

Notitie

Amsterdam, 5 april 2017

Afdeling Beleidsstudies

ECN-N--17-017

Van Marijke Menkveld, Mariëlle Rietkerk, Jessanne Mastop, Casper Tigchelaar, Koen Straver

Aan Ministerie van Economische Zaken

Onderwerp **Besparingseffecten van slimme meters met feedbacksystemen en slimme thermostaten**

Inhoud

1.	Inleiding	3
1.1	Aanleiding & vraagstelling	3
1.2	Aanpak	3
2.	Functionaliteiten van feedbacksystemen	5
2.1	Modaliteiten en soorten feedback	5
2.2	Functionaliteiten	6
3.	Feedbackrapporten	9
3.1	Buitenland	9
3.2	Nederland	9
3.3	Het besparingspotentieel van verbeterde VKO's in Nederland	10
4.	In Home Displays (IHD's)	11
4.1	Buitenland	11
4.2	Nederland	11
4.3	Het besparingspotentieel van IHD's in Nederland	12
4.4	IHD's op de markt in Nederland	13
5.	Websites	14
5.1	Buitenland	14
5.2	Nederland	14
5.3	Het besparingspotentieel van websites in Nederland	15
5.4	Websites op de markt in Nederland	15
6.	Apps	17
6.1	Nederland	17
6.2	Het besparingspotentieel van apps in Nederland	17
6.3	Apps op de markt in Nederland	17
7.	Slimme thermostaten	19
7.1	Buitenland	19
7.2	Nederland	20
7.3	Het besparingspotentieel van slimme thermostaten in Nederland	20
7.4	Slimme thermostaten op de markt in Nederland	21
8.	Conclusies	22
9.	Referentielijst	25

1 Inleiding

1.1 Aanleiding & vraagstelling

In het kader van het Energieakkoord is eind 2016 afgesproken dat aan energiebesparing in de gebouwde omgeving een extra impuls gegeven wordt door middel van een taakstellend convenant tussen marktpartijen, netbeheerders en de overheid (SER, 2016). Dit convenant dient een markt voor energiebesparing op gang te brengen en een besparing te realiseren van 10 PJ in 2020. De netbeheerders gaan zorgen, in samenwerking met aanbieders van systemen en diensten die de consument inzicht geven in het energieverbruik, dat deze mogelijkheden eenvoudig worden ontsloten tijdens het plaatsen van de slimme meter of een ander natuurlijk moment indien gebruikers als een slimme meter hebben. Energieleveranciers, installateurs en andere marktpartijen bieden slimme thermostaten en andere besparingsproducten en -diensten aan huishoudens en kleinzakelijke gebruikers aan. Het Ministerie van EZ heeft ECN gevraagd hoeveel feedback systemen en slimme thermostaten nodig zijn om 10 PJ additionele besparing te realiseren.

In 2016 heeft ECN een kostencurve gemaakt voor een energiebesparingsverplichting voor energieleveranciers. Daaruit kwamen feedbacksystemen en slimme thermostaten als kosteneffectief naar voren. In die kostencurve zijn besparingseffecten en kosten voor heel veel besparingsmaatregelen ingeschat, ook voor feedback systemen en slimme thermostaten. Nu deze besparingsmaatregelen een zo centrale rol in het convenant gaan spelen is het verstandig deze besparingseffecten nauwkeuriger en meer gedifferentieerd naar functionaliteiten in kaart te brengen.

Naast feedback systemen en slimme thermostaten bij huishoudens wordt in het convenant mogelijk ook nog ingezet op andere besparingsmaatregelen. Zo wordt ook gedacht aan het inregelen van klimaatinstallaties bij kleinzakelijke gebruikers en het beschikbaar maken van de ISDE regeling voor intermediairs. In dat geval kunnen die besparingsmaatregelen ook een bijdrage leveren aan de 10 PJ doelstelling. In deze notitie laten we dat nog even buiten beschouwing.

De hoofdvraag voor dit onderzoek is: *Hoeveel feedback systemen en slimme thermostaten zijn nodig om 10 PJ additionele besparing te realiseren?*

Vanuit de convenantpartijen is de vraag op welke manier zij feedbacksystemen kunnen uitrollen, wat de effectiviteit van verschillende opties is en of en hoe de 10PJ besparing te realiseren. We gaan er hierbij vanuit dat de effectiviteit van het feedbacksysteem afhangt van de functionaliteiten. Omdat het effect afhangt van het gedrag van mensen, kunnen we ons alleen baseren op onderzoek in de praktijk: veldtesten waarbij de energiebesparing daadwerkelijk is gemeten.

1.2 Aanpak

We hebben literatuur gezocht waarin veldtesten met feedbacksystemen zijn beschreven en waarbij ook gekeken is naar daadwerkelijk energieverbruik en besparing. We hebben daarbij gebruik gemaakt van reeds aanwezige kennis die is opgedaan in twee grote Europese studies (S3C eindrapport, 2013 & Lund et al, 2016) en de literatuur die Henk van Elburg van RVO.nl heeft aangeleverd. Wanneer we verwijzingen tegenkwamen in de literatuur naar andere stukken die mogelijk relevant zijn dan hebben we die voor zover beschikbaar ook opgezocht en gebruikt. In totaal resulteerde dit in 74 onderzoeken,

waarvan 10 meta-studies. De meta-studies zijn waar mogelijk uitgesplitst naar het niveau van individuele pilots om te achterhalen welke functionaliteiten getest zijn. Wanneer dat niet mogelijk was, zijn ze genoemd ter ondersteuning van de gevonden besparingsgetallen. Van deze 74 onderzoeken hebben we de kwaliteit beoordeeld door te kijken naar de steekproef (grootte en representativiteit), de experimentele setup (bijv. is er een goede controle groep en wordt er gecorrigeerd voor covariantie) en de looptijd van het experiment. Na deze kwaliteitscontrole zijn er 58 studies overgebleven. Van deze 58 studies zijn er 13 in Nederland gedaan (1 over feedbackrapporten, 5 over IHDs, 2 over website-feedback, 3 over app-feedback en 2 waarin een combinatie van feedbacksystemen is getoetst). In sommige onderzoeken wordt geen gemiddelde besparing genoemd, maar wel een besparings-range voor verschillende groepen. In die gevallen is over het algemeen het middelste besparingsgetal van de range aangehouden als gemiddelde. Hierbij moet de kanttekening gemaakt worden dat we niet altijd konden herleiden wat de groepsgrootte was van de verschillende experimentele condities waardoor het daadwerkelijke gemiddelde kan afwijken van het getal dat wij rapporteren.

Alle studies die door de kwaliteitscontrole kwamen zijn gescoord op de functionaliteiten zoals beschreven in hoofdstuk 2. Daarbij is gekeken welke functionaliteiten in het onderzoek zijn geëvalueerd en deze functionaliteiten zijn gekoppeld aan de besparingseffecten. Hier zijn een tweetal kanttekeningen bij te maken. Ten eerste is niet bij alle pilots met IHD's, websites of apps duidelijk of de huishoudens ook een feedbackrapport ontvangen bij hun slimme meter. Hierdoor is het niet met zekerheid te zeggen of het besparingseffect is toe te schrijven aan het betreffende feedbacksysteem alleen, of aan de combinatie met feedbackrapporten. Ten tweede is er per modaliteit van feedback geven (feedbackrapport, IHD, website, app, slimme thermostaat) maar weinig tot geen gedegen Nederlands onderzoek beschikbaar. We kijken wel naar de resultaten uit andere landen, maar die zijn niet altijd goed te vergelijken met de Nederlandse situatie. Denk daarbij bijvoorbeeld aan de UK, waar het bespaarpotentieel hoger is dan in Nederland door de slechtere kwaliteit van de woningen, of aan Scandinavië of de US, waar elektriciteit ook gebruikt wordt om huizen te verwarmen, en waar vaker dan in Nederland gebruik gemaakt wordt van een sauna, een zwembad of een airconditioner.

Onderzoeken waarin variabele levertarieven (realtime pricing, ToU tarieven) zijn onderzocht hebben we buiten beschouwing gelaten, omdat dit buiten de scope valt van het beoogde convenant.

In **Hoofdstuk 3 t/m 7** worden de onderzoeken in het buitenland en in Nederland per modaliteit (feedbackrapport, IHD, website, app, slimme thermostaat) beschreven, wordt een schatting gemaakt van het besparingspotentieel per modaliteit in Nederland, en wordt ook weergegeven hoe deze inschatting zich verhoudt tot de producten die al op de markt zijn in Nederland.

2 Functionaliteiten van feedbacksystemen

2.1 Modaliteiten en soorten feedback

Om te kunnen bepalen in welke mate feedback systemen kunnen bijdragen aan de energiebesparing in de gebouwde omgeving is het van belang om onderscheid te maken tussen verschillende feedback systemen. Allereerst zijn er verschillende ‘modaliteiten’ waarmee of waarop feedback gegeven kan worden. Wij onderscheiden hierin vier verschillende modaliteiten:

- Feedbackrapporten (per post, mail of via een website): een rapport dat met een vaste interval (bijvoorbeeld 2-maandelijks) wordt verzonden via post of e-mail. In Nederland worden deze rapporten VKO’s genoemd.
- In-home displays (IHD): een scherm of apparaat aan de muur of in de woonkamer die feedback geeft over verbruik
- Websites: Een website waarop feedback wordt gegeven over het verbruik
- Apps (voor tablets en smartphones): Een app waarop feedback wordt gegeven over het verbruik.

In de literatuur worden vaak de termen directe/indirecte, realtime/historische en push/pull feedback gebruikt. In dit onderzoek houden we de volgende definities aan (zie ook Tabel A) : directe feedback laat zonder tussenkomst van een andere handeling het verbruik aan de gebruiker zien, zoals bij een in-home display dat aan de muur hangt (ook wel push feedback genoemd). Voor indirecte feedback moet je een handeling verrichten om toegang te krijgen, bijvoorbeeld het openen van een app of het inloggen op een website (ook wel pull feedback genoemd). Onder realtime feedback verstaan we feedback op actueel verbruik, met een terugkoppelingsinterval van tenminste één keer per aantal minuten voor elektra. Voor gasverbruik is geen realtime feedback mogelijk (maximaal mogelijke terugkoppeling is op uurbasis). Historische feedback is achteraf, zoals in bijvoorbeeld een VKO. Soms wordt feedback over historisch verbruik (achteraf dus) opgesplitst in kleinere tijdsintervallen, dat beschouwen wij niet als realtime feedback. Bij apps is het onderscheid tussen push en pull feedback lastiger te maken, omdat de feedback via notificaties ook als push feedback beschouwd kan worden. Bovendien kun je via een app feedback krijgen via de P1-poort (zonder tussenkomst van de energieleverancier, realtime mogelijk) of via de P4-poort (via de energieleverancier, standaard ingesteld op tweemaandelijks).

Tabel A Terminologie van soorten feedback toegepast bij verschillende modaliteiten

	Realtime feedback	Historische feedback
Directe feedback	IHD (push) P1-app (push/pull)	IHD (push) P4-app (push/pull)
Indirecte feedback	P1-app (push/pull) P1-website (pull)	(verbeterde) VKO’s (push/pull) P4-app (push/pull) P4-website (pull)

2.2 Functionaliteiten

Het onderscheid tussen verschillende modaliteiten is echter niet genoeg om de effectiviteit te bepalen; de uitwerking van deze modaliteiten loopt erg uiteen en daarmee ook de effectiviteit ervan. Denk bijvoorbeeld aan een feedbackrapport per week of per jaar, of aan een website waar alleen per kWh elektriciteitsverbruik vermeld staat. Om de effectiviteit te kunnen bepalen van deze verschillende manieren van feedback geven, is het dus van belang om hierbinnen nog onderscheid te maken tussen de verschillende functionaliteiten die deze feedbacksystemen hebben. In de literatuur zijn al enkele categorisaties te vinden van feedback, zoals beschreven in Mourik & Breukers (2013) en Karjalainen (2011), zie Bijlage 1. Op basis hiervan hebben we een nieuwe classificatie gemaakt van de feedback-functionaliteiten. We hebben hierin een aantal hoofdcategorieën onderscheiden die weer onder te verdelen zijn in subcategorieën. Deze worden hieronder toegelicht, en zijn ook te bekijken in Bijlage 2.

Feedback geven over energieverbruik

Dit kan historisch of real-time, in euro of in m³ gas en kWh elektra. Feedbackrapporten zijn altijd historisch; dat kan bijvoorbeeld door na 2 maanden met de post een rapport ("verbruikskostenoverzicht", VKO) op te sturen, maar ook door een email te sturen met een PDF of een link met een verbruiksoverzicht. Apps en websites tonen vaak ook historische gegevens (het verbruik van gisteren of de vorige maand), hoewel het bij deze modaliteiten wel mogelijk is om real-time feedback te geven. IHDs en apps gebaseerd op P1-data tonen meestal real-time feedback over het verbruik. Ook kan er real-time feedback worden gegeven over losse apparaten met behulp van een losse stekker die het verbruik meet.

Normen activeren

Het geven van feedback over verbruik wordt informatiever wanneer het vergeleken wordt met een zinvolle referentie. Dit kan bijvoorbeeld een vergelijking zijn met het eigen verbruik in het verleden, met vergelijkbare anderen (bijv. de burens), met hele zuinige anderen, of met je eigen doelen. Er kan gebruikt gemaakt worden van activatie van descriptieve normen (gebaseerd op wat je denkt dat de meeste mensen om je heen doen, zoals bijvoorbeeld "*de meeste mensen in Nederland besparen flink op hun energieverbruik met een IHD*") of van activatie van injunctieve normen, ook wel morele normen genoemd (gebaseerd op wat je denkt dat hoort, zoals bijvoorbeeld "*energie besparen met een IHD is goed voor het milieu*"). Onderzoek over gedragsverandering toont aan dat wanneer gebruik gemaakt wordt van normactivatie er meer gedragsverandering optreedt dan wanneer dat niet wordt gedaan. Eén van de voorlopers hiervan was Cialdini et al (1990).

Doelen stellen

Door mensen een doel te geven om naar te streven, zijn gedragsinterventies doorgaans effectiever. Het meeste effect wordt in het algemeen bereikt bij doelen die specifiek geformuleerd zijn. Betrokkenheid bij het doel is ook belangrijk, dit wordt vaker verkregen als de perceptie van de haalbaarheid en belangrijkheid van het doel hoog is, bijvoorbeeld bij het zelf stellen van doelen. Verder vergroot het krijgen van feedback op de mate waarin het doel gehaald wordt ook de kans op effect (Locke, 1996 en Locke en Latham, 2006).

Informereren

Er zijn veel manieren waarop mensen geïnformeerd kunnen worden, naast het geven van feedback over verbruik. De installateur van een slimme meter of een IHD kan instructies en uitleg geven over

het apparaat. Er kunnen algemene tips gegeven worden over het verlagen van energieverbruik. Ook kunnen er hele specifieke tips gegeven worden die alleen van toepassing zijn op het huishouden. Deze informatie kan huishoudens helpen om meer handelingsperspectief te krijgen. Verder kan er nog andere informatie gedeeld worden die je aandacht op de feedback kunnen richten, zoals hoeveel de zonnepanelen (als aanwezig) hebben opgewekt, de beschikbaarheid van duurzame energiebronnen (wind, zon), of non-energie informatie zoals de actuele files of het weer. Ook kan er een koppeling gemaakt worden met andere domotica, zoals de wasmachine of de koelkast. Het aanbieden van meer informatie kan helpen om de interesse in het feedback systeem vast te houden.

Visualiseren

Er zijn verschillende manieren waarop de feedback over het verbruik gevisualiseerd kan worden. Het simpelste is om numeriek de verbruikswaarden te geven ("de afgelopen maand heb je 100 kWh verbruikt"). Vaak worden niet alleen de waarden genoemd, maar wordt het verbruik ook gevisualiseerd in een grafiek. Daarnaast zijn er ook experimenten geweest met andere manieren om verbruik te visualiseren, zoals met kleuren of lampen (een rode lamp houdt in dat je op dat moment veel energie gebruikt, een groene dat je weinig gebruikt), plaatjes (bijv. hoe vervuilerd de zee op het display, hoe meer energie je verbruikt), of emoticons. Het idee van visualiseren is dat door niet alleen de waarden te noemen maar het grafisch aantrekkelijker weer te geven, de kans groter is dan men vaker naar het verbruik kijkt en ook makkelijker (in 1 oogopslag) ziet wat het verbruik is, en dus eerder aangezet wordt tot gedragsverandering.

Gamificatie

Door spelelementen toe te voegen is de verwachting dat het leuker is om verbruik te verlagen. Denk bijvoorbeeld aan punten sparen, of aan competities met wie het meest kan besparen, of een kennisquiz over energie. Een voorbeeld hiervan is in Zwitserland OSCAR's 'energiebesparing wereld' (S3C, 2016). Een website waar consumenten bij hun energieleverancier BKW Energie AG hun eigen meterstanden kunnen invoeren. Doel was om deze consumenten te leren over energiebesparingstips en hoger bewustzijn over energieverbruik te creëren. OSCAR heeft 24.000 gebruikers, en bevat spel elementen zoals een kennisquiz en spaaracties. Na het invullen van meterstanden kregen gebruikers bijvoorbeeld bonuspunten, en men kon aan een loterij mee doen als minimaal een keer per maand de meterstanden werden doorgegeven.

Prijs-gerelateerde feedback

Tot slot kan ook feedback gegeven worden over de prijs van energie. Denk hierbij bijvoorbeeld aan tarieven voor gas en elektra, maar ook aan het geven van een energie-budget of een prepaid energie contract. Hierbij is het idee dat men zich bewuster wordt van de prijs van energie en zo minder of op andere momenten energie gaat gebruiken. Andere soorten feedback over prijzen (zoals real-time pricing of Time of Use tarieven) zijn in het huidige onderzoek buiten beschouwing gelaten, omdat dit buiten de scope ligt van het beoogde convenant..

Slimme thermostaten

In-home displays en slimme thermostaten worden vaak in een adem genoemd. Het is echter wel belangrijk hiertussen onderscheid te maken. Een slimme thermostaat meet de temperatuur en regelt de temperatuur in huis op een 'slimmere' manier dan de gebruikelijke thermostaten. Te denken valt aan een thermostaat die je op afstand aan kan zetten of die automatisch aangaat als je thuis komt of als je bijna thuis bent. Een in-home display is in principe alleen een display in huis waarop het verbruik getoond wordt. In de praktijk wordt een in-home display vaak gecombineerd met een slimme

thermostaat en in dat geval is het lastig om de effecten op energiebesparing van in-home displays los te zien van een slimme thermostaat.

Combinaties van modaliteiten

Naast de combinatie van IHDs en slimme thermostaten zijn er ook veel andere combinaties van modaliteiten te maken. Denk bijvoorbeeld aan een IHD + slimme thermostaat in combinatie met een smartphone app, waarop de verwarming aangezet kan worden op afstand. Deze combinaties maken het lastig om te identificeren welke modaliteit het besparingseffect beïnvloed en in welke mate. Dit is alleen op te lossen doormiddel van nieuw onderzoek waarin met behulp van experimenteel onderzoek (A-B tests) getoetst wordt wat de effectiviteit is van de afzonderlijke functionaliteiten van afzonderlijke modaliteiten.

3 Feedbackrapporten

Een feedbackrapport is een rapport met historische feedback over het energieverbruik dat door de energieleverancier achteraf verstuurd wordt per post, in een PDF bij een email, of via toegang tot een website. Soms worden er in dit rapport meerdere functionaliteiten benut, zoals het geven van feedback over het energiegebruik in vergelijking met anderen (zie ook Bijlage 3). In **Tabel 1** is te zien dat er wereldwijd in totaal 17 onderzoeken over de effectiviteit van feedbackrapporten zijn gevonden die aan onze kwaliteitscriteria voldoen. Van deze 17 zijn 15 onderzoeken in het buitenland gedaan, en twee in Nederland. Het rapport van KEMA is een analyse van het besparingspotentieel van feedbackrapporten op basis van buitenlands onderzoek uit 2010 (zie ook paragraaf 3.3), en is ter referentie in de tabel opgenomen.

Tabel 1: Totale besparing door feedbackrapporten op gas-, elektra-, en energieverbruik

	NL	KEMA (2010)	Buitenland
Aantal onderzoeken	1	1	15
Besparing op:			
- gasverbruik	1% (-)	3.7%	4% (n = 1)
- elektraverbruik	0% (-)	3.2%	5% (0-10%)
- energieverbruik	-		2% (n = 1)

3.1 Buitenland

Twee meta studies (BEAMA & VaasaEtt, 2014, en ACEEE, zoals beschreven in van Elburg & Uitzinger, 2014) vinden voor feedbackrapporten in het algemeen een besparing van 5% op het totale energieverbruik. Van de overige buitenlandse studies is slecht te beoordelen welke functionaliteiten er naast het terugkoppelen van energieverbruik in kWh, m³ of geld aangeboden worden. Een uitzondering hierop zijn de rapporten van het Amerikaanse bedrijf Opower. Opower is “the leading customer engagement platform for utilities” en legt in hun rapporten de nadruk op sociale vergelijking door het energieverbruik van de ontvanger van het rapport te vergelijken met andere buurtbewoners in het algemeen, of de buurtbewoners met het laagste energieverbruik. Allcott & Mullainahan (2010) hebben dit effect getest en vonden een besparing van 2% op het totale energieverbruik. De spreiding op de besparing in de overige buitenlandse onderzoeken is 0-10%.

De resultaten voor feedbackrapporten in het buitenland zijn om een andere reden ook slecht vergelijkbaar met Nederland. Het verschil met het buitenland kan zijn dat daar niet gewerkt wordt met maandelijkse voorschotnota's maar met maandelijkse facturen die de werkelijke kosten voor energie afrekenen. De bewustwording van werkelijk verbruik bij huishoudens is dan groter en met energiebesparing kan in dat geval directe winst in energiekosten worden gerealiseerd.

3.2 Nederland

Voor zover we weten is er in Nederland maar één grootschalig onderzoek gedaan naar het effect van de tweemaandelijkse feedbackrapporten door energieleveranciers die huishoudens ontvangen na het plaatsen van een slimme meter (Agentschap NL, zoals beschreven in van Elburg & Uitzinger, 2014).

Deze studie laat een besparing zien van 0.9% voor gas, en 0% voor elektra (of eigenlijk rapporteert AgentschapNL voor elektra een besparing van 0.5% die niet significant is, wij beschouwen dat als 0%). De gebruikte feedbackfunctionaliteiten voor de rapporten lopen in Nederland uiteen (zie paragraaf “duiding” hieronder). Er wordt voor dit onderzoek bovendien aangegeven dat er een bias is voor grotere woningen en hogere inkomens.

3.3 Het besparingspotentieel van verbeterde VKO's in Nederland

In Nederland bieden energieleveranciers, na het plaatsen van de slimme meter, huishoudens een tweemaandelijks rapport aan met feedback over het energieverbruik. Onderzoek van Vereniging Eigen Huis uit 2016 laat zien dat de functionaliteiten die in de rapporten gebruikt worden verschillen per energieleverancier (zie Bijlage 3), waardoor er per energieleverancier dus ook verschillend effect gesorteerd zal worden. Ook maakt het uit op welke manier het feedbackrapport wordt aangeboden (bijvoorbeeld per email of per post). Hetzelfde onderzoek van Vereniging Eigen Huis laat zien dat een derde van de eigenaren van een slimme meter zegt geen rapport te ontvangen van hun energieleverancier (wat niet wil zeggen dat het rapport niet verstuurd is). Van de twee derde van de huishoudens die de perceptie heeft het rapport wel te ontvangen, zegt 30% dat het rapport aanzet tot energiebesparing.

Waarschijnlijk wordt het VKO op dit moment niet per post maar per mail verstuurd en kunnen huishoudens aangeven dat ze de mail niet langer willen ontvangen, we noemen dat de “opt out” optie. Hoe vaak dat gebeurt is ons niet bekend.

In de NEV 2016 is het door Agentschap NL gemeten effect, zoals beschreven in ‘Monitor Energiebesparing Slimme Meters’ (Elburg & Uitzinger, 2014) van feedbackrapporten al meegenomen. Voor het verbeterpotentieel, boven op wat er in de NEV al genoemd wordt, gaan we uit van een extra mogelijke besparing van 2,8% op gasverbruik en 2,7% op elektraverbruik middels feedbackrapporten. Deze extra besparing van verbeterde feedbackrapporten is afgeleid van buitenlands onderzoek (zie **Hoofdstuk 3.1**) en het onderzoek van KEMA (tegenwoordig DNV-GL).

KEMA heeft in 2010 in opdracht van het Ministerie van EZ doorgerekend hoeveel besparing feedbackrapporten (of VKO's) in combinatie met het uitrollen van de slimme meter zou kunnen opleveren. Zij presenteren hier een besparing van 3.7% voor gas- en 3.2% voor elektraverbruik. Deze getallen zijn gebaseerd op buitenlands onderzoek, naar indirecte feedback die een range in besparing van 0-10% opgeeft. Wij vinden dezelfde range in de buitenlandse onderzoeken die wij hebben bekeken. De onderzoekers van KEMA hebben vervolgens in samenwerking met Motivaction verschillende bevolkingsgroepen gedefinieerd die verschillend omgaan met energiebesparing. Ze houden hier voor Nederland een lagere range (0-6%) aan dan in het buitenland gevonden is (0% voor ‘moeilijk bereikbaren’, 2 - 3% voor ‘reeds overtuigden’ en 6.0 - 6.5% besparing voor ‘bereikbaren’) en komen met deze segmentatie op een gemiddelde van 3.7% voor gas- en 3.2% besparing voor elektraverbruik.

Onderzoek uit het buitenland, laat zien dat extra besparingen gehaald kunnen worden als het feedbackrapport vaker wordt verstuurd dan tweemaandelijks, als de aanbiedingsvorm per post is i.p.v. per email of website, als er informatie gegeven wordt over gedragsalternatieven, en als de informatie in het feedbackrapport op een voor de bewoner aantrekkelijke en stimulerende manier wordt aangeboden.

4 In Home Displays (IHD's)

Een In Home Display (IHD) beschouwen wij als een display die in het huis geplaatst kan worden en feedback geeft op het energieverbruik. De plaatsing van een IHD kan aan een muur zijn als de IHD de klokthermostaat vervangt, maar er kan ook gedacht worden aan stekkers in het stopcontact (zoals bijvoorbeeld de Wattcher) of aan een standalone unit die verplaatst kan worden (zoals bijvoorbeeld de EnviR). Verreweg de meeste in home displays geven het realtime verbruik aan.

In **Tabel 2** is te zien dat er wereldwijd in totaal 27 onderzoeken over de effectiviteit van In Home Displays zijn gevonden die aan onze kwaliteitscriteria voldoen. Van deze 27 zijn 22 onderzoeken in het buitenland gedaan, en 5 in Nederland. Omdat de spreiding in de buitenlandse onderzoeken erg groot is (-1 tot 18% besparing op elektraverbruik) zijn ook de resultaten weergegeven van de buitenlandse onderzoeken die op alle punten aan de kwaliteitscriteria voldeden.

Tabel 2: Totale besparing door In Home Displays op gas- en elektraverbruik

	NL	Buitenland	Buitenland (beste onderzoeken)
Aantal onderzoeken	5	22	8
Besparing op:			
- gasverbruik	9% (5-12%)	-	-
- elektraverbruik	5% (-1- 18%)	8% (-1 -18%)	10% (7-15%)

4.1 Buitenland

Vijf meta studies zonder verdere uitsplitsing naar functionaliteiten vinden voor In Home Displays in het algemeen een besparing van 3 tot 9% op het totale energieverbruik. Voor studies waarvan het wel bekend is welke functionaliteiten er gebruikt zijn is de spreiding groter: van -1% (een toename) tot 18%. De hoogste besparingsgetallen worden in de UK gehaald door studies waarop de in Home Display het energieverbruik op een aantrekkelijke manier visualiseert (BEAMA en VaasaETT, 2014). Hierbij leveren educatie bij het installeren van de IHD (7%), kleurvolle en grote displays (11%), gratis displays (13%, Faruqui et al, 2010) en numerieke + 'ambient' feedback (18%) de grootste besparingsgetallen op. Ambient feedback wordt omschreven als *'permutations ranging from consumption speedometers, pictorial visualisation, animations, and simple colour changing balls for ToU price level'*.

4.2 Nederland

Voor zover we weten zijn er in Nederland maar vijf grootschalige onderzoeken gedaan naar het effect van In Home Displays op het energieverbruik. Deze vijf studies laten voor elektraverbruik een spreiding in het effect van minus 1% (een toename) tot 8% besparing zien, en voor gasverbruik een besparing van 5 tot 12%. De functionaliteiten die middels de IHD's in de vijf Nederlandse onderzoeken getest zijn, zijn te vinden in **Tabel 3**. Ondanks dat de naam anders doet vermoeden zijn de twee "Powerplayers" geheel andere displays. De eerste display, uit een onderzoek met onder andere Stedin, heeft ruwweg de vorm van een simpele autodisplay. De tweede display, uit een onderzoek

met onder andere de Nuon, gebruikt een touchscreen display met meerdere menu's. De Powerplayer van Nuon in een kleine en een grotere pilot getest, waar de lagere besparingsgetallen (5% voor zowel gas als elektraverbruik) uit de grotere pilot betrouwbaarder zijn te noemen. De Wattcher is een apparaatje dat je in het stopcontact steekt en dat de gebruiker naast de gebruikelijke historische feedback, feedback geeft over besparingsdoelen en het real-time energieverbruik (proefschrift van Dam, 2013). Onderzoek uit 1989 van Houwelingen en Raaij laat zien dat het activeren van de normbesparing en het visualiseren van energieverbruik (middels een lamp die laat zien of de verwarming aan is) al bijna 30 jaar op de agenda staat.

4.3 Het besparingspotentieel van IHD's in Nederland

Uit **Tabel 3** kan afgeleid kunnen worden dat de grootste besparingen worden behaald als de IHD het realtime energieverbruik aangeeft en normen of doelen activeert, óf als het energieverbruik op een aantrekkelijke manier gevisualiseerd wordt. Dit samen kan tot besparing van 6% voor gasverbruik en 5% voor elektraverbruik leiden (gebaseerd op de twee Powerplayer onderzoeken, waarbij voor de Powerplayer van Nuon de resultaten van de grotere pilot gebruikt zijn). Het onderzoek van Houwelingen is hierbij niet meegenomen. De mogelijke potentiële besparingsgetallen voor IHD's zijn slecht in te schatten omdat in Nederland niet alle functionaliteiten getest zijn, maar vergelijking met buitenlands onderzoek laat zien dat hogere besparingen waarschijnlijk wel binnen de mogelijkheden liggen.

Tabel 3: Geteste functionaliteiten van In Home Displays in Nederland

	Powerplayer (Stedin) ¹	Powerplayer (Nuon) ²	Wattcher ³	"Houwelingen" ⁴	TOON ⁵
Historisch feedback over verbruik	√	√	√	√	√
Realtime feedback over verbruik	√	√	√		√
Normen zetten		√	√	√	√
Doelen stellen		√	√	√	
Informereren					√
Visualisatie	√			√	√
Gamification					
Prijsgerelateerde feedback					
Besparing op:					
- Gasverbruik	7%	5%	12%	-	12%
- Elektraverbruik	6%	5%	6%	-1 tot 8%	3%

¹ Simpele IHD in de vorm van een autodisplay, bias voor huishoudens met lage inkomens en slecht label (de range is onduidelijk, maar meer dan de helft van de respondenten bespaart 10% of meer). De pilot hanteerde geen controle groep, alleen besparing t.o.v. historisch verbruik.

² Getest in kleine en een grotere pilot getest. De grotere pilot met lagere besparingsgetallen was beter van kwaliteit. Er is hier gebruik gemaakt is van een aselechte controlegroep, maar niet ene controlegroep die gekozen heeft voor deelname aan het onderzoek.

³ Besparingsgetallen zijn opgedeeld in 3 groepen: niet gemotiveerden (-1%), onregelmatige gebruikers (1.7%) en regelmatige gebruikers (7.8%)

⁴ Onderzoek uit 1989 van Houwelingen met een "indicator showing daily gas use along with reference figure (agreed norm) adjusted for weather, and a signal light to show when heating was on".

⁵ Ramondt, 2015 en Ypma, 2016

4.4 IHD's op de markt in Nederland

In **Tabel 4** staat weergegeven welke IHD's er op de markt in Nederland zijn, over welke functionaliteiten zij beschikken, en hoeveel ze kosten. Voor zover wij weten zijn er in Nederland geen IHD's op de markt die sec het (realtime) energieverbruik weergeven op een display in de woonkamer. Wel zijn er combinaties op de markt verkrijgbaar. De Toon bijvoorbeeld, stuurt naast het geven van realtime feedback over het energieverbruik, ook de thermostaat aan. De E.ON energie assistent is een pakket van een aantal producten (zoals slimme stekkers, slimme thermostaat, app), maar is alleen beschikbaar voor E.ON klanten. De GoGreen is een apparaat dat je kunt gebruiken zonder een slimme meter, maar bevindt zich niet heel toegankelijk in de meterkast. De Wattcher en de EnviR zijn apparaatjes die het realtime verbruik op een willekeurige plek in de woning kunnen aangeven: de Wattcher in de vorm van een kleurige stekker in het stopcontact met minimale informatie op de stekker zelf, en de EnviR staat op een voetje en geeft via een getallenscherm feedback over het verbruik.

Tabel 4: Functionaliteiten en prijs van "IHD's" op de markt in Nederland

	Toon ¹	E.ON ²	Go Green ³	Wattcher ⁴	EnviR ⁵
Historisch feedback over verbruik	√	√	√	√	√
Realtime feedback over verbruik	√	√	√	√	√
Normen zetten	√	√		√	√
Doelen stellen		√			
Informereren	√	√		√	
Visualisatie	√				
Gamification					
Prijsgerelateerde feedback			√		
Besparing op:					
- Gasverbruik	5%	-	-	-	-
- Elektraverbruik	3%	-	-	-1 tot 8%	-
PRIJS	€ 275,- ⁶	€ 14,50 pm	€ 35,-	€ 99,-	€ 75,-

¹ Deze studie hanteerde meerdere verschillende schattingstechnieken om het effect van self-selectie bias weg te nemen.

² De E.ON Energie Assistent is een combinatie van producten (app, slimme stekkers, slimme thermostaat), en alleen beschikbaar voor klanten van E.ON.

³ Bevindt zich met een kabel in de meterkast, als je de energieprijs zelf instelt wordt er ook feedback over kosten gegeven

⁴ Vergelijken met anderen kan via een website, nadat er zelf een aantal gegevens is ingevuld.

⁵ Vergelijken met anderen of eerdere periodes kan via een website.

⁶ Zie **Tabel 11** voor gedetailleerde informatie over prijzen van de Toon.

5 Websites

Onder een website verstaan we zowel websites van de energieleverancier waar je via inloggen op een persoonlijke portal feedback krijgt over je historische of realtime verbruik, als ‘standalone’ websites die niet gelinkt zijn aan een energieleverancier. In **Tabel 5** is te zien dat er wereldwijd in totaal vijf onderzoeken over de effectiviteit websites zijn gevonden die aan onze kwaliteitscriteria voldoen. Van deze vijf zijn twee onderzoeken in het buitenland gedaan en drie in Nederland. Opgemerkt hierbij moet worden dat van de drie Nederlandse onderzoeken er ook één een website testte in combinatie met een maandelijks feedbackrapport.

Tabel 5: Totale besparing door websites op gas- en elektraverbruik

	NL	Website + rapport (NL)	Buitenland
Aantal onderzoeken	2	1	2
Besparing op:			
- Gasverbruik	-	2%	0%
- Elektraverbruik	7% (6-9%)	2%	2% (0 - 5%)

5.1 Buitenland

De twee onderzoeken in het buitenland naar het geven van feedback over het energieverbruik via een website zijn beiden meta-studies (BEAMA & VaasaEtt, 2014, Raw & Ross, 2011), en zijn beiden uitgevoerd in de UK. Hierbij is het onduidelijk welk soort feedback is gegeven. Het onderzoek van Raw & Ross uit 2011 geeft een besparing voor websites van 0% op gas- en elektraverbruik aan. Het rapport van BEAMA & VaasaEtt uit 2014 geeft een besparing op het gasverbruik van 5% aan.

5.2 Nederland

Voor zover wij weten zijn er in Nederland drie studies gedaan naar het effect van websites met feedback op energiebesparing, zie **Tabel 6**. De eerste, ‘Goeie Peer’, is een online spaarprogramma van Natuur & Milieu, waar consumenten met een beloningssysteem van spaarpunten (gamification) voor cadeaus werden aangespoord om 10% energie te besparen. Zij rapporteerden een besparing van 6% op het gasverbruik. Een grote kanttekening bij dit besparingsgetal is dit geen gemiddelde besparing van de totale onderzoeksgroep is, maar de besparing die de meest actieve deelnemers haalden op hun energiebesparing. Het is bovendien onduidelijk of er feedback gegeven wordt over historisch energieverbruik. De tweede is een al wat ouder onderzoek van Benders et al (2006), waarbij via een website feedback gegeven werd in de vorm van het percentage bespaarde energie voor een aantal specifieke gedragingen. Deze laatste studie liep 5 maanden en leverde een besparing op van 9% voor elektraverbruik. De derde website, Mijnoxio.nl, is gedurende de periode 2008 - 2010 in combinatie met het tweemaandelijks feedbackrapport van Oxxio getest en leverde een besparing op van een kleine 2% voor gas- en elektraverbruik, met een bias in de onderzoeksopzet voor geïnteresseerd publiek.

5.3 Het besparingspotentieel van websites in Nederland

In **Tabel 6** is te zien welke functionaliteiten getest zijn voor de Nederlandse websites. Alhoewel de onderzoeken van Goeie Peer en Benders een mooi voorbeeld geven van alternatieve manieren van feedback geven (via gamification, of via feedback op specifieke gedragingen en hun besparing), geeft alleen het Oxxio onderzoek, met een combinatie van een feedbackrapport en een website, een representatief besparingsgetal voor een website met feedback over verbruik. Het Oxxio onderzoek heeft een besparing gemeten van zowel 2% voor gas- als 2% voor elektraverbruik. Meta-onderzoek uit het buitenland (ACEEE, zoals genoemd in van Elburg & Uitzinger, 2014) geeft aan dat er mogelijk hogere besparingen te behalen zijn: 5-6% op het energieverbruik te behalen zijn met “websites & extra informatieve facturen”.

Tabel 6: Geteste functionaliteiten van websites in Nederland

	“Goeie peer” ¹	“Benders” ²	MijnOxxio.nl ³
Historisch feedback over verbruik	?	geen	√
Realtime feedback over verbruik			
Normen zetten		√	
Doelen stellen	√		
Informereren		√	
Visualisatie			
Gamification	√		
Prijsgerelateerde feedback			√
Besparing op:			
- Gasverbruik	-	-	2%
- Elektraverbruik	6%	9%	2%

1 Bias voor energiegemotiveerde respondenten met hoge opleiding en grote woningen. Controle is standaardjaarverbruik omgerekend naar maandverbruik. Besparingsgetal is op basis van de vergelijking van actieve vs niet-actieve deelnemers.

2 Het onderzoek van Benders et al (2006) geeft feedback in percentage energie bespaard per specifieke gedraging

3 Klanten konden zichzelf opgeven voor de pilot, dus bias voor geïnteresseerd publiek.

5.4 Websites op de markt in Nederland

Er zijn ten tijde van huidig onderzoek inmiddels een aantal websites op de markt in Nederland die feedback geven over het energieverbruik. Vereniging Eigen Huis (eind 2016) geeft aan dat de twee meest gebruikte Slimmemeterportal.nl en Enelogic.nl zijn. Het is ons niet bekend of de effectiviteit van deze websites getest is in de praktijk. In **Tabel 7** is te vinden welke functionaliteiten bij deze websites gebruikt worden en hoe duur een abonnement is. De websites gebruiken beiden toegankelijke interfaces, maar de vertaling naar een percentage mogelijke besparing voor deze websites is moeilijk te maken, omdat ze slecht vergeleken kunnen worden met de twee geteste websites in Nederland.

Tabel 7: Functionaliteiten en prijs van websites in Nederland met feedback over energieverbruik

	Slimmemeter portal.nl	Enelogic .com ¹
Historisch feedback over verbruik	√	√
Realtime feedback over verbruik	√	√
Normen zetten		√
Doelen stellen		√
Informereren	√	√
Visualisatie	√	√
Gamification		
Prijsgerelateerde feedback		√
PRIJS	€ 0,-	€ 19,- (per jaar)

¹ Website in combinatie met een app

6 Apps

Apps kunnen in Nederland zowel directe, realtime als historische feedback geven, afhankelijk of ze gebruik maken van de data uit de P1 of de P4 poort. Het geven van feedback via een app op je smartphone of tablet komt heel dichtbij het geven van directe (push) feedback zoals bij een IHD: je komt de meldingen al dan niet via notificaties tegen als je je telefoon gebruikt voor andere zaken. Toch kan het effect van een IHD en een app erg verschillen omdat ze op een verschillende manier gebruikt worden. Het besparingseffect van een app kan kleiner zijn dan bij een IHD, zo kan een app die gebruikt maakt van geotracking de batterij van je telefoon leegtrekken, waardoor je misschien eerder geneigd bent om hem niet meer te gebruiken. Het besparingseffect kan ook groter zijn, omdat je bijvoorbeeld door het toevoegen van een gamification functionaliteit vaker toegang hebt tot de feedback.

6.1 Nederland

Over het effect van apps hebben we alleen in Nederland vier onderzoeken kunnen vinden die aan onze kwaliteitscriteria voldoen. Deze onderzoeken zijn samen met de geteste functionaliteiten te vinden in **Tabel 8**. In de periode van 2012 tot 2013 heeft Liander de app “Energiekrijgers” in een pilot door de IVAM laten testen met als resultaat dat er ongeveer 3 tot 4% energie werd bespaard door de deelnemers. Er was in dit onderzoek een bias voor respondenten met een hoge opleiding. Enexis heeft in 2014 door de TU-delft hun app ‘Ectual’ laten testen in de praktijk en vonden een totale energiebesparing van 0%. Onderzoekers wijten het uitblijven van energiebesparing aan afname van gebruik van de app door gewinning, maar wellicht heeft de keuze voor een controlegroep met een feedbackrapport dat ook effect sorteert er ook iets mee te maken. RIGO heeft in 2016 gedurende 2,5^e maand in de zomer de Anna-inzicht app van de Nederlandse Energie Maatschappij getest (met en zonder feedback rapport). Voor het onderzoek zonder feedbackrapport kwam RIGO op een besparing van 2% voor elektra (1% voor huurwoningen, 3% voor koopwoningen). Voor woningen met label D of slechter liep de besparing op tot 4-5%. Voor het onderzoek zónder feedbackrapport kwam RIGO op iets hogere besparingen van 3% op elektraverbruik voor respondenten die laag-frequent een mail ontvingen met feedback op hun energieverbruik plus besparingstips, en 6% voor respondenten die hoog-frequent een email ontvingen.

6.2 Het besparingspotentieel van apps in Nederland

Omdat het onderzoek van Ectual waarschijnlijk een lager percentage aangeeft dan werkelijk haalbaar is, gaan we op basis van de onderzoeken van Energiekrijgers en Anna-Inzicht uit van een potentieel haalbare besparing voor apps van 4% voor gasverbruik en 2% voor elektraverbruik. Het onderzoek van Anna-Inzicht laat, ondanks de beperkte looptijd van het experiment, ook zien dat een combinatie van een app en een website op hogere besparingsgetallen uit kan komen.

6.3 Apps op de markt in Nederland

Er zijn ten tijde van huidig onderzoek een aantal apps op de markt die feedback geven over het energieverbruik. Vereniging Eigen Huis (eind 2016) geeft aan dat de meest gebruikte de apps van Nuon, Greenchoice (sinds 2016 met de uitbreiding ‘BOKS’) en Qurrent (Qboks) zijn. Het is ons niet

bekend of de effectiviteit van deze websites getest is in de praktijk. In **Tabel 9** is te vinden welke functionaliteiten bij deze websites gebruikt worden en wat momenteel de kosten zijn. De vertaling naar een percentage mogelijke besparing voor deze websites is slecht te maken, omdat ze niet vergeleken kunnen worden met de drie geteste apps in Nederland.

Tabel 8: Geteste functionaliteiten van apps in Nederland

	Energie-krijgers ¹	Ectual ²	Anna-Inzicht ³	Anna-Inzicht + feedbackrapport ⁴
Historisch feedback over verbruik	√	√	√	√
Realtime feedback over verbruik	√	√		
Normen zetten	√		√	√
Doelen stellen	√			
Informereren		√		√
Visualisatie			√	√
Gamification				
Prijsgerelateerde feedback				
Besparing op:				
- Gasverbruik	4%	-	-	-
- Elektraverbruik	3%	-	2%	3-6%
- Energieverbruik	-	0%	-	-

¹ Bias voor respondenten met een hoge opleiding en inkomen

² Controle groep is een feedback-only groep (via post, email of webportal).

³ Voor woningen met label D en slechter was de besparing 4-5%. Dit onderzoek duurde 2.5e maand in de zomer, de onderzoekers gaven aan dat hierdoor geen besparingsgetallen voor gas zijn gemeten.

⁴ De 3% besparing voor lage frequentie emailing van feedbackrapport, 6% voor hoge frequentie emailing.

Tabel 9: Functionaliteiten en prijs van apps in Nederland met feedback over energieverbruik

	Nuon	Green-choice	BOKS ¹	Qbox (Qurrent)
Historisch feedback over verbruik	√	√		√
Realtime feedback over verbruik				√
Normen zetten	√	√		√
Doelen stellen	√	√	√	√
Informereren	√	√		√
Visualisatie	√	√		
Gamification			√	
Prijsgerelateerde feedback				
PRIJS	klanten	klanten	klanten	€ 90,-

¹ De BOKS is een onderdeel van de Greenchoice app en geeft net als in het onderzoek van Benders (zie Tabel 6) feedback op doelen per specifieke gedraging (bv: een uitdaging op energiebesparing door korter douchen en een terugkoppeling op het behalen van dat doel).

7 Slimme thermostaten

We beschouwen een slimme thermostaat als klokthermostaat die automatisch de ketel aanstuurt. Slimme thermostaten kunnen op afstand bestuurbaar zijn via een app, of zelflerend op basis van gegevens uit het verleden het meest gunstige stookgedrag aansturen. We hebben 6 studies gereviewed waar naar het besparingseffect van slimme thermostaten is gekeken (zie Tabel 10). Hiervan is er 1 studie in Nederland uitgevoerd (onderzoek naar de Toon), maar hierbij moet worden opgemerkt dat de Toon óók een IHD is, en het dus niet duidelijk is of het besparingseffect volledig aan de slimme thermostaatfunctie te wijten is.

Tabel 10: Totale besparing door slimme thermostaten op het gasverbruik

	NL	Buitenland
Aantal onderzoeken	1	5
Besparing op:		
- gasverbruik	5-6%	-??% tot 25%

7.1 Buitenland

Er zijn in het buitenland vijf onderzoeken, die de besparingen van slimme thermostaten hebben getest (Meier et al, 2010; Peffer et al, 2011; Suter & Rumi Shamin, 2013; Kersken & Sinnesbichler, 2013; Robinson et al, 2016). De resultaten van deze lopen uiteen van een toename in het gasverbruik tot besparingen van wel 21 tot 26%. De studie van Fraunhofer (Kersken & Sinnesbichler, 2013) rapporteert de hoogste besparingen (21-26%) als de slimme thermostaat gebruik maakt van aanwezigheidsdetectie en weersvoorspellingen, maar gebruikt gemodelleerde data voor gedrag en gebouwen. Peffer et al en Robinson et al rapporten de volgende bevindingen:

“Few studies directly meter the gas for heating or electricity for cooling separately from other appliances. [...] One recent analysis of energy bills in about 7000 households concluded that savings of about 6% in natural gas consumption could be attributed to programmable thermostat use [...]. Several field studies showed no significant savings in households using programmable thermostats compared to households using non-programmable thermostats [...]. The availability of a programmable thermostat did not change setback behaviors: people who were accustomed to setting back with a manual thermostat kept doing so, and did not increase their energy savings. Those who had not previously changed the temperature setpoints did not set back with programmable thermostats. Some researchers argued that homes relying on programmable thermostats consumed more energy than those where the occupants set the thermostats manually” Peffer et al, 2011.

“A growing body of evidence suggests smart thermostats may enable overall energy savings although the evidence is mixed—further analysis of their EE potential is required” Robinson et al, ACEEE summer study, 2016.

7.2 Nederland

In Nederland hebben we één onderzoek beschikbaar dat het besparingseffect van een slimme thermostaat test, namelijk de Toon. Hierbij moet opgemerkt worden dat de Toon niet alleen een slimme thermostaat is, maar ook een In Home Display (zie ook **Tabel 4**). We hebben navraag gedaan bij NEFIT of zij resultaten hebben van veldtesten van hun NEFIT EASY maar die waren er niet. Milieucentraal geeft op hun website schattingen van het te besparen gasverbruik door een slimme thermostaat, maar heeft dat, voor zover wij weten, niet in de praktijk getest. Ook is bekend dat veel ketels op dit moment niet goed ingesteld staan om optimaal gebruik te maken van het besparingseffect door warmte terug te winnen die vrij komt bij condenseren. Dit vraagt om een goede aan en afvoer temperatuur. Er wordt gekeken naar mogelijkheden om deze instelling automatisch te maken met een slimme thermostaat. Voor zover wij weten is deze functionaliteit nog niet op de markt beschikbaar.

Milieucentraal

Milieucentraal noemt voor de besparing van een slimme thermostaat op haar website een range van 3 tot 22%. Zij baseren dit op het idee dat een dergelijke thermostaat 'zuinig stookgedrag' automatiseert. Om het minimum van 3% procent energie te besparen zijn er minstens twee functies nodig bij de slimme thermostaat: het zelflerend opwarmen van de woning en het modulerend aansturen van de CV-ketel waardoor deze efficiënter verbrandt. Het maximum van 22% zou gehaald moeten worden bij huishoudens die nu onzuinig stoken. Voor bewoners die zelf al zuinig met verwarming omgaan of een goed geïsoleerde woning hebben, zal een slimme thermostaat weinig extra besparing opleveren bovenop een gewone klokthermostaat. Een slimme thermostaat biedt wel meer gebruiksgemak. Op basis van het WoON onderzoek schat ECN in dat ongeveer de helft van de huishoudens onzuinig stookt (zoals bijvoorbeeld de verwarming niet lager zetten als er niemand thuis is). Uitgaande van de cijfers van Milieucentraal zal een slimme thermostaat in theorie dus gemiddeld ongeveer 10% op het gasverbruik moeten kunnen besparen.

Toon

Uit onderzoek van Quby naar het besparingseffect van de Toon (Ramondt, 2015 en presentatie Ypma, 2016) blijkt dat het gemeten besparingseffect tussen de 5,1% en 6,1% op het gasverbruik is. De effectiviteit van de Toon op energiebesparing in huishoudens is in 2015 onderzocht onder 5.300 gebruikers van de Toon. Er is gekeken naar de besparing over een periode van 3 maanden tot 2 jaar, waaruit bleek dat ook op langere termijn energiebesparing gerealiseerd werd.

7.3 Het besparingspotentieel van slimme thermostaten in Nederland

ECN heeft de besparingscijfers van Milieucentraal (3-22%) gekoppeld aan de data uit het WoON onderzoek en heeft in Hoofdstuk 7.2 beschreven dat er in theorie met slimme thermostaten gemiddeld ongeveer 10% besparing gehaald zou kunnen worden. Uit empirisch onderzoek van Quby naar het besparingseffect van de Toon (Ramondt, 2015 en presentatie Ypma, 2016) blijkt echter dat het gemeten besparingseffect tussen de 5,1% en 6,1% op het gasverbruik is. Het lijkt ons daarom realistischer dit percentage aan te houden.

7.4 Slimme thermostaten op de markt in Nederland

Op <https://www.energieleveranciers.nl/slimme-thermostaat>, is een overzicht weergegeven van verschillende slimme thermostaten op de markt in Nederland. Onderstaande gegevens in **Tabel 10** zijn vertaald van uit de tabel die op deze website is weergegeven. Er wordt aangegeven dat de gegevens op 2 januari 2017 voor het laatst zijn bijgewerkt. Daarnaast is de NEFIT EASY toegevoegd.

Tabel 10: Slimme thermostaten op de markt in Nederland.

	Toon	SplDer	Nest (3 ^e gen)	Thermo Smart	Anna	Energie Assistent	Nefit Easy
IHD:							
Historisch feedback	√	√	√	√	√	√	√
Realtime feedback	√	√				√	
Normen zetten	√		√			√	
Doelen stellen							
Informereren	√						
Visualisatie	√						√
Gamification							
Prijsgerelateerde feedback							
slimme thermostaat:							
Zelflerend	√	√	√	√	√	√	√
Bediening op afstand	√	√	√	√	√	√	√
Lokatietracking				√	√	√	√
Bewegingssensors							
Rekening met buitentemp.	√		√	√	√		√
Modulerend aansturen ketel		?	√	√	√	√	√
Richtprijs apparaat	€275	€299	€249	€249	€249	€0	€257
Abonnement per maand ¹	€4.95	nvt	€0	€0	€0 ⁴	€14.50	€0nvt
Gratis voor klanten? ²	ja	nvt	ja	nvt	ja	ja	
Installatiekosten	€0	€0	€99	€99 ³	€70 ⁴	€0	€0

¹ Een abonnement is vaak af te sluiten voor niet-klanten

² 'Gratis' is meestal in combinatie met het afsluiten van een meerjarig contract bij de energieleverancier

³ Optioneel

⁴ Klanten betalen €3.99 aan abonnementskosten en €70 aan installatie.

8 Conclusies

Uit het literatuuronderzoek naar het besparingseffect van feedbacksystemen en slimme thermostaten trekken wij de volgende conclusies:

1. Het blijkt onmogelijk een besparingseffect per functionaliteit te bepalen, want producten hebben altijd een combi van functionaliteiten en die combinatie wordt in de praktijk getoetst.
2. Er blijkt maar een beperkt aantal Nederlandse studies beschikbaar die vaak al enkele jaren oud zijn en producten testen die ondertussen niet meer op de markt zijn. Onzeker is of je van producten die nu op de markt zijn hetzelfde mag verwachten als van de producten die getest zijn.
3. We kunnen van studies uit het buitenland leren welke vormgeving en welke functionaliteiten effectief zijn om energiebesparing te realiseren, maar we kunnen deze effecten slecht doorvertalen naar Nederland omdat er grote verschillen in klimaat, cultuur, energiekosten, type woning en type verwarming (all-electric) zijn, waardoor het onzeker is of dezelfde besparingen ook in Nederland gerealiseerd kunnen worden. Voor de VKO's speelt daarnaast mee dat het verschil met het buitenland kan zijn dat daar niet gewerkt wordt met maandelijkse voorschotnota's maar met maandelijkse facturen die de werkelijke kosten voor energie afrekenen. De bewustwording van werkelijk verbruik bij huishoudens is dan groter en met energiebesparing kan in dat geval directe winst in energiekosten worden gerealiseerd. We lijken, ook in Nederland, te zien dat sommige functionaliteiten zoals visualisatie en gamification bijdragen aan een hoger besparingseffect, maar dat effect is slecht te kwantificeren op basis van de studies die er nu liggen¹.
4. Omdat we toch een gevoel willen hebben bij de besparingseffecten die met verbeterde verbruikskosten overzichten, in home displays, apps, websites en slimme thermostaten kan worden bereikt hebben we een op basis van het beperkte aantal studies in Nederland een ex-ante inschatting van het besparingseffect gemaakt. Het werkelijke besparingseffect is onzeker. Het verdient aanbeveling een monitoringsprogramma op te zetten waarin de werkelijke besparingen worden gemeten en waarin kan worden geleerd wat werkt: welke functionaliteiten, vormgeving en aanpak zijn effectief en dragen bij aan een zo groot mogelijke besparing bij een zo groot mogelijke doelgroep.

¹ In eerdere studies zijn al aanbevelingen gedaan over de aanbestedingsvorm van feedback: Vringer en Dassen (2016) bijvoorbeeld pleiten voor het duidelijk, aantrekkelijk en gesegmenteerd informeren van consumenten, het benadrukken van positieve effecten en gevoelens bij energiebesparing, het verlagen van (gevoelde) financiële risico's en het vergelijken van het energieverbruik met anderen. We zouden hier nog aan toe willen voegen dat directe realtime feedback meer het routine & onbewuste gedrag beïnvloedt (zoals de lichten uitdoen en de verwarming een graadje lager zetten) en indirecte historische feedback meer het bewuste gedrag uitlokt, zoals het plaatsen van tochtstrippen of isoleren van een woning.

Kwantificering besparingseffecten per modaliteit

Op basis van het beperkte aantal studies in Nederland zijn in **Tabel 11** de besparingseffecten voor verschillende modaliteiten weergegeven. Dit is een ex ante inschatting van mogelijke besparingseffecten het werkelijke besparingseffect is onzeker en moet blijken uit monitoringsonderzoek. De geschatte waarden voor besparing van verschillende modaliteiten mogen voor 1 woning niet worden opgeteld!

De minimale kwalificaties nodig voor de besparingseffecten zijn zoals eerder genoemd slecht in te schatten omdat er weinig empirische data beschikbaar zijn voor de Nederlandse situatie. Extrapolatie van kwalitatief onderzoek (al dan niet uit het buitenland) is wel mogelijk. Voor verbeterde feedbackrapporten (VKO's) gaan we uit van een extra besparing van 2,8% voor gas- en 2,7% elektraverbruik. Deze besparingen zullen waarschijnlijk gehaald worden als het feedbackrapport vaker wordt verstuurd dan tweemaandelijks, als de aanbiedingsvorm per post is i.p.v. per email of website, als er informatie gegeven wordt over gedragalternatieven, en als de informatie in het feedbackrapport op een voor de bewoner aantrekkelijke en stimulerende manier wordt aangeboden. Voor IHD's gaan we uit van een besparing van 6% voor gas- en 5% voor elektraverbruik, uitgaande van drie Nederlandse onderzoeken (de twee Powerplayers en de Toon, zie tabel 3 en 4). De functionaliteiten die hier getest zijn, zijn het geven van historische feedback, het geven van real-time feedback, het activeren van normen en doelen, het informeren over gedragalternatieven, en aantrekkelijk en stimulerend visualiseren van verbruik. Voor websites gaan we uit van een besparing van 2% voor gas- en 2% voor elektraverbruik, uitgaande van maar 1 Nederlandse onderzoek (Mijnnoxio.nl, zie tabel 6). In dit onderzoek werd historische feedback over het verbruik gegeven en info over tarieven. Voor apps gaan we uit van een besparing van 4% voor gas- en 2% voor elektraverbruik, uitgaande van drie Nederlandse onderzoeken (Energiekrijgers, Ectual en Anna Inzicht, zie tabel 8). De functionaliteiten die hier getest zijn, zijn het geven van historische feedback, het geven van real-time feedback, het activeren van normen en doelen, het informeren over gedragalternatieven, en aantrekkelijk en stimulerend visualiseren van verbruik. Voor slimme thermostaten gaan we uit van een besparing van 5 tot 6% op het gasverbruik uitgaande van recente onderzoeken over het besparingseffect van de TOON. Ons is op dit moment onduidelijk of in dit onderzoek alleen gekeken is naar het effect van energiezuinig stookgedrag of dat hier ook een effect is meegenomen van bijvoorbeeld het modulerend instellen van de ketel

Tabel 11: Ex ante inschatting mogelijke besparing feedback systemen

Modaliteit	Gasbesparing	Elektriciteitsbesparing	Besparing in GJ per woning ¹	Hoeveel woningen per PJ?
Rapport Verbeterde VKO	2,8% extra tov huidige VKO ²	2,7% extra tov huidige VKO	1,5	689 duizend
In home displays	6%	5%	3,0	330 duizend
Apps	4%	2%	1,9	530 duizend
Websites	2%	2%	1,0	958 duizend
Slimme thermostaten	5 tot 6%	0%	2,3	432 duizend

¹ Uitgaande van gemiddeld 1330 m³ gas per woning per jaar (42 GJ) en 2810 kWh elektriciteit per woning per jaar (10 GJ)

² De besparing van de huidige VKO, van 0,9% gas en 0,5% elektriciteit is al meegenomen in de NEV2016. De inschatting is dat 3,7% besparing op gasverbruik en 3,2% besparing op elektriciteitsverbruik met indirecte feed back mogelijk is, dus additioneel nog 2,8% besparing op gasverbruik en 2,7% op elektriciteitsverbruik mogelijk.

Aantal woningen per PJ en eerdere kostencurve

Tabel 10 laat zien dat om 10 PJ te besparen, er 6,9 miljoen woningen van een verbeterd verbruiks- en kostenoverzicht moeten voorzien, of 3,3 miljoen woningen van een in home display, of 4,3 miljoen woningen van een slimme thermostaat.

In 2016 heeft ECN een inschatting gemaakt van het besparingspotentieel die met een energiebesparingsverplichting gerealiseerd zou kunnen worden. Op basis van kosteneffectiviteit is een kostencurve gemaakt. In de kostencurve zat een besparingspotentieel voor feedback systemen van 3,0 PJ en hiervoor waren 2,2 miljoen woningen nodig. Voor feedback systemen is in die kostencurve gerekend met 1,4 GJ besparing per woning. Hiervoor heeft ECN inschattingen overgenomen die NUON heeft gemaakt, namelijk 2% besparing op gas en 4% besparing op elektriciteit, toegepast op 1500 m³ gas en 3000 kWh gemiddeld verbruik per woning. We gaan nu uit van hogere besparingscijfers voor in home-displays op basis van de recente rapporten over gemeten effecten bij de TOON, voor verbeterde VKO rapporten, websites en apps ligt de besparing wel in dezelfde orde van grootte.

In de kostencurve zat een besparingspotentieel voor slimme thermostaten met modulerend en condenserend instellen van de ketel van 4,7 PJ. Daarvoor waren dan 885 duizend woningen nodig. Voor slimme thermostaten is in die kostencurve gerekend met 4,2 GJ besparing per woning. Dat betreft alleen gasbesparing. Dit is gebaseerd op 10% besparing die NUON ingeschat heeft voor “Smart home, adaptive condensing boiler steering thermostat” en op cijfers van Milieucentraal over energiezuinig stookgedrag. Onterecht hebben wij deze optie ook geïnterpreteerd als het condenserend instellen van de CV-ketel, terwijl het hier alleen gaat om het slim en modulerend instellen van de ketel. We gaan nu uit van lagere besparingscijfers voor in slimme thermostaten op basis van de recente rapporten over gemeten effecten bij de TOON.

De totale energiebesparing door feed back en slimme thermostaten was in de kostencurve ingeschat op 7,7 PJ. Andere kosteneffectieve maatregelen om tot 10 PJ additionele besparing te komen, waren onder andere energiemanagementsystemen in het MKB. Destijds is aangegeven dat voor het realiseren van 10 PJ besparing aanzienlijke verleidingskosten gemaakt moeten worden.

9 Referentielijst

Abrahamse, W., L. Steg, C. Vlek en T. Rothengatter (2005). A review of intervention studies aimed at household energy conservation. *Journal of Environmental Psychology*, Volume 25, 273-291.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S027249440500054X>.

Allcott, H. en S. Mullainathan (2010). Behaviour and Energy Policy. *Science*: **327** (5970) pp. 1204 – 1205. DOI: 10.1126/science.1180775 . <http://science.sciencemag.org/content/327/5970/1204>.

Anderson, W. and V. White (2009). *Exploring consumer preferences for home energy display functionality*. Report to the Energy Saving Trust. Centre for Sustainable Energy.

https://www.cse.org.uk/downloads/reports-and-publications/behaviour-change/consumer_preferences_for_home_energy_display.pdf.

BEAMA, VaasaEtt (2014). *Smart Metering in Home Displays*. A BEAMA briefing paper.

<http://www.beama.org.uk/resourceLibrary/smart-metering--in-home-displays---what-are-they--what-benefits-will-they-deliver-.html>.

Benders, R.M.J., R. Kok, H.C. Moll, G. Wiersma, K.J. Noorman (2005). New approaches for household energy conservation – In search of personal household energy budgets and energy reduction options. *Energy Policy*, Volume 34, 3612-3622.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421505002077>.

BIT UK (2011): Behaviour Change and Energy Use. *Cabinet Office Behavioural Insights Team*, July 2011.

https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/48123/2135-behaviour-change-and-energy-use.pdf.

Brčić, I. (2012). *PowerPlayer Handleiding*. Basisdocument voor Stedin pilot.

Buchanan, K., R. Russo en B. Anderson (2014). Feeding back about eco-feedback: How do consumers use and respond to energy monitors? *Energy Policy*, Volume 73, 138-146.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421514002894>.

Cialdini, R.B.; Reno, R.R.; Kallgren, C.A. (1990). A focus theory of normative conduct: Recycling the concept of norms to reduce littering in public places. *Journal of Personality and Social Psychology*. 58 (6): 1015–1026. [doi:10.1037/0022-3514.58.6.1015](https://doi.org/10.1037/0022-3514.58.6.1015).

Dam, S. v. (2013). 2008-2010 Smart Energy Management for Households. *Architecture and the Built environment*. Volume 05. Proefschrift, TU Delft. <http://abe.tudelft.nl/index.php/faculty-architecture/article/view/vandam/vandam>.

Darby, S. (2006). *The effectiveness of feedback on energy consumption. A review for DEFRA of the literature on metering, billing and direct displays*. Environmental Change Institute, University of Oxford. <http://www.eci.ox.ac.uk/research/energy/downloads/smart-metering-report.pdf>.

Darby, S., C. Liddell, D. Hills and D. Drabble (2015). Smart Metering Early Learning Project: Synthesis report. Department of Energy & Climate Change. London, UK: Crown.

<https://www.gov.uk/government/publications/smart-metering-early-learning-project-and-small-scale-behaviour-trials>.

DECC (2015). Smart Metering Implementation Programme. DECC's Policy Conclusions: Early Learning Project and Small-scale Behaviour Trials. London, UK: Crown.

<https://www.gov.uk/government/publications/smart-metering-early-learning-project-and-small-scale-behaviour-trials>.

EcoGrid EU Deliverable 6.7: Lund, P., Nyeng, P., Grandal, R.D., Sørensen, S.H., Bendtsen, M.F., le Ray, G., Larsen, E.M., Mastop, J., Judex, F., Leimgruber, F., Kok, K.J., MacDougall, P.A. (2016). overall evaluation and conclusion. http://www.eu-ecogrid.net/images/Documents/D6.7_160121_Final.pdf

Elburg, H. v. en J. Uitzinger, RVO (2014). *Monitor Energiebesparing Slimme Meters (Besparingsmonitor)*. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2014/03/10/monitor-energiebesparing-slimme-meters>.

Elkenbracht, E. (2013). *De bewoner als energiemanager. Energiebesparing door gedragsverandering in Rotterdam-IJsselmonde*. Pilot PowerPlayer Agentschap NL.

Energy Saving Trust (2009). *The smart way to display*. A summary report on consumer preferences for energy display designs.

[https://www.cse.org.uk/pdf/\(CO183\)%20The%20Smart%20Way%20to%20Display.pdf](https://www.cse.org.uk/pdf/(CO183)%20The%20Smart%20Way%20to%20Display.pdf).

Faruqui, A., S. Sergici, en A. Sharif (2010). The impact of informational feedback on energy consumption – A survey of the experimental evidence. *Energy, Volume 35*, 1598-1608.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544209003387>.

Fischer, C. (2008). Feedback on household electricity consumption: a tool for saving energy? *Energy Efficiency, Volume 1*, 79-104. Springer Science + Business Media B.V.

<http://link.springer.com/article/10.1007/s12053-008-9009-7>.

Geelen, D. en A. Bulters (2016). *Energiebesparing Slimme Meters. Belangrijkste bevindingen*. Enexis Ectual direct feedback app.

Houwelingen, JH van and Raaij, WF van (1989) The effect of goal-setting and daily electronic feedback on in-home energy use. *Journal of consumer research 16*, 98-105.

Karjalainen, S. (2011). Consumer preferences for feedback on household electricity consumption. *Energy and Buildings, Volume 43*, 2–3, Pages 458–467.

Kersken, M., Sinnesbichler, H. (2013). Simulation study on the energy saving potential of a heating control system featuring presence detection and weather forecasting. *Fraunhofer IBP rapport*, nr 527: 40.

Klopfert, F. en G. Wallenborn (2011). *Empowering consumers through smart metering*, a report for BEUC, the European Consumer Organisation, 22 December 2011. http://www.scp-responder.eu/pdf/knowledge/other/ict/Klopfert%20Wallenborn_11_Empowering%20Consumers%20Through%20Smart%20Metering.pdf.

Lewis, P., A. Bogacka, R. Grigoriou, S. Xu (2014). Assessing the Use and Value of Energy Monitors in Great Britain. BEAMA, VaasaETT 2014. <http://www.beama.org.uk/resourceLibrary/assessing-the-use-and-value-of-energy-monitors-in-great-britain.html>.

Liander (2013). Resultaten Alternatieve Feed Back Pilot. *Energiekrijgers*.

Liander (2013a). *Analyse EKrijgers*. IVAM UvA BV.

Locke, E.A. (1996) Motivation through conscious goal setting. *Applied and Preventive Psychology*, 5 117-124.

Mahone, A. en B. Haley (2011). Overview of residential energy feedback and behavior-based energy efficiency. San Francisco, US, Energy+Environmental Economics, Inc. https://www4.eere.energy.gov/seeaction/system/files/documents/customerinformation_behavioral_status_summary.pdf.

Meier, A. (2012). How people actually use thermostats. *ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*. Pacific Grove, Calif.: American Council for an Energy Efficient Economy.

Milieucentraal website (2017). <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/energiezuinig-verwarmen-en-warm-water/slimme-thermostaat/>

Mourik, R. & Breukers, S. (2013) Effectieve combinaties van prijsprikkels-segmentering-technologie feedback. Deel 3 Eindrapportage voor Netbeheer Nederland. Duneworks B.V. http://www.duneworks.nl/wp-content/uploads/2014/02/2013-Netbeheer-Dynamic-Pricing-and-behaviour-change_Duneworks_2013.pdf

Niessen, F. (2013). Eindrapportage onderzoek 'Slim besparen op energie' [Powerpoint slides].

Noort, H. en R. v. Ossenbruggen (2011). Energie besparen met het EMS. Resultaten in-home pilot 2010-2011. Smart Energy Home Systems in Amsterdam. *Energiebewustzijn, Energiebesparingspotentieel en Regionale Economische Impact*.

Nuon, SenterNovem, HAE, TU/e, UCPartners (2009). PowerPlayer pilot 2008-2009 [PowerPoint slides]. PowerPlayer (2012.: *Bijlage 2: Ontwerpcriteria display directe terugkoppeling*. Final analysis Energy demand Research project and Appendix C: Review of the Literature on Interventions used in EDRP, AECOM, June 2011).

Peffer, T., Pritoni, M., Meier, A., Aragon, C., and Perry, D. (2011). How people use thermostats in homes: A review. *Building and Environment*, 46(12):2529–2541.

Ramondt, D. (2015). Energy savings from smart thermostats with energy displays. working paper.

Raw, G. en D. Ross (2011). EDRP, *Energy Demand Research Project: Final Analysis*. AECOM. <https://www.ofgem.gov.uk/ofgem-publications/59105/energy-demand-research-project-final-analysis.pdf>.

ResCon (2011). Energieadvies op maat via gebruik van slimme meters. Determinanten- en effectonderzoek. Onderdeel van *Projectencatalogus energie-innovatie*. Amsterdam. M. v.d. Sluis, A. Hesselink, R. Jonkers.

http://www.rvo.nl/sites/default/files/rvo_website_content/EOS/DEMO08014.pdf.

ResCon (2011a). Energieadvies op maat via gebruik van slimme meters. Determinanten- en effectonderzoek. Samenvatting. Onderdeel van *Projectencatalogus energie-innovatie*. Amsterdam. M. v.d. Sluis, A. Hesselink, R. Jonkers.

RIGO Research en Advies (2016). Verbruiksmonitoring met de slimme meter. Een experiment in Rotterdam.

Robinson, J., Narayanamurthy, R., Clarin, B., Lee, C., Bansal, P. (2016) national study of potential of smart thermostats for energy efficiency and demand response. *ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*.

S3C (2013). Report on state-of-the-art and theoretical framework for end-user behaviour and market roles” http://www.smartgrid-engagement-toolkit.eu/fileadmin/s3ctoolkit/user/learningmaterials/state-of-the-art_and_theoretical_framework_for_end-user_behaviour_and_market_roles.pdf

SER (2016), Voortgangsrapportage Energieakkoord 2016

<http://www.energieakkoordser.nl/publicaties/voortgangsrapportage-2016.aspx>

SMART Energy GB (2017). *Smart Energy Outlook*. Februari 2017. smartenergyGB.org.

<https://www.smartenergygb.org/~media/SmartEnergy/essential-documents/essential-documents/english/Smart-energy-outlook-February-2017.ashx>.

Stedin (2013a). Publieksrapport onderzoek Powerplayer Rotterdam [Powerpoint slides].

Stedin (2013b). Onderzoek Stedin: forse energiebesparing via digitale energiemeter en display.

Persbericht. <https://www.stedin.net/over-stedin/pers-en-media/persberichten/onderzoek-stedin-forse-energiebesparing-via-digitale-energiemeter-en-display>.

Stromback, J., C. Dromacque, M.H. Yassin (2011). *The potential of smart metering to increase energy and systems efficiency: a mass pilot comparison*. VaasaEtt, Global Energy Think Tank.

http://esmig.eu/sites/default/files/2011.10.12_empower_demand_report_final.pdf.

Suter, J. F. and Shammin, M. R. (2013). Returns to residential energy efficiency and conservation measures: A field experiment. *Energy Policy*, 59:551–561.

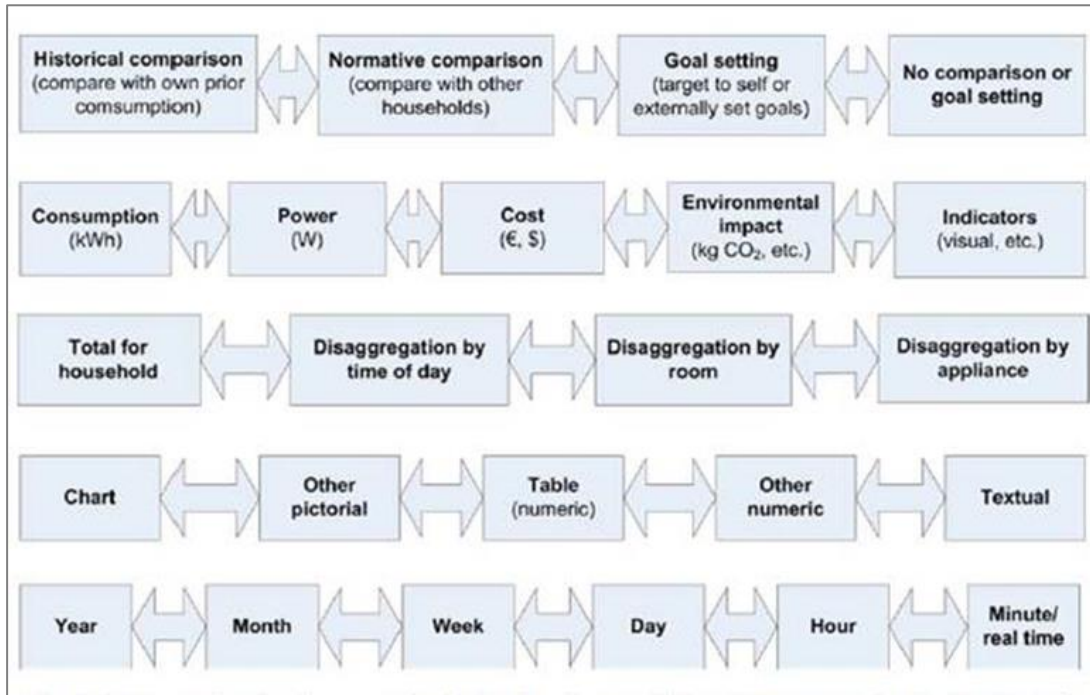
VEH (2016). Brief van Vereniging Eigen Huis aan Minister Kamp over Onderzoeksresultaten VKO.

<https://www.eigenhuis.nl/docs/default-source/downloads/lees-de-brief-die-vereniging-eigen-huis-schreef-aan-minister-kamp.pdf?sfvrsn=4>.

Vringer, K. en T. Dassen, PBL (2016). De Slimme Meter, uitgelezen energie(k)? Achtergrondstudie.
<http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL-2016-de-slimme-meter-uitgelezen-energiek-2122.pdf>.

Ypma, F. (2016). Besparingseffect Toon. Expert meeting Slimme meter en Consumer Engagement, presentatie 10 november 2016

Bijlage 1. Indeling in functionaliteiten volgens Karjalainen (2011) en Mourik & Breukers (2013)



PRIJS PRIKKEL:	TECHNOLOGIE:	FEEDBACK: prijsgereleerd	FEEDBACK: op verbruik	FEEDBACK: op verbruik specificatie
geen	Slimme meter	€/kWh	Verbruik kWh	Per apparaat
	IHD		Besparing kWh	Per ruimte
IBR	Energielamp	Verandering van kleur	Verbruik €	Per activiteit
	Website		Besparing €	Historisch
ToU	Email	Geluid	CO2 Uitstoot	Comparatief
	App	Emoticons	CO2 reductie	Doelstelling
CPP	Post		Emoticons	Benchmark
	Magneetsticker	Grafisch	Grafisch	Factuur detail.
CPR	Automatisering		Getallen	Toegesneden tips
RTP	Remote control	Toegesneden tips		

Bijlage 2. Indeling in functionaliteiten gebruikt in dit rapport

Feedback op verbruik	jaar maand <u>twee-maandelijks</u> dag <u>realtime</u> losse apparaten impact op het milieu
normen zetten	vergelijk met anderen vergelijk met jezelf vergelijk met doelen vergelijk met beste
doelen stellen	zelf stellen streefverbruik aangegeven
informereren	instructie installateur informatie campagne advies / tips over verbruik (<u>tailored</u>) educatie zonnepanelen opwek beschikbaarheid van duurzame energiebronnen (wind, zon) non-energie (weer, files) andere <u>domotica</u> (wasmachine, koelkast)
visualisatie	grafisch-grafiek grafisch-kleur grafisch-lamp grafisch-plaatjes <u>grafisch-emoticons</u>
<u>gamification</u>	punten sparen kennisquiz competitie animaties
prijs gerelateerde feedback	gas en/of elektra tarief prepaid contract dag-nacht tarieven time of use <u>tarief (ToU)</u>

<u>Ontzorgen</u> (slimme thermostaten)	slimme/zelflerende thermostaat CV /pomp aansturing bewegingssensors rekening houdend met buiten temp modulerend aansturen ketel
--	---

Bijlage 3. Overzicht functionaliteiten van VKO (bron: Vereniging Eigen Huis)

Energie-leveranciers 2015	Periode aangegeven	Standaard jaarverbruik	Vergelijking met andere huishoudens	Vergelijking voorgaande jaren	Vergelijking voorgaande jaren (incl. aantal jaar)	Verwijzing naar consumenten-organisaties	Totale hoeveelheid afgenomen energie (bruto verbruik)	Totale hoeveelheid aan het net geleverde energie (teruglevering)	Totale netto hoeveelheid geleverde energie (netto verbruik)	Reële indicatie verbruiksfhankelijke kosten	Reële indicatie totale kosten voor netto afgenomen energie
Budget Energie	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✗
Delta	✓	✗	✓	✓	✓ ₁	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Electrabel	✓	✗	✓	✓	✓ ₃	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Eneco	✓	✓	✓	✓	✓ ₃	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Energiedirect	✓	✗	✓	✓	✓ ₁	✗	✓	✓	✗	✓	✗
Engie	✓	✗	✓	✓	✓ ₁	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Eon	✓	✗	✓	✓	✓ ₁	✓	✓	?	?	✓	?
Essent	✓	✗	✓	✓	✓ ₁	✗	✓	✓	✗	✓	✗
Greenchoice	✓	✓	✓	✓	✓ ₃	✓	✓	✓	✓	✓	✗
NLE	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	?	?	✓ _{p/m}	?
Nuon	✓	✓	✓	✓	✓ ₁	✗	✓	✓	✓	✓	✓
Oxxio	✓	✓	✗	✓	✓ ₁	✗	✓	✓	✗	✓	✗
Pure Energie	✓	✗	✗	✓	✓ ₁	✗	✓	✓	✓	✓	✓
Qurrent	✓	✓	✗	✓	✓ ₁	✗	✓	✓	✓	✗	✓
Vandebon	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✗