HR107ketel_vs_VR	-1,039	,092	-,061	,000	-3,545	,069	-,213	,000

Tabel F.10: Regressieanalyse op het gasverbruik per m²: alle parameters behalve energielabel

	Werkelijk gasverbruik (m ³ /m ²) (R ² =5,0%)				Theoretisch gasverbruik (m ³ /m ²) (R ² =44,3%)			
	B	Std. Error	Beta	Sig.	B	Std. Error	Beta	Sig.
(Constant)	15,216	,217		,000	17,442	,162		,000
Leeftijd	,039	,001	,155	,000	,114	,001	,465	,000
Rijwoning_vs_Galerij	1,495	,122	,070	,000	2,070	,091	,099	,000
Vrijstaande_vs_Galerij	3,778	1,155	,014	,001	2,228	,863	,009	,010
Portiekwoning_vs_Galerij	,570	,094	,035	,000	,351	,070	,022	,000
Maisonnette_vs_Galerij	-,682	,271	-,011	,012	-2,840	,203	-,048	,000
Overigflat_vs_Galerij	2,947	,849	,015	,001	,571	,634	,003	,368
Zonder1_vs_Galerij	6,159	1,810	,015	,001	5,549	1,353	,014	,000
Lokalegas_vs_VR	-1,474	,195	-,037	,000	4,570	,145	,116	,000
CR_vs_VR	-,674	,280	-,011	,016	1,655	,209	,027	,000
HR100ketel_vs_VR	-1,105	,183	-,029	,000	-2,679	,136	-,072	,000
HR104ketel_vs_VR	-,711	,227	-,014	,002	-2,424	,170	-,051	,000
HR107ketel_vs_VR	-1,196	,092	-,070	,000	-3,808	,069	-,229	,000
Dubbel glas_vs_Enkel glas	-1,970	,181	-,086	,000	-4,772	,135	-,214	,000
HR+ glas_vs_Enkel glas	-2,273	,229	-,066	,000	-7,631	,171	-,228	,000
HR++ glas_vs_Enkel glass	-3,836	,245	-,099	,000	-8,004	,183	-,211	,000
Trippel glas_vs_Enkel glass	-4,042	3,054	-,006	,186	-5,373	2,282	-,008	,019
Matig geïsoleerd_vs_Ongeïsoleerd	-1,594	,120	-,060	,000	-2,972	,090	-,114	,000
Geïsoleerd_vs_Ongeïsoleerd	-5,757	3,334	-,007	,084	-4,431	2,491	-,006	,075

OTB – Onderzoek voor de gebouwde omgeving

Faculteit Bouwkunde, TU Delft

Jaffalaan 9, 2628 BX Delft

Postbus 5030, 2600 GA Delft

Telefoon: +31 (0)15 278 30 05

E-mail: OTB-bk@tudelft.nl

www.otb.bk.tudelft.nl