

BEPALING VAN EEN UNIFORME DEFINITIE VOOR ENERGIE EFFICIËNTIE

Definities van efficiëntieverbetering en energiebesparing in het huishoudelijk energieverbruik

H. Jeeninga
O. van Hilten

Verantwoording

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van Novem en staat bij ECN geregistreerd onder projectnummer 7.7172. Contactpersoon namens Novem was ir. B.P.F. Huenges Wajer (Novem Sittard), contractnummer: 149708.4102.

Abstract

This report discusses the definitions of concepts like efficiency improvement and energy savings, applied to electricity consumption by households. There is often confusion concerning the meaning of these concepts, due to incomplete definitions and sloppy use of these definitions. The factors determining the electricity consumption by households are discussed in detail and it is discussed how these factors should be treated when defining efficiency improvements and energy savings. The importance of clear definitions of energy services and system boundaries are illustrated. Some of the definitions proposed are translated into mathematical formulas, enabling to give numerical illustrations.

INHOUD

SAMENVATTING	4
1. INLEIDING	8
2. SYSTEEMGRENZEN	10
2.1 Energiediensten en systeemgrenzen	10
2.2 Analyseniveau en systeemgrenzen	11
3. KARAKTERISERING VAN DE ONTWIKKELING VAN HET APPARAATBEZIT EN -GEBRUIK	16
3.1 Wijziging in apparaatbezit (penetratiegraad)	16
3.2 Verandering van de gebruiksduur van een apparaat	17
3.3 Verandering van de functie van het apparaat	17
3.4 Ontwikkeling energieverbruik	18
4. LITERATUURONDERZOEK	20
4.1 Algemene indruk	20
4.2 Algemene methodologie	20
4.3 Methodologie voor huishoudelijke sector	22
5. DEFINITIES	24
5.1 Inleiding	24
5.2 Volume-, structuur- en besparingseffecten	24
5.3 Efficiëntie(-verbetering)	25
5.3.1 Betekenis van de term efficiëntie	25
5.3.2 Onderlinge vergelijkbaarheid van apparaten.	26
5.3.3 Voorstel voor definitie	27
5.4 Besparings- en structureffecten	27
5.4.1 Eerste benadering: definieer besparing, structureffect is restpost	28
5.4.2 Tweede benadering: definieer structureffecten, besparingen als restpost	29
5.5 De rol van duurzame energie	33
6. UITWERKING (VOORBEELDEN)	34
6.1 Inleiding	34
6.2 Verandering van penetraties en gebruiksduren	34
6.3 Gecombineerde en nieuwe apparaten	36
7. DISCUSSIE EN CONCLUSIES	38
REFERENTIES	40

SAMENVATTING

In dit rapport wordt een onderzoek beschreven naar de definitie van efficiëntieverbetering en energiebesparing, toegespitst op huishoudelijk elektriciteitsverbruik. Daartoe wordt allereerst ingegaan op het belang van het goed definiëren van energiediensten en systeemgrenzen. Aan de hand van een voorbeeld (energiegebruik voor warm tapwater) wordt geïllustreerd dat conclusies over gebruiksentwikkelingen sterk afhankelijk zijn van de gekozen grenzen. Naarmate het niveau waarop de analyse wordt uitgevoerd steeds gedetailleerder wordt en tevens de systeemgrenzen worden veranderd, ontstaat een ander beeld van de bereikte besparing.

Vervolgens worden de factoren geschetst die de ontwikkeling van het huishoudelijk elektriciteitsverbruik bepalen. De belangrijkste factoren die, naast efficiëntieverbetering, het elektriciteitsverbruik in huishoudens bepalen, zijn:

1. Wijzigingen in apparaatbezit.
 - Het op de markt komen van nieuwe apparaten (mechanisatie).
 - Substitutie van technieken/apparaten.
 - Combinatie van apparaten.
 - Meervoudig apparaatbezit.
2. Veranderingen van de gebruiksduur van een apparaat.
 - Als gevolg van technologische ontwikkelingen.
 - Als gevolg van veranderingen in leefstijl/behoefte en demografie.
3. Veranderingen in de functie van het apparaat.

Efficiëntieverbetering is niet een op zich zelf staande factor, maar meer onderdeel van de genoemde factoren: de verandering in het apparaatbezit en -gebruik is bepalend voor het effect dat efficiëntieverbetering op de ontwikkeling van het totale energieverbruik heeft.

Opvallend is dat geen van de genoemde factoren eenduidig zal leiden tot een afname van het energiegebruik. Er is ofwel een duidelijk verhogend effect op het elektriciteitsverbruik (m.n. door toename van het apparatenbezit) of een niet eenduidig effect. Bij die laatste categorie is echter een verhogend effect waarschijnlijker dan een verlagend effect. Met name effecten als comfortverhoging en de toename van tijdschaarste leiden over het algemeen tot een stijging van het energiegebruik. Bij een toename van het besteedbaar inkomen, bijvoorbeeld door een toename van de arbeidsparticipatie, kan geld ingezet worden om tijd te kopen (tijdbesparende mechanisatie). Dit geeft aan dat pogingen om het elektriciteitsverbruik te verlagen veel weg hebben van 'vechten tegen de bierkaai'. Ook bij zeer vergaande efficiëntieverbetering is het nog maar zeer de vraag of het elektriciteitsverbruik bij huishoudens zal gaan dalen.

Ter voorbereiding van het opstellen van definities is een literatuuronderzoek uitgevoerd. Literatuur op het gebied van definities en methodologie is vrij schaars. Er wordt veel gepubliceerd over de omvang van besparingen, zowel in het verleden als in de toekomst, maar er is daarbij in het algemeen weinig aandacht voor definitiekwesties. De laatste jaren wordt zowel binnen de IEA als binnen de EU veel werk verricht op het terrein van het vergelijken van energiegebruiksentwikkelingen in verschillende landen. Dat vraagt natuurlijk om een harmonisatie van definities. De definities die daarbij gehanteerd worden zijn dan wel specifiek gericht op die internationale vergelijkbaarheid. De geheel eigen problematiek van ontwikkelingen in de tijd blijft daarbij grotendeels buiten beschouwing. Bovendien wordt het aggregatieniveau waarop definities plaatsvinden gedicteerd door de grootste gemene deler van databeschikbaarheid in de deelnemende landen. Dit leidt tot een hoog aggregatieniveau. Voor huishoudens betekent dat bijv. dat gekeken wordt naar het gemiddeld energiegebruik per huishouden. Veel factoren die niets te maken hebben met het efficiënter gebruik van energie zitten in deze indicator 'verstopt': veranderd apparaatbezit, veranderingen in de huizenvoorraad, veranderingen in gezinssamenstelling,

etc. Twee interessante artikelen worden uitvoerig besproken, waaronder een artikel uit 1995 van het Department of Energy (DOE) in de Verenigde Staten (DOE, 1995). De auteurs noemen het rapport niet meer dan een aanzet tot goede definities en meetmethoden. Het belang van het onderwerp wordt benadrukt met het feit dat de eerste doelstelling uit de missie van de DOE luidt: 'To achieve efficiency in energy use'. Gesteld wordt vervolgens dat het gemakkelijk is om voor 'efficiency improvement' te zijn, maar dat het definiëren en meten van 'efficiency improvement' veel moeilijker is. Toch moet dat gebeuren, zo wordt gesteld, wil 'efficiency improvement' een praktisch uitvoerbaar element in het energiebeleid zijn.

Om de verwarring als gevolg van onduidelijke definities te minimaliseren, wordt voorgesteld om de term efficiëntieverbetering te reserveren voor technische verbeteringen op apparaatniveau: minder energie-input per eenheid output. Apparaten met een verschillende output, bijv. een gewone of een 100 Hz TV, kunnen niet zomaar onder één noemer gebracht worden. Op het moment dat de 100 Hz TV aan het penetreren is, is efficiëntieverbetering van de TV een gewogen gemiddelde van de efficiëntieverbetering van de gewone TV en de efficiëntieverbetering van de 100 Hz TV. Deze definitie sluit goed aan bij de labelling-activiteiten op Europees niveau, die daardoor ook monitoring goed mogelijk maken. Efficiëntieverbetering staat nu volledig los van de gebruiksduur van apparaten.

Voor 'ruimere' definities van vermindering van het energiegebruik wordt het begrip energiebesparing gehanteerd. Dit kan ook betrekking hebben op de gebruiksfrequentie van een apparaat of een andere functieervulling. De wens om veranderingen in het energiegebruik te ontrafelen in volume-, structuur- en besparingseffecten heeft o.a. te maken met het kunnen beoordelen (achteraf en vooraf) van de effectiviteit van het energiebeleid. De te hanteren definities van volume-, structuur- en besparingseffecten hangen daarom samen met de reikwijdte van het beleid. Die reikwijdte wordt bepaald door beleidskeuzes en is dus veranderlijk. Een uniforme definitie van energiebesparing is daarom niet te geven. Het zijn de beleidsmakers die het eens moeten worden over welke definities gehanteerd moeten worden. Het is aan de onderzoekers om heldere definities te formuleren waaruit beleidsmakers kunnen kiezen. In dit rapport worden daarom een aantal varianten gepresenteerd voor de definitie van energiebesparing en structureffecten. Daarbij worden twee benaderingen gevolgd. De eerste benadering is: begin met een heel 'enge' definitie van besparingen en verruim die stap voor stap. De tweede benadering is: begin met de meest ruime definitie van besparingen (verder te noemen: variant X) en perk die definitie in door structureffecten te benoemen. In de eerste benadering is het structureffect de restpost en komt daarin dus de meeste 'vervuiling' terecht. In de tweede benadering zijn de besparingen de restpost. In onderstaande Tabel S1 zijn in het kort de verschillende varianten weergegeven. Bij de bespreking van deze varianten wordt aandacht besteed aan de criteria 'aansluiting bij beleid' en 'monitoring'.

Tabel S1 *Definities van energiebesparing en structureffecten*

Eerste benadering: definieer besparingen, structureffect is de restpost

Variant 1	Energiebesparing is niet meer dan efficiëntieverbetering.
Variant 2	Efficiëntieverbetering én ‘zuinig omgaan met energie’ zijn besparingen.
Variant 3	Elke verlaging van het energiegebruik (exclusief volume-effecten) is besparing.

Tweede benadering: definieer structureffecten, besparingen zijn de restpost

Variant A	Elke verandering van het energieverbruik per huishouden is be-/ontsparring.
Variant B	Veranderingen in de huishoudgrootte is het enige structureffect.
Variant C	Veranderingen in huishoudgrootte en particuliere consumptie zijn structureffecten.
Variant D	Veranderingen in de huishoudgrootte én elke verandering van het apparatenbezit zijn structureffecten.
Variant E	Veranderingen in de huishoudgrootte én het bezit van een <i>gekozen</i> aantal apparaten zijn structureffecten.
Variant F	Variant D of E én gebruiksduur/vermogen van een <i>gekozen</i> aantal apparaten zijn structureffecten.

Om aan te geven hoe deze definities in de praktijk gehanteerd moeten worden, worden een aantal uitgewerkt in rekenkundige formules, geïllustreerd met getallenvoorbeelden. Uit de voorbeelden blijkt dat efficiëntieverbetering en besparingen qua omvang sterk verschillend kunnen zijn, afhankelijk van de gehanteerde definitie. Aangegeven wordt verder hoe omgegaan moet worden met nieuwe apparaten en combinaties van apparaten.

Bij de afsluitende discussie van de conclusies van dit rapport, worden de volgende twee punten benadrukt:

- Om verschillende definities in de praktijk ook daadwerkelijk te kunnen gebruiken, is monitoring van allerlei ontwikkelingen een vereiste. Op het gebied van elektriciteitsverbruik van huishoudens neemt het BEK, uitgevoerd door EnergieNed, een uitermate belangrijke plaats in. In een geliberaliseerde energiemarkt zullen energiebedrijven alleen die monitoring uitvoeren die hun eigen belangen dient. Het is de vraag of de overheid zich niet nadrukkelijker met monitoring moet gaan bezighouden (zoals bijvoorbeeld al gebeurt op het terrein van duurzame energie).
- Bij de meest gebruikte definities van besparingen en structureffecten, is besparing een ruim begrip waaronder vele effecten vallen. Met name leefstijlveranderingen komen in studies vaak in de besparingen terecht. Het is daarom van groot belang om te realiseren dat de in studies gerapporteerde energiebesparing een veelomvattend begrip is, dat zeker niet perfect aansluit bij de intuïtieve betekenis van het begrip energiebesparing en hetgeen momenteel onder energiebesparingsbeleid wordt verstaan. Een betere aansluiting vereist een veel grotere monitoringinspanning en veel ingewikkelder berekeningen. Het is aan de beleidsmakers om de afweging te maken tussen ‘betere’ maar ingewikkelde en dure (in termen van de kosten van monitoring) definities of minder goede, maar eenvoudige en ‘goedkope’ definities.

Aanbevolen wordt om het begrip efficiëntie(verbetering) strikt te reserveren voor die verbruiksmutaties die toe te schrijven zijn aan een verandering in de techniek van een in overige opzichten vergelijkbaar toestel. Dit betekent dat verandering in het energiegebruik te gevolge van gedragsmatige factoren of verschillen in omgevingscondities niet tot veranderingen in efficiëntie gerekend worden.

Omdat het niet mogelijk blijkt een uniforme toepasbare definitie voor energiebesparing te geven, is het van essentieel belang dat duidelijk wordt omschreven welke factoren in welke mate verantwoordelijk zijn voor de verandering in de ontwikkeling van het energieverbruik. Het ontbreken van deze transparantie vormt een vrijwel onneembare barrière in de onderlinge

vergelijking van verschillende studies. Ook de overheid zou bij het formuleren van haar besparingsdoelstellingen duidelijk aan moeten geven welke factoren tot besparing gerekend worden. Alleen dan is een objectieve toetsing van de ontwikkeling van het energieverbruik aan overheidsdoelstellingen mogelijk. In de huidige beleidsnota's ontbreekt een eenduidige omschrijving van het begrip besparing, terwijl er wel een besparingsdoelstelling wordt gegeven.

Aanbevolen wordt om naast het monitoren van apparaatbezit meer aandacht te besteden aan het monitoren van veranderingen in apparaatgebruik en veranderingen in apparaatperformance. Door het gebrek aan gegevens op het gebied van gedragsgerelateerde factoren is een statistisch onderbouwde ontleding van de energieverbruiksontwikkeling in technische en gedragsgerelateerde componenten vrijwel onmogelijk.

1. INLEIDING

De ontwikkeling van het totale energieverbruik is een functie van de ontwikkeling van het aantal energieverbruikende opties (penetratiegraad) en het energieverbruik van de betreffende optie. Het energieverbruik van een bepaald type apparaat is, evenals de penetratiegraad, echter over het algemeen niet constant in de tijd. Door het toenemen van de energetische prestatie door technische evolutie is er minder energie nodig voor dezelfde functie. Vaak wordt deze toename in energetische prestatie aangeduid met de term 'efficiëntieverbetering'. Ook een verandering in de functionaliteit kan van invloed zijn op het verbruik van een bepaald apparaat. Stofzuigers worden voorzien van een krachtiger motor en een 100 Hz televisie geeft een beter beeld dan een conventioneel toestel. Het energieverbruik neemt in deze gevallen in vergelijking tot de referentietechniek toe. Ook het gebruik/benutting van apparaten kan in de loop van de tijd veranderen. Alhoewel het hier voorbeelden betreft op het gebied van apparaten in de sector huishoudens speelt dit probleem ook in andere sectoren.

Betekent deze mutatie in het energieverbruik ten gevolge van de verandering in functionaliteit of gebruiksduur dat de efficiëntieverbetering afneemt of dient deze mutatie beschreven te worden door middel van ander grootheden zoals bijvoorbeeld besparings- of structureffect?

In studies die ingaan op de mogelijkheden voor energiebesparing wordt over het algemeen gesproken over 'efficiëntieverbetering'. Door middel van deze term wordt aangegeven dat het energieverbruik voor een bepaalde functie afneemt indien verondersteld wordt dat het aantal apparaten constant blijft. Het mechanisme achter deze afname is echter veelal niet goed beschreven. Vaak is niet duidelijk of het gaat om de mutatie in het verbruik per apparaat, een mutatie in de gebruiksfrequentie of om een mutatie in het specifiek vermogen (aansluitwaarde). In hoeverre toename (of afname) van de functionaliteit en verandering hierbij een rol spelen blijft buiten beeld.

Op micro niveau, bijvoorbeeld op het gebied van labelling van apparaten, wordt via specifieke analyses vastgesteld wat de energie-efficiëntie is. Hierbij wordt het energieverbruik gerelateerd aan de prestatie onder gedefinieerde omstandigheden. Op macro niveau is een dergelijke benadering niet mogelijk.

Het onderzoek heeft tot doel inzicht te geven in de wijze waarop de term energie-efficiëntie door verschillende doelgroepen wordt gehanteerd. In de studie wordt beoogd tot een uniforme definitie voor efficiëntieverbetering en energiebesparing te komen toegespitst op het elektriciteitsverbruik van huishoudens. Tevens zal worden ingegaan op de relatie met structuur- en intensiteitsverandering. De voorgestelde methodiek dient voldoende aangrijpingspunten te bieden voor evaluatie van de effectiviteit van energiebesparingsbeleid. Methodologische consistentie en inpasbaarheid op zowel micro als macroschaal vormen randvoorwaarden waaraan de methodiek getoetst zal worden.

In Hoofdstuk 2 wordt de problematiek geschetst, aan de hand van een uitgebreid voorbeeld. In Hoofdstuk 3 worden de factoren benoemd die de ontwikkeling van het huishoudelijk elektriciteitsverbruik bepalen. In Hoofdstuk 4 worden een tweetal artikelen uit de internationale literatuur besproken die ingaan op de methodologie van het monitoren en analyseren van verbruiksentwikkelingen. Vervolgens worden in Hoofdstuk 5 voorstellen gedaan voor definities van efficiëntieverbetering en besparings- en structureffecten. In Hoofdstuk 6 wordt getoond hoe deze definities in rekenkundige formules omgezet kunnen worden. De conclusies van het onderzoek zijn verwoord in Hoofdstuk 7.

Tijdens de totstandkoming van dit rapport is overleg geweest met Novem, de ministeries van Economische Zaken en VROM en met het CPB en het RIVM. Hun commentaren op concepten zijn verwerkt, met name in de voorstellen in Hoofdstuk 5. De eindverantwoordelijkheid voor de inhoud van dit rapport ligt vanzelfsprekend volledig bij ECN.

2. SYSTEEMGRENZEN

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op het effect van definities rond energiediensten en systeemgrenzen op energiebesparing. Vervolgens wordt door middel van een aantal voorbeelden nader ingegaan op de relatie tussen het analyseniveau en besparingen.

2.1 Energiediensten en systeemgrenzen

Centraal staat een apparaat dat een energiedienst levert en daarvoor energie gebruikt. Intuïtief is duidelijk wat met energiebesparing wordt bedoeld: er treedt energiebesparing op als die energiedienst met minder energiegebruik plaatsvindt. Zo simpel is het echter niet. Want welke definities worden gebruikt voor de begrippen energiedienst en energieverbruik? Aan beide ‘kanten’ van het apparaat, dus zowel ten aanzien van de energiedienst als het energieverbruik, gaat het er namelijk om welke systeemgrenzen worden gebruikt. Welke systeemgrenzen gebruikt worden, hangt af van het doel van het berekenen van de mate van energiebesparing: voor de overheid zullen die anders liggen dan voor de fabrikant van spaarlampen. Systeemgrenzen zijn niet alleen fysieke grenzen, al zijn die wel belangrijk: de landsgrenzen voor de overheid, de bedrijfspoort voor een bedrijf, etc. Twee andere belangrijke systeemgrenzen betreffen de energieketen (‘hoever reken je terug’; met als eindstation de winning van energiedragers) en de mate waarin je energiediensten in verband brengt met menselijke behoeftes (‘hoever reken je vooruit’; met als ultiem eindstation het voortbestaan van de samenleving of het persoonlijk geluk van individuen). Door middel van een aantal voorbeelden zal getracht worden nader in te gaan op de problematiek rond de systeemgrenzen.

Wat is de energiedienst van een auto:

1. Het komen van A naar B.
2. Het komen van A naar B binnen een bepaalde tijd.
3. Het rijden in een auto van A naar B.
4. Het rijden van A naar B in een auto die twee volwassenen, twee honden en één kind comfortabel kan vervoeren.
5. Het bevredigen van de behoefte om elders een bepaalde activiteit uit te voeren.

Het zal duidelijk zijn dat de laatste definitie absoluut niet werkbaar is. Zover moeten dus niet ‘vooruit’ gerekend worden. Echter, de eerste 4 definities zijn in dit verband allemaal zinvol.

Wat is de energiedienst van een lamp:

1. Het leveren van zoveel lumen.
2. Het leveren van zoveel lumen van een bepaalde kleur.
3. Het zorgen voor een zodanige verlichting dat bepaalde activiteiten uitgevoerd kunnen worden.

Indien de definitie van energiedienst heel eng wordt genomen, dan ontstaat het probleem dat als een apparaat verandert, er al gauw sprake is van een *nieuwe* energiefunctie. Voorbeeld: de stand-by functie van de TV. Als de energiefunctie ruim gedefinieerd wordt als: het op de gewenste momenten vertonen van beelden, dan leidt de stand-by functie tot ontsparring. Indien wordt uitgegaan van een definitie van energiedienst in enge zin dan vormt de stand-by stand is een nieuwe functie. In dit geval kan er toch sprake zijn van energiebesparing, terwijl het elektriciteitsverbruik van de TV toeneemt.

Ook ten aanzien van het terugrekenen in de keten zijn er verschillende mogelijkheden:

1. Alleen de energie die direct aan het apparaat wordt toegevoerd (meestal finaal energieverbruik genoemd).
2. Hoeveelheid 1 naar primair teruggerekend.
3. 1+2+ de (primaire) energie die nodig is om het apparaat te maken.

Indien 1 gehanteerd wordt, dan ontstaan bijvoorbeeld problemen bij een brandstofswitch van aardgas naar elektriciteit. In dit geval dient derhalve voor 2 gekozen te worden. Dit heeft de vervelende consequentie dat besparingen aan de vraagkant en besparingen aan de aanbodkant gaan interfereren en dat er toedelingsproblemen ontstaan (in feite worden er meer apparaten aan elkaar gekoppeld): welk deel van de besparingen door elektrische warmtepompen wordt toegerekend aan de warmtepomp en welk deel aan de verbeterde elektriciteitscentrales. Bovendien is hierbij ook van belang hoe met de input van duurzame energie wordt omgegaan: wordt duurzame energie als input meegeteld, of wordt de inzet van duurzame energie als rechtstreekse besparing op het gebruik van fossiele brandstoffen gezien. Als 3 niet meegenomen wordt, kan een vertekend beeld ontstaan. Standaardvoorbeeld is de aluminium-auto: het energieverbruik van de auto daalt bij dezelfde energiefunctie; maar het maken van de aluminium-auto kost wel veel meer energie dan het maken van de stalen auto (ander voorbeeld: de studie naar allerlei vormen van koken¹). Ook bij het meenemen van 3 krijg ontstaan toerekeningsprobleem en bovendien wordt de analyse veel ingewikkelder. Vaak is het dan bijvoorbeeld niet meer mogelijk om bij de landsgrenzen te stoppen. In dit rapport wordt mogelijkheid 3 verder buiten beschouwing gelaten. Op mogelijkheid 1 en 2 wordt uitvoerig ingegaan.

2.2 Analyseniveau en systeemgrenzen

Het niveau waarop de analyse van het energieverbruik wordt uitgevoerd grijpt tevens aan op systeemgrenzen. Het energieverbruik kan bijvoorbeeld worden geanalyseerd op het niveau van verbruik per industriële sector of verbruik per energiefunctie (ruimteverwarming, verlichting, koelen, koken etc.) bij huishoudens of op het niveau van individuele apparaten. De diepte waarop de analyse wordt uitgevoerd kan sterk van invloed zijn op de uiteindelijke resultaten. Aan de hand van een aantal voorbeelden zal hier nader op worden ingegaan.

Voorbeeld 1

In Tabel 2.1 is de penetratie en het energieverbruik van de elektrische boiler gegeven.

Tabel 2.1 *Ontwikkeling van de penetratie en het verbruik van de elektrische boiler op jaar T en jaar T+10.*

	T	T+10
Penetratie [%/huishouden]	10	10
Verbruik [kWh/jaar]	2000	1250

Het elektriciteitsverbruik per huishouden neemt af van 200 kWh naar 125 kWh doordat het verbruik per boiler daalt. Op basis van de in Tabel 2.1 gegeven informatie kan geconcludeerd worden dat de 'energiebesparing' ten gevolge van de afname van het verbruik per boiler in de periode T tot T+10 circa 4,6%/jaar bedraagt.

Voorbeeld 2

Wanneer echter gekeken wordt naar de opbouw van het boilerbestand, dan blijkt de het hier twee typen boilers betreft, te weten de grote elektrische boiler (inhoud circa 100 liter) en de close-in boiler (inhoud circa 15 liter), zie Tabel 2.2. Deze boilers hebben een verschillende functie. De grote elektrische boiler dient als hoofdtoestel voor de warm tapwater voorziening. De close-

¹ Artikel E&M, nog nader uitwerken.

in boiler wordt in combinatie met een ander hoofdtoestel gebruik, bijvoorbeeld een combi-ketel en zorgt er voor dat de wachttijd voor warm tapwater wordt verkort.

Tabel 2.2 *Ontwikkeling van de penetratie en het verbruik van de elektrische hoofdboiler en de close-in boiler op jaar T en jaar T+10.*

	T	T+10
Penetratie hoofdboiler [%/huishouden]	10	5
Penetratie close-in boiler [%/huishouden]	0	5
Verbruik hoofdboiler [kWh/jaar]	2000	2000
Verbruik close-in boiler [kWh/jaar]	500	500

Het verbruik per huishouden neemt wederom af van 200 kWh naar 125 kWh. Echter, deze afname van het verbruik is volledig toe te schrijven aan de toename van de close-in boiler en de afname van de elektrische hoofdboiler. Het verbruik per boiler blijft constant. Het energieverbruik voor de bereiding van warm tapwater door middel van elektrische boilers neemt echter nog steeds af met circa 4,6%/jaar door de verschuiving in type toestel. Is er in dit geval wel sprake van besparing? Het bovenstaande voorbeeld beschrijft een situatie waarin het energieverbruik afneemt. Echter, het is niet onvoorstelbaar dat het tegengestelde effect zich voor zal doen waarbij een toename van het energieverbruik optreedt.

Voorbeeld 3

Het energieverbruik voor de bereiding van warm tapwater is onder meer afhankelijk van de vraag naar tapwater². In Tabel 2.3 is de ontwikkeling van de penetratie, het energieverbruik en de vraag naar warm tapwater gegeven.

Tabel 2.3 *Ontwikkeling van de penetratie en het verbruik van de elektrische hoofdboiler en de close-in boiler en de tapwatervraag op jaar T en jaar T+10.*

	T	T+10
Penetratie hoofdboiler [%/huishouden]	10	5
Penetratie close-in boiler [%/huishouden]	0	5
Verbruik hoofdboiler [kWh/jaar]	2000	2000
Verbruik close-in boiler [kWh/jaar]	500	500
Tapwatervraag [index/huishouden]	1	1,2

Wederom neemt het verbruik per huishouden af van 200 kWh naar 125 kWh, een reductie met circa 4,6% per jaar, en blijft het verbruik per toestel constant. De tapwatervraag per huishouden neemt echter toe met 20% (circa 1,8%/jaar). Indien voor deze toename van de vraag wordt gecorrigeerd, dan neemt het verbruik per toestel af met 20%³. In dit geval heft de toename van de vraag de daling van het verbruik per toestel op, zodat het op het eerste gezicht lijkt alsof het verbruik per toestel niet afneemt.

Voorbeeld 4

Naast veranderingen in de vraag naar warm tapwater speelt tevens de gemiddelde gezinsgrootte een rol. In de periode 1980 - 1996 is de gemiddelde gezinsgrootte afgenomen van circa 2,74 naar 2,31 personen per huishouden, een daling van circa 1,1%/jaar (Jeeninga, 1997). In Tabel 2.4 is de ontwikkeling van de penetratie, het energieverbruik, de vraag naar warm tapwater en de gemiddelde gezinsgrootte gegeven.

² Naast de vraag naar tapwater spelen tevens het stand by verbruik en het rendement een rol.

³ Gemakshalve is in dit voorbeeld aangenomen dat stand by verliezen verwaarloosd kunnen worden en het rendement niet verandert, zodat de energievraag evenredig is met de vraag naar warm tapwater.

Tabel 2.4 *Ontwikkeling van de penetratie en het verbruik van de elektrische hoofdboiler en de close-in boiler, de tapwatervraag en de gezinsgrootte op jaar T en jaar T+10.*

	T	T+10
Penetratie hoofdboiler [%/huishouden]	10	5
Penetratie close-in boiler [%/huishouden]	0	5
Verbruik hoofdboiler [kWh/jaar]	2000	2000
Verbruik close-in boiler [kWh/jaar]	500	500
Tapwatervraag [index/huishouden]	1	1,2
Personen per huishouden	2,50	2,25

Het verbruik per huishouden neemt af van 200 kWh naar 125 kWh, een reductie met circa 4,6% per jaar, en blijft het verbruik per toestel constant. De tapwatervraag per huishouden neemt toe met 20% (circa 1,8%/jaar). Indien echter voor de afname van de gemiddelde gezinsgrootte wordt gecorrigeerd, dan blijkt dat de tapwatervraag per huishouden, bij constante gezinsgrootte, toeneemt met een factor 1,33 (in plaats van 1,2)⁴. Indien voor deze toename van de vraag, inclusief het effect van gezinsverdunding, wordt gecorrigeerd, dan neemt het verbruik per toestel af met 33%, hetgeen overeenkomt met 2.9%/jaar.

Voorbeeld 5

Indien wordt gekeken naar de achterliggende drijfveer voor de afname van de penetratie van de elektrische hoofdboiler, dan blijkt dat vervanging van de elektrische boiler door gasgestookte toestellen de voornaamste reden is. Immers, (vrijwel) elk huishouden beschikt over een toestel/installatie voor de productie van warm tapwater. De afname van de penetratie van één bepaald type toestel gaat gepaard met een even grote toename van een ander type toestel, zie Tabel 2.5.

Tabel 2.5 *Ontwikkeling van de penetratie en het verbruik van de elektrische hoofdboiler, de close-in boiler en gasgestookte toestellen voor de bereiding van warm tapwater, de tapwatervraag en de gezinsgrootte op jaar T en jaar T+10.*

	T	T+10
Penetratie hoofdboiler [%/huishouden]	10	5
Penetratie close-in boiler [%/huishouden]	0	5
Penetratie gasgestookt toestel [%/huishouden]	80	85
Verbruik hoofdboiler [kWh/jaar]	2000	2000
Verbruik close-in boiler [kWh/jaar]	500	500
Verbruik gasgestookt toestel [m ³ /jaar]	300	300
Tapwatervraag [index/huishouden]	1	1,2
Personen per huishouden	2,50	2,25

Het gemiddelde elektriciteitsverbruik voor de bereiding van warm tapwater daalt van 200 naar 125 kWh per huishouden (4,6%/jaar). Echter, het gemiddelde aardgasverbruik per huishouden neemt toe van 320 m³ naar 340 m³, een stijging van 6% (0,6% per jaar). Deze stijging van het gasverbruik is het gevolg van de daling van de penetratie van de elektrische hoofdboiler. De close-in boiler vervult een andere functie en kan in principe zowel in combinatie met de hoofdboiler als met een gasgestookt toestel toegepast worden. Na correctie voor de toename van de tapwatervraag, inclusief het effect van gezinsverdunding, blijkt dat de gemiddelde energievraag per toestel afneemt met 33% (2.9%/jaar), zie ook voorbeeld 4.

Om nu te kunnen beoordelen of de substitutie leidt tot een toe- of afname van het energieverbruik dient het aardgas- en elektriciteitsverbruik omgerekend te worden naar primair energieverbruik. Uitgegaan wordt van een rendement van gasgestookte toestellen voor de bereiding van

⁴ Ofwel, de tapwatervraag per persoon neemt toe met 33%, de vraag per huishouden met 20% vanwege het effect van de gezinsverdunding.

warm tapwater van 65% en een rendement voor de centrale elektriciteitsproductie van 40%. Het elektriciteitsverbruik van de hoofdboiler (2000 kWh) komt overeen met 18,0 GJ_{primaire}, het gasverbruik van het gasgestookte toestel (300 m³) met 14,6 GJ_{primaire}. De brandstofsubstitutie leidt in dit geval dus tot een besparing op het primaire energieverbruik van een kleine 20%. Het totale verbruik van de elektrische hoofdboiler en het gasgestookte toestel neemt met 1,3% af van 13,5 GJ_{primaire} per huishouden naar 13,3 GJ_{primaire} per huishouden. Dit komt overeen met 0,13%/jaar. Indien tevens het elektriciteitsverbruik van de close-in boiler in de analyse wordt betrokken, dan neemt het verbruik per huishouden toe met 0,06 GJ_{primaire}, een stijging met 0,4% (0,041%/jaar).

Doordat het niveau waarop de analyse wordt uitgevoerd steeds gedetailleerder wordt en tevens de systeemgrenzen worden veranderd, ontstaat een ander beeld van de bereikte besparing. Eventueel kan deze detaillering nog een stuk verder worden doorgezet. Naast de grootte van het huishouden kan tevens de gezinssamenstelling een rol spelen. Een gezin met jonge kinderen kan, per gezinlid, een ander vraag naar warm tapwater hebben dan een gezin bestaande uit senioren.

Ook verschillen in techniek kunnen van invloed zijn. Een elektrische hoofdboiler is bijvoorbeeld een voorraadtoestel. Dit betekent dat er slechts een beperkte hoeveelheid warm tapwater per tijdseenheid beschikbaar is. Is de boiler leeg, bijvoorbeeld door het vullen van een bad, dan kan er tijdelijk niet gedoucht worden. Gasgestookte toestellen daarentegen zijn doorstroomtoestellen die onbeperkt een bepaalde hoeveelheid vermogen kunnen leveren. Het is waarschijnlijk dat de switch van een voorraadtoestel naar een doorstroomtoestel leidt tot een stijging van de vraag naar warm tapwater. Na het nemen van een bad kan er tevens nog onbeperkt gedoucht worden. Indien dit effect in de analyse betrokken wordt, dan is het niet uitgesloten dat het positieve effect van de brandstofsubstitutie, vrijwel volledig teniet wordt gedaan door een toename van de vraag naar warm tapwater.

Een effect dat tevens een rol kan spelen is een toename van de gebruiksduur bij een stijging van het comfortniveau. Bij vervanging van een gasgeiser (10 kW) door een combi-ketel (30 kW) neemt het douchecomfort toe, wat kan leiden tot een toename van de gebruiksduur. Bij renovatie van woningen waarbij de gaskachel wordt vervangen door een efficiëntere CV-ketel neemt over het algemeen de warmtevraag toe doordat meer vertrekken zijn voorzien van een warmtebron (radiator). Wordt bijvoorbeeld voor de renovatie alleen de woonkamer verwarmd, na de renovatie kan tevens de keuken en eventueel de gang en de slaapkamer op een behaaglijke temperatuur worden gebracht.

Door middel van het bovenstaand voorbeeld is aangegeven dat de keuze van de systeemgrenzen belangrijk is voor de resultaten van de analyse. De keuze van de systeemgrenzen is echter niet altijd eenvoudig. In eerste instantie lijkt het voor de hand te liggen om een systeem te definiëren voor de bereiding van warm tapwater dat bestaat uit apparaten die in de vraag naar warm tapwater voorzien, zoals elektrische boilers, gasgeisers en combi-ketels, of deze beperken, zoals spaarkranen en waterbesparende douchekoppen (de energiefunctie 'warm tapwater'). Echter, hoe moet in dit geval de verandering in het energieverbruik berekend worden indien elektrische apparaten zoals de wasmachine en de vaatwasser worden vervangen door hot-fill toepassingen. Indien een energiefunctie 'reiniging' wordt gedefinieerd waarin het verbruik van de vaatwasser en de wasmachine vallen, dan zal door deze brandstofsubstitutie het verbruik binnen deze energiefunctie sterk afnemen. Echter, binnen de energiefunctie 'warm tapwater' neemt de vraag ten gevolge van deze substitutie toe. Deze toename van de vraag zou toegerekend kunnen worden aan de energiefunctie reiniging.

De vergelijking tussen de conventionele wasmachine en de hot-fill wasmachine kan gemaakt worden door de primaire energievraag te vergelijken. Door technologische innovatie neemt de hoeveelheid energie per wasbeurt af, hetgeen tevens leidt tot een (evenredige)daling van de primaire energievraag. Echter, waaraan moet nu een efficiëntieverbetering⁵ van de aanbodtoestellen worden toegekend? Aan de energiefunctie tapwater, aan reiniging of aan beide een deel?

⁵ Met efficiëntieverbetering wordt in dit kader bedoeld de hoeveelheid energie die nodig is om een bepaalde hoeveelheid water een vastgesteld aantal graden in temperatuur te verhogen.

3. KARAKTERISERING VAN DE ONTWIKKELING VAN HET APPARAATBEZIT EN -GEBRUIK

Het energieverbruik door huishoudens wordt bepaald door het apparaatbezit en het apparaatgebruik. In dit hoofdstuk wordt getracht het verbruik te ontleden in een aantal componenten met behulp waarmee de ontwikkeling van dit verbruik gekarakteriseerd kan worden. Allereerst wordt in Paragraaf 3.1 ingegaan op de ontwikkeling van het apparaatbezit. De ontwikkeling van het apparaatbezit wordt gekenmerkt door de volgende grootheden: (1) het op de markt komen van nieuwe apparaten, (2) substitutie van technieken/apparaten, (3) combinatie van apparaten en (4) meervoudig apparaatbezit. In Paragraaf 3.2 worden de factoren die bepalend zijn voor het gebruik van apparaten beschreven. Factoren die bepalend zijn voor de gebruiksduur van het apparaat zijn (a) technologische ontwikkelingen en (b) veranderingen in leefstijl/behoefte en demografie. Vervolgens wordt in Paragraaf 3.3 ingegaan op de verandering in functie van apparaten. In Paragraaf 3.4 wordt tot slot aangegeven in hoeverre en op welke wijze verandering in apparaatbezit, apparaatgebruik en de functie van het apparaat het energieverbruik beïnvloeden.

3.1 Wijziging in apparaatbezit (penetratiegraad)

Een wijziging in het apparaatbezit kan zijn oorsprong hebben in een aantal factoren:

1. *Het op de markt komen van nieuwe apparaten.* Deze apparaten nemen de functie over van een handeling die voorheen op een niet mechanische wijze werd verricht. Voorbeelden hiervan zijn de vaatwasser, de elektrische blikopener en de organizer/elektronische agenda, de wasdroger⁶ en de PC. Een toename van de penetratie van deze apparaten betekent een toename van de mechanisatie. Apparaten die dit proces reeds jaren geleden zijn doorlopen en momenteel een marktpenetratie van vrijwel 100% hebben zijn de wasmachine en de stofzuiger.
2. *Substitutie van technieken/apparaten (verandering type apparaat).* Een bepaald type apparaat wordt vervangen door een ander apparaat of nieuwe technologie. De functie van het ene apparaat wordt hierbij overgenomen door een ander apparaat. Het meest duidelijk voorbeeld hiervan is de substitutie van de platenspeler door de CD-speler. In dit geval heeft de CD-speler de platenspeler vrijwel volledig verdrongen. Dit hoeft echter niet altijd het geval te zijn. Een voorbeeld hiervan is de draadloze telefoon/huiscentrale. Op zijn beurt zou de draadloze telefoon weer verdrongen kunnen worden door het GSM-toestel indien bijvoorbeeld de kosten van mobiel bellen verder dalen. Een ander voorbeeld is de vervanging van de zwart/wit-TV door de kleuren-TV. Dergelijke substitutie kan zowel het gevolg zijn van technologische innovatie (technology push) als van veranderingen in leefstijl/behoefte/demografie (demand pull). Een voorbeeld van het laatste is de verschuiving van een koelkast, al dan niet voorzien van een klein vriesvak, en eventueel een diepvrieskist (-kast), naar een koel/vries-combinatie. Deze verschuiving naar koel/vries combinaties wordt mede bepaald door een aantal factoren die betrekking hebben op de leefstijl van consumenten (Perrels, 1998; Jeeninga, Van Hilten, 1998).
3. *Combinatie van apparaten.* Hierbij is tevens sprake van substitutie van bestaande apparaten, zie het vorige punt. Voorbeelden hiervan zijn de telefoon met antwoord apparaat (en fax), de tweedeurs koel/vriescombinatie, de combi-magnetron, de audio (mini)toren, de TV met ingebouwde videorecorder en in de toekomst mogelijk de was/droog combinatie. Bij

⁶ Er is tevens iets voor te zeggen om de wasdroger tot de substitutie apparatuur te rekenen. Hierbij zou de wasdroger als vervanger van de (losse)centrifuge worden gerekend. Echter, de losse centrifuge is vrijwel volledig verdrongen door de in de wasmachine geïntegreerde centrifuge.

aankoop van een gecombineerd apparaat worden mogelijkerwijs apparaten aangeschaft die anders niet gekocht zouden zijn. In het uiterste geval kan dit er toe leiden dat het bijna niet meer mogelijk is om een apparaat niet aan te schaffen. Dit zou zich voor kunnen doen in geval van de was/droog-combinatie.

4. *Meervoudig apparaatbezit.* De stijging van het meervoudig apparaatbezit, bijvoorbeeld de 2^e en 3^e TV en de audioinstallatie wordt onder meer veroorzaakt door leefstijlveranderingen zoals individualisering. De technologische innovatie maakt het mogelijk het betreffende apparaat tegen een kostprijs aan te bieden die een meervoudig bezit mogelijk maakt.

3.2 Verandering van de gebruiksduur van een apparaat

Een verandering in de gebruiksduur van een apparaat kan worden veroorzaakt door een tweetal factoren:

A. *Technologische ontwikkelingen*

Technologische vooruitgang kan niet alleen een weerslag hebben op het bezit van apparaten, maar kan tevens de gebruiksduur beïnvloeden. Door het voorzien van een CV-ketel van programmeerbare klokthermostaat kan het aantal stookuren wijzigen. Op voorhand is in dit geval niet duidelijk of dit leidt tot een toe- of afname van het aantal bedrijfsuren van de CV-ketel. De klokthermostaat schakelt 's avonds de thermostaat lager en 's ochtends is het reeds aangenaam warm bij het opstaan. Dit zou zowel tot een toe (er wordt 's ochtends eerder gestookt) als afname ('s avonds eerder de thermostaat lager) van het aantal stookuren kunnen leiden. Onder meer door miniaturisering en technologische verbetering op het gebied van energieverbruik (lager stroomverbruik, betere accu's) wordt het mogelijk een apparaat vaker mee te nemen en neemt het aantal uren dat het gebruikt kan worden toe. Voorbeelden hiervan zijn de walkman, de GSM-telefoon en de laptop computer. Doordat zowel de infrastructuur alsmede het comfort en de prestatie van de personenauto toeneemt, wordt het mogelijk om één dag een langere afstand af te leggen. De infrastructuur en de prestatie maken het mogelijk om een hogere gemiddelde snelheid aan te houden. De toename van het comfort (bijv. airconditioning, zitcomfort) maakt het mogelijk om een groter aantal uren in een auto te verblijven.

B. *Verandering in leefstijl/behoefte en demografie*

De gebruiksfrequentie van de wasmachine neemt al enige jaren gestaag toe. Kleren worden minder lang gedragen en eerder in de was gedaan doordat er hogere eisen/verwachtingen worden gesteld aan persoonlijke hygiëne. Het is waarschijnlijk dat de gebruiksfrequentie van de wasdroger in de toekomst vrijwel gelijk zal worden aan de gebruiksfrequentie van de wasmachine, doordat de functie van de tuin als plaats om de was te drogen steeds meer verloren gaat.

Door een toename van de arbeidsparticipatie neemt de hoeveelheid vrije tijd af. Ook de hoeveelheid tijd die beschikbaar is om de maaltijd te bereiden zal hierdoor afnemen. Door intensiever gebruik te maken van apparatuur of methodes die de maaltijdbereiding kunnen versnellen, zoals de magnetron of kant en klaar voedsel⁷, zal gepoogd worden de tijd die nodig is voor maaltijdbereiding te verkorten.

3.3 Verandering van de functie van het apparaat

Een verandering in de functie van het apparaat kan de gebruiksduur veranderen. Deze verandering in functie, bijvoorbeeld vergroting van de functionaliteit, kan zowel ontstaan als gevolg van technologische innovatie alsmede een verandering in leefstijl(behoefte). Door via de TV extra

⁷ Dat op haar beurt weer in de magnetron kan worden bereid.

mogelijkheden aan te bieden, zoals teleshoppen, 'video on demand' of bijvoorbeeld teletekst (aandelenkoersen, weerbericht) neemt de gebruiksduur toe. De PC transformeert van een rekenmachine/typemachine tot een multimediamachine die gebruikt kan worden voor de boekhouding/tebankieren, spelletjes/vrije tijd en studie.

3.4 Ontwikkeling energieverbruik

Met betrekking tot de in de vorige paragrafen van dit hoofdstuk beschreven factoren zijn er een aantal te benoemen die zullen leiden tot een stijging van het energieverbruik. Een aantal factoren zal leiden tot een daling van het energieverbruik, en een aantal factoren kunnen zowel een stijging als daling van het energieverbruik opleveren.

Toename van het energieverbruik:

- *Toename apparaatbezit met nieuwe apparaten ten gevolge van mechanisatie.* Diensten die voorheen handmatig werden verricht worden nu overgenomen door apparaten die een bepaalde hoeveelheid energie vragen voor de betreffende dienst. Voorbeelden hiervan zijn de accu schroevendraaier, de elektrische grasmaaier, de elektrische tandenborstel, het waterbed, de elektronische agenda, de wasdroger en in feite ook de wasmachine.
- *Meervoudig apparaatbezit (2^{de} en 3^{de} TV-toestel).* Strikt gezien is het niet het apparaatbezit maar het gebruik van het betreffende apparaat dat leidt tot een bepaalde energievraag. Echter, aangenomen mag worden dat meervoudig apparaatbezit zal leiden tot een toename van de gebruiksduur door de toename van de mogelijkheid tot gebruik (de kans dat minimaal 1 toestel aanstaat neemt toe).

Afname van het energieverbruik:

- Geen van de in Paragraaf 3.1 tot en met 3.3 beschreven factoren leiden eenduidig tot een afname van het energieverbruik.

Effect op energieverbruik niet eenduidig:

- *Substitutie van apparaten* (cd-speler in plaats van platenspeler). De toe of afname van het energieverbruik wordt bepaald door de energiezuinigheid van de nieuwe technologie.
- *Combinatie van apparaten* (integratie telefoon, fax, antwoordapparaat). Alhoewel het combineren van apparaten het bezit van apparaten kan uitlokken die anders niet aangeschaft zouden zijn, kan integratie ook leiden tot een zekere mate van (energetische) optimalisatie.
- *Verandering in gebruiksduur door technologische ontwikkelingen.* Technologische ontwikkeling kan enerzijds leiden tot een toename van de (energetische) efficiëntie van het apparaat (zuiniger wasmachine). Anderzijds kan een vergroting van de toepassingsmogelijkheden door technologische ontwikkelingen als miniaturisering leiden tot een toename van het de gebruiksduur en het daaraan gerelateerde energieverbruik (voorbeelden hiervan zijn de draagbare computer en de toename van het telefoonverkeer door het beschikbaar komen van zaktelefoons).
- *Verandering in gebruiksduur door verandering in leefstijl/behoefte.* Alhoewel het mogelijk is om onze huidige leefstijl te veranderen in een meer energie-extensieve leefstijl, kunnen bepaalde leefstijltrends ook zorgen voor een stijging van de energievraag (VROM, 1998). Met name aspecten als comfortverhoging en de toename van tijdschaarste leiden over het algemeen tot een stijging van het energiegebruik.
- *Verandering van de functie van het apparaat.* De verandering van functie van een apparaat kan enerzijds leiden tot het overbodig (of minder nodig) maken van andere diensten of apparatuur. Anderzijds kan een toename van de functionaliteit leiden tot een toename van de gebruiksduur van het betreffende apparaat.

Opvallend is dat geen van de in Paragraaf 3.1, 3.2 en 3.3 beschreven factoren eenduidig zal leiden tot een afname van het energiegebruik. Verbetering van de energetische prestatie (efficiën-

tieverbetering) leidt immers altijd tot een daling van het energieverbruik. Echter, efficiëntieverbetering is niet een op zich zelf staande factor, maar is van invloed op de energieconsumptie bij alle genoemde factoren die het apparaatbezit en -gebruik bepalen. De verandering in het apparaatbezit en -gebruik is bepalend voor het effect dat efficiëntieverbetering op de ontwikkeling van het totale energieverbruik heeft.

4. LITERATUURONDERZOEK

4.1 Algemene indruk

Literatuur op het gebied van definities en methodologie is vrij schaars. Er wordt veel gepubliceerd over de omvang van besparingen, zowel in het verleden als in de toekomst, maar er is daarbij in het algemeen weinig aandacht voor definitiekwesties. De laatste jaren wordt zowel binnen de IEA als binnen de EU veel werk verricht op het terrein van het vergelijken van energiegebruiksontwikkelingen in verschillende landen. Dat vraagt natuurlijk om een harmonisatie van definities. De definities die daarbij gehanteerd worden zijn dan wel specifiek gericht op die internationale vergelijkbaarheid. De geheel eigen problematiek van ontwikkelingen in de tijd blijft daarbij grotendeels buiten beschouwing. Bovendien wordt het aggregatieniveau waarop definities plaatsvinden gedicteerd door de grootste gemene deler van databeschikbaarheid in de deelnemende landen. Dit betekent een hoog aggregatieniveau. Voor huishoudens betekent dat bijv. dat gekeken wordt naar het gemiddeld energiegebruik per huishouden. Veel factoren die niets te maken hebben met het efficiënter gebruik van energie zitten in deze indicator 'verstopt': veranderd apparatenbezit, veranderingen in de huizenvoorraad, veranderingen in gezinssamenstelling, etc.

Als gevolg van dit hoge aggregatieniveau geldt voor de in internationale vergelijkingen gehanteerde indicatoren dat ze naast technische efficiëntieverbetering ook andere factoren (structuur, gedrag) omvatten. Het heeft dan niet veel zin om energiebesparing heel nauwkeurig te definiëren. Dat gebeurt dan meestal ook niet. In een recente publicatie van de IEA (IEA, 1998) komt de term 'energy efficiency' niet voor in de lijst van 'key terms' en laat men het in de tekst bij: 'Energy efficiency *is related to* how much energy is needed to satisfy demand for a given energy service' (cursivering toegevoegd).

Twee interessante artikelen

Hierna zullen twee artikelen uitvoeriger worden besproken. In het eerste artikel, uit de VS, wordt de problematiek van het definiëren en meten van energiebesparing in algemene termen goed beschreven. In het tweede artikel wordt op de huishoudelijke sector ingegaan, waarbij aardige aanknopingspunten aangereikt worden voor de gevraagde definities.

4.2 Algemene methodologie

Department of Energy, USA: Measuring Energy Efficiency in the United States' Economy: A Beginning. October 1995. DOE/EIA-0555(95)/2

Dit rapport gaat niet over internationale vergelijkingen, maar over het analyseren van ontwikkelingen in de tijd. De toevoeging 'a beginning' in de titel geeft aan dat men het rapport zelf ziet als niet meer dan een aanzet tot goede definities en meetmethoden. Het belang van het onderwerp wordt benadrukt met het feit dat de eerste doelstelling uit de missie van de DOE luidt: 'To achieve efficiency in energy use'. Gesteld wordt vervolgens dat het gemakkelijk is om voor 'efficiency improvement' te zijn, maar dat het definiëren en meten van 'efficiency improvement' veel moeilijker is. Toch moet dat gebeuren, zo wordt gesteld, wil 'efficiency improvement' een praktisch uitvoerbaar element in het energiebeleid zijn.

‘Energy efficiency’ wordt een waarde-gebonden (dus niet waardevrij), filosofisch concept genoemd. Er worden twee definities voorgesteld:

1. Increases in energy efficiency take place when either energy inputs are reduced for a given level of service or there are increased or enhanced services for a given amount of energy inputs.
2. Energy efficiency is the relative thrift or extravagance with which energy inputs are used to provide goods or services.

In beide definities speelt het begrip ‘services’ een cruciale rol. Dat begrip wordt echter niet duidelijk omschreven (hier wordt later op terug gekomen).

Vervolgens wordt gesteld dat veranderingen in energiegebruik worden veroorzaakt door een combinatie van ‘energy efficiency’, weersinvloeden, gedragsinvloeden en structurele effecten. Het gaat er om die weersinvloeden, gedragsinvloeden en structurele effecten te elimineren, of in elk geval te herkennen. Structuurverandering wordt daarbij gedefinieerd als: ‘a change in the relative levels of energy-consuming subsectors within a sector’. Een wel erg algemene definitie, waarvan bijvoorbeeld niet duidelijk wordt wat daarmee in de huishoudelijke sector mee wordt bedoeld.

Daarna wordt onomwonden gezegd dat het meten van ‘energy efficiency’ in de Amerikaanse economie of sectoren daarvan ‘beyond the scope of currently available data’ is. Daarom worden noodgedwongen ruimere maten gehanteerd, energie-intensiteiten genoemd, die zowel de eng gedefinieerde efficiëntieverbeteringen als sommige gedrags- en structurele effecten bevatten die niet afgescheiden kunnen worden. Deze energie-intensiteiten zijn een betere maat voor ‘energy efficiency’ naarmate er meer gedrags- en structurele effecten uit zijn verwijderd.

Er worden twee methodes om energy efficiency trends te meten, gepresenteerd:

1. De ‘market-basket’ approach. Dit is vergelijkbaar met de methode om inflatie te meten: er wordt een goed gedefinieerd ‘mandje’ van consumptiegoederen genomen en de gemiddelde prijsstijging van dat mandje is de maat voor inflatie. Hier zou het dus betekenen: een set energiediensten definiëren en daarvan de energy efficiency meten. Dit wordt een bottom-up benadering genoemd. Beperkingen van deze methode: voor sommige diensten zijn er gewoon geen goede maten voor energy efficiency; het ontstaan van nieuwe services, product substitution.
2. De ‘comprehensive’ approach. In deze benadering wordt gestart met zeer geaggregeerde indicatoren die het gehele energiegebruik beslaan. Vervolgens probeert men daar zoveel mogelijk structurele en gedragseffecten uit te verwijderen en wat overblijft wordt energiebesparing genoemd. De belangrijkste beperking van deze methode is dat het vaak onmogelijk is om allerlei gedragsaspecten en structurele effecten af te scheiden. Dus de maat blijft erg ‘vervuild’.

Kijkend naar de Nederlandse situatie, dan kan gesteld worden dat het ECN met het SAVE-model de eerste benadering volgt (waarbij men echter toch probeert om het gehele energiegebruik te omspannen) en het CPB de tweede.

In de VS wordt de tweede methode gebruikt, vanwege databeschikbaarheid. De indicatoren die gebruikt worden in de huishoudelijke sector, zijn: energiegebruik per gebouw, per huishouden, per vierkante meter en per persoon. Erg geaggregeerd dus. Er wordt wel gecorrigeerd voor temperatuur en de indicatoren worden uitgesplitst naar woningtype en regio (vanwege klimaatverschillen). Verder komt men niet. Er wordt gesteld: ‘To unbundle the intensity indicators and obtain ‘true’ or ‘pure’ energy efficiency is impractical if not impossible’. Zich bewust zijn van structurele en gedragseffecten is dan het hoogst haalbare, gegeven de beperkte beschikbaarheid van tijd, data en middelen.

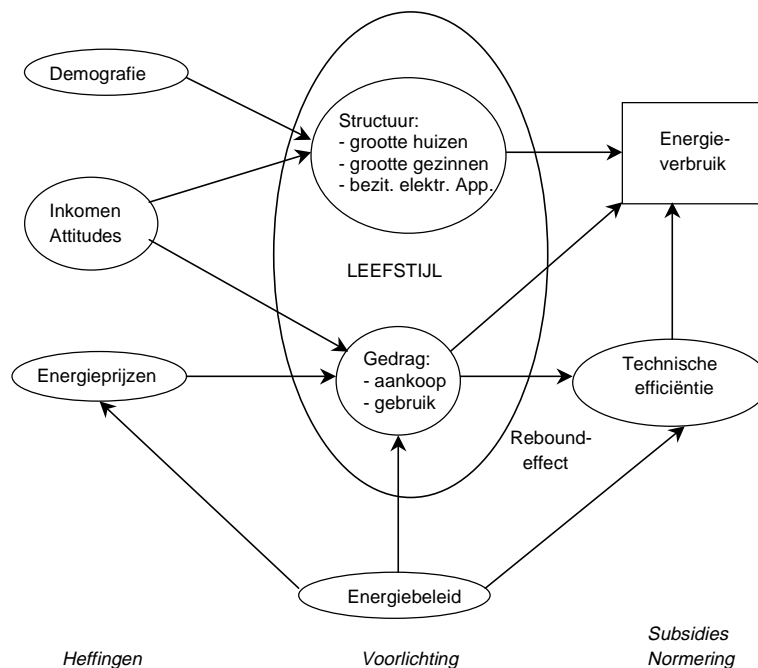
Als belangrijkste structureffecten voor huishoudens worden genoemd: de grootte van huizen (en dus het aantal m² per persoon), leeftijd van gebouwen, locatie (regio, vanwege klimaatverschillen) en de gebruikte brandstofmix. Met dat laatste wordt waarschijnlijk bedoeld dat de beschikbare energie-infrastructuur mede bepalend is voor het energiegebruik. Als belangrijkste gedragseffecten worden genoemd: gezinsgrootte, inkomen, gemiddelde verblijftijd in de woning, leeftijdsopbouw van het gezin, thermostaatinstelling en het aantal werkenden in het gezin.

Voor de meeste van deze effecten zijn geen data beschikbaar.

4.3 Methodologie voor huishoudelijke sector

R. Haas: Energy efficiency indicators in the residential sector; What do we know and what has to be ensured (Haas, 1997).

Dit artikel gaat specifiek over energiebesparing in de huishoudelijke sector, omdat, zo wordt opgemerkt, dat energiebeleid zich vaak in de eerste plaats op deze sector richt. Het artikel richt zich vooral op de factoren die het huishoudelijk energiegebruik bepalen. Haas geeft de bepalende factoren weer in een plaatje, dat vrij vertaald is weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 4.1 Bepalende factoren van het huishoudelijk energiegebruik

Ten opzichte van het oorspronkelijke plaatje zijn twee wijzigingen aangebracht:

- A. De categorie 'overige verklarende variabelen', waaronder klimaat, is weggelaten
- B. Haas noemt technische efficiëntie en gedrag gezamenlijk 'intensiteit'. Om precies te zijn: intensiteit wordt gedefinieerd als de inverse van technische efficiëntie vermenigvuldigd met de gedragseffecten. Dat is echter een ongebruikelijke definitie, die daarom is weggelaten.

Impliciet in het plaatje is dat energieprijzen geen invloed hebben op structuur. Haas geeft aan dat dit ondersteund wordt door empirische studies.

Haas ziet structureffecten als de lange termijn componenten van 'energiediensten' en gedrags-effecten als de korte termijn componenten. Deze opdeling wringt enigszins als het gaat om het 'gedrag' ten aanzien van de aanschaf van elektrische apparaten. Waarschijnlijk bedoelt Haas met gedrag alleen 'gebruiksgedrag' en niet 'aankoopgedrag'. De oplossing is om het bezit van apparaten te zien als een structureffect, maar de keuze tussen een zuinige of minder zuinige variant van het apparaat als gedrag. Het onderscheid is dan niet meer helemaal gebaseerd op korte versus lange termijn. In de volgende paragraaf zal worden voorgesteld om, in termen van bovenstaand plaatje, gedrag en technische efficiëntie samen 'besparing' te noemen. Eén van de argumenten daarvoor wordt gegeven door Haas. Gesteld wordt dat 'the features of short-term service demand (e.g. operation time of lamps and clothes washers and temperature settings of refrigerators, heating and air conditioning systems) are known only roughly, but not in any systematic way that can be analysed by statistical methods'. Die gedragscomponenten en technische efficiëntie zijn dus empirisch niet te scheiden. Dit pleit er sterk voor om ze samen te nemen.

5. DEFINITIES

5.1 Inleiding

In deze paragraaf worden voorstellen gedaan voor de definitie van efficiëntieverbetering en energiebesparing. In feite gaat het om één voorstel voor de definitie van efficiëntieverbetering en meerdere opties voor de definitie van energiebesparing. Allereerst komt het onderscheid in volume-, structuur- en besparingseffecten aan bod. Daarna achtereenvolgens de definities van efficiëntieverbetering en van besparings- en structureffecten en tot slot de verschillende manieren om met de toepassing van duurzame energie om te gaan.

5.2 Volume-, structuur- en besparingseffecten

De *verandering* van het energiegebruik in een bepaalde periode wordt i.h.a. opgesplitst in drie effecten: volume-, structuur- en besparingseffecten (Boonekamp, 1994, 1998). *Volume-effecten* verklaren de ontwikkeling van het toekomstig energiegebruik bij een ongewijzigde inrichting van de huidige sociaal-economische en energetische structuren. Op het niveau van het energiegebruik van een land wordt meestal de economische groei als volume-effect gekozen. Op het niveau van de sector huishoudens wordt vaak de omvang van de bevolking genomen, of de groei van het aantal huishoudens of woningen, of de groei van de particuliere consumptie. Welke definitie gekozen wordt, is bepalend voor de grens tussen volume- en structureffecten. Daarover is echter weinig discussie, aangezien in alle genoemde voorbeelden het volume-effect heel scherp, eenduidig gedefinieerd kan worden. Veel moeilijker ligt het bij de grens tussen besparingen en structureffecten.

Het is verleidelijk om te zeggen: uiteindelijk gaat het om het energiegebruik per gezin of per woning of per persoon, dus waarom zouden we nog een verdere opsplitsing maken in structuur- en besparingseffecten. Dat is alleen maar lastig, o.a. omdat je dan het energiegebruik veel gedetailleerder moet gaan monitoren. In het besproken Amerikaanse artikel wordt deze verleiding weerstaan met het simpele antwoord: we willen een definitie van energiebesparing, omdat energiebesparing een beleidsdoelstelling is. Dit suggereert om de definitie van energiebesparing te laten aansluiten bij de invloedssfeer van de overheid t.a.v. het energiegebruik. Gedeeltelijk is die invloedssfeer een gegeven (de overheid heeft niet overal grip op), gedeeltelijk gekozen (de overheid kiest ervoor om bepaalde factoren wel of niet te beïnvloeden). Bijvoorbeeld: de overheid richt zich met campagnes op de burgers om hen ervan te overtuigen dat de thermostaat misschien wel iets lager kan en de gordijnen dicht kunnen. Laten we dus het lager (of hoger) zetten van de thermostaat derhalve maar rekenen tot energiebesparing, en niet als een verandering van de energiedienst 'ruimteverwarming' (en dus als structureffect, zoals in SAVE (!) (Boonekamp, 1995)). Twee belangrijke aspecten van de definitiekwestie zijn nu genoemd: de relatie met de invloedssfeer van het beleid en de haalbaarheid van goede monitoring. Deze aspecten zullen in deze paragraaf een grote rol spelen.

Structuur- en besparingseffecten kennen in feite heel gangbare, algemeen geaccepteerde definities. Het probleem is echter dat daarbij het definitieprobleem alleen verschoven wordt. De gangbare definitie van structureffecten is: het effect op het totale energiegebruik (laten we zeggen van een land) van de verschillen in groei van de verschillende sectoren. Als energie-intensieve sectoren veel harder groeien dan energie-extensieve, dan leidt het structureffect tot een hoger energiegebruik, en vice-versa. De grote vraag is nu: hoe definieer je 'groei' en op welk niveau worden sectoren gedefinieerd. Ten aanzien van groei komt het er op neer dat er een volume-grootheid voor elke sector gekozen moet worden. Dus voor huishoudens bijvoorbeeld (zie hiervoor) het aantal huishoudens.

Wat betreft het niveau waarop sectoren gedefinieerd worden: er wordt minimaal een onderscheid gemaakt tussen de standaard hoofdsectoren industrie, diensten, huishoudens en transport. Als we het daar bij laten, dan is elke verandering van het energieverbruik per huishouden een besparingseffect. Dat is duidelijk en gemakkelijk te monitoren, maar wel een erg ruime definitie. In principe volgt CPB deze aanpak, maar ook zij vinden de definitie te ruim: 'Wij willen echter *de echte* besparing (efficiëntieverbetering) berekenen' (Groot, Koopmans, 1998). Er worden daarom structureffecten binnen de hoofdsectoren gedefinieerd. In de industrie is dat nog eenvoudig, de SBI-codering geeft daar een gedetailleerde opdeling van de sector. Verschillen in groeitempo van deelsectoren zijn dan structureffecten en komen dus niet meer in het besparingscijfer terecht. In de huishoudens is het wat lastiger om 'subsectoren' te definiëren. Daarom worden daar min of meer ad-hoc afzonderlijke factoren die het energiegebruik beïnvloeden, als structureffect 'benoemd'. Het gaat dan meestal om factoren die wél het energiegebruik bepalen, maar waarbij energieverbruik een 'bijzaak' is die geen invloed heeft op die factor. In huishoudens is bijvoorbeeld de samenstelling van de woningvoorraad zo'n factor. Het maakt veel verschil voor het gasverbruik of iedereen in een flat woont of in een villa. Bij de totstandkoming van de verhouding tussen flats en villa's in Nederland heeft het energiegebruik echter geen of nauwelijks een rol gespeeld. Het moge duidelijk zijn hier geen sprake meer is van een heldere, eenduidige definitie van structureffecten. En dat is de bron van veel verwarring.

Een soortgelijke situatie doet zich voort bij de definitie van besparingen. In een conceptversie van het Actieprogramma Energiebesparing staat: 'Dit actieprogramma verstaat onder energiebesparing allereerst het verbeteren van de efficiency van het energiegebruik. (...) Verbetering van de energie-efficiency wordt gemeten als een vermindering van de hoeveelheid energie die nodig is om een product, activiteit of dienst te leveren'. Los van het feit dat energiebesparing en efficiencyverbetering hier als synoniemen worden gebruikt (komen we later op terug), wordt hier het definitieprobleem verschoven naar: wat is precies een product, activiteit of dienst. Is 'een fles' een product of 'een fles van glas' of 'een fles van glas van een bepaalde dikte'. Hier komen we weer op het probleem van de systeemgrenzen, zoals ook reeds besproken in Paragraaf 2.1.

Zoals Phylipsen, Blok en Worrel terecht opmerken in hun 'Handbook on International Comparisons of Energy Efficiency in the Manufacturing Industry' (Phylipsen, Blok, Worrel, 1998) is ook hier weer het probleem: op welk aggregatie-niveau worden 'activiteiten' ('sectoren' bij de definitie van structureffect) gedefinieerd. In de industrie definiëren zij activiteiten als producten en niet als processen. Voorbeeld in de papierindustrie: verschillende kwaliteiten papier worden gezien als verschillende producten. Dus recycling van oud papier is een structuurverandering, omdat er een andere kwaliteit papier wordt gemaakt. Het is relevant om op te merken dat deze definitie niet aansluit bij de eerder geuite 'wens' om de definitie van besparingen aan te laten sluiten bij de beïnvloedings sfeer van de overheid: het ligt voor de hand dat de overheid uit energie- en milieu-oogpunt recycling stimuleert, dus dat zou er juist voor pleiten recycling wel tot besparing te rekenen.

Concluderend: de scheiding in structureffecten en besparingseffecten is wel degelijk relevant, maar vaak niet te kwantificeren én tot op zekere hoogte arbitrair en dus een kwestie van keuze. Bij die keuze spelen de relatie met de invloedssfeer van het beleid en de haalbaarheid van goede monitoring een grote rol.

5.3 Efficiëntie(-verbetering)

5.3.1 Betekenis van de term efficiëntie

Wat betekent nu eigenlijk de term efficiëntie? De Van Dale, Groot Woordenboek der Nederlandse Taal, geeft hiervoor de volgende omschrijving: 'het verkrijgen van het grootst mogelijk effect of resultaat met of uit een gegeven kracht, middel of toestand, m.n. de rationele toepassing van economische principes in het bedrijfsleven, synoniemen: doeltreffendheid, doelmatig-

heid'. Deze omschrijving geeft door middel van de zinsnede 'grootst mogelijk effect of resultaat' al aan de efficiëntie geen absoluut maar een relatief begrip is. Een handeling die vandaag als efficiënt geldt, kan morgen als inefficiënt beschouwd worden.

Voor een koelkast is met enige goede wil nog wel een invulling te geven aan het begrip efficiëntie. De efficiëntie van een koelkast is in dit geval de doelmatigheid waarmee lucht in (of de inhoud van) de koelkast wordt afgekoeld met behulp van een bepaalde hoeveelheid energie (elektriciteit). Door het verschil in warmte-inhoud van de lucht in (of de inhoud van) de koelkast te nemen en dit af te zetten tegen de door het proces gevraagde hoeveelheid energie wordt een maat voor de efficiëntie van het koelproces verkregen. Moeilijker wordt het een invulling te geven van het begrip efficiëntie als het gaat om een TV. Input van het proces is een bepaalde hoeveelheid energie (elektriciteit), de output van het proces bestaat uit hoeveelheid licht met een bepaalde golflengte. Ook hiervan kan in theorie de energie-inhoud worden vastgesteld, eenvoudig is dit echter allerminst. In theorie is het echter wel mogelijk om heel verschillende typen TV-toestellen met elkaar te vergelijken. Een kleuren TV zendt licht uit met een ander golflengte (energie-inhoud) dan een zwart-wit TV. Een beeldscherm met een grote beelddiagonaal (breedbeeld) zendt meer licht uit (en dus energie) dan een klein toestel. In de praktijk is dit echter vanwege de rekenkundige complexiteit een nauwelijks hanteerbare aanpak.

De omschrijving uit de Van Dale geeft al aan dat efficiëntie een relatief begrip is, dat wil zeggen dat de prestatie of doeltreffendheid wordt vergeleken met een vergelijkbare handeling. Dit is ook de benadering die in de methodiek voor het labelen van huishoudelijk apparaten wordt gehanteerd (Energy and Buildings, 1997). De efficiëntie van een bepaald type koelkast wordt bepaald door te kijken wat het energieverbruik (prestatie) is van vergelijkbare typen koelkasten. De vergelijking dient dan echter wel zuiver gemaakt te worden. Een tweedeurs koel/vries combinatie is niet vergelijkbaar met een tafelmodel koelkast. Ofwel, de inhoud (volume) van de koelkast alsmede de prestatie (tot welke temperatuur wordt gekoeld) dienen vergelijkbaar te zijn. Hierdoor ontstaan clusters van vergelijkbare apparaten, waarbij het ene apparaat minder energie gebruikt dan het andere, ofwel, het ene apparaat is efficiënter dan het andere. Door middel van allerlei correctiefactoren is het uiteindelijk mogelijk om de verschillende clusters van apparaten ten opzichte van elkaar te waarderen.

Doordat efficiëntie een relatieve grootte is, betekent dit dat bij tijd en wijle het labellingsysteem aangepast dient te worden (Bertoldi, Bowie en Hagen, 1998). Door technologische verbeteringen zullen steeds meer apparaten het hoogste energielabel scoren en is het niet goed meer mogelijk de apparaten onderling te vergelijken. Door nu opnieuw te gaan bepalen wat onder de nieuwe apparaten de spreiding in de energieconsumptie is, wordt de norm/standaard wat efficiënt is en wat niet opnieuw bepaald.

In dit rapport gaat het vooral om verandering van efficiëntie in de loop van de tijd. Aangezien het bijna altijd gaat om verbeteringen, wordt verder gesproken over efficiëntieverbetering.

5.3.2 Onderlinge vergelijkbaarheid van apparaten.

Wanneer zijn apparaten nu onderling vergelijkbaar? Op basis van de voor energielabels gehanteerde methode kan gesteld worden dat dit het geval is indien apparaten dezelfde output (prestatie) leveren onder standaard condities. Volgens deze omschrijving zijn dan bijvoorbeeld stofzuigers met een zelfde zuigkracht, koelkasten met een zelfde grootte en een zelfde koel- en vriesniveau en TV-toestellen met een zelfde schermgrootte (breedbeeld) en beeldkwaliteit (100 Hz) onderling vergelijkbaar.

Nieuwe EU-regelgeving schrijft voor dat binnenkort toestellen met grotere vermogens zoals TV-toestellen, koelkasten en wasmachines, voorzien moeten worden van vermogenslektronica die 'vervuiling' van het elektriciteitsnet tegen moet gaan. Echter, toepassing van deze vermogenslektronica leidt tot een verhoging van het verbruik in de 'on-mode' met circa 15 Watt (In-

ternational Novem Workshop, 1999). Echter, de output (prestatie) van het toestel verandert niet, terwijl het energieverbruik toeneemt. Betekent dit nu dat toestellen met en zonder dit soort vermogenslektronica vergelijkbaar zijn? Indien dit het geval is, zou er sprake zijn van een daling van de energie-efficiëntie ten gevolge van nieuwe Europese regelgeving. Het is echter onwenselijk om deze toename van het energieverbruik (afname van de efficiëntie) toe te rekenen aan de fabrikanten van deze apparaten. Door middel van convenanten worden afspraken gemaakt tussen fabrikanten en de Europese Unie over een minimaal te behalen efficiëntieverbetering over een bepaalde periode. De efficiëntieverbetering zoals in deze convenanten overeengekomen is, heeft betrekking op dat deel van het verbruik dat door de fabrikant te beïnvloeden is.

De omschrijving voor vergelijkbaarheid van apparatuur dient daarom uitgebreid te worden. Apparaten zijn onderling vergelijkbaar indien zij dezelfde output (prestatie) leveren onder standaard condities en hierbij een energiedrager van een zelfde kwaliteit gebruiken. Apparaten zonder vermogenslektronica tegen netvervuiling veroorzaken een verandering in kwaliteit van de energiesysteem, en zijn derhalve niet vergelijkbaar met apparaten die wel met deze vermogenslektronica zijn uitgerust.

5.3.3 Voorstel voor definitie

Het is duidelijk dat energiebesparing heel 'ruim' (elke verandering van het elektriciteitsverbruik per huishouden) en heel 'eng' (alleen technische verbeteringen van een apparaat) gedefinieerd kan worden. Het ligt voor de hand, ter voorkoming van verwarring, om voor die definities verschillende termen te gebruiken. Dat leidt tot het eerste voorstel.

Voorstel: maak een helder onderscheid tussen de termen efficiëntieverbetering en energiebesparing. Reserveer de term efficiëntieverbetering voor technische verbeteringen op apparaatniveau.

Efficiëntieverbetering wordt gereserveerd voor technische verbeteringen op apparaatniveau: minder energie-input per eenheid output. Apparaten met een verschillende output, bijv. een gewone of een 100 Hz TV, kunnen niet zomaar onder één noemer gebracht worden. Op het moment dat de 100 Hz TV aan het penetreren is, is efficiëntieverbetering van de TV een gewogen gemiddelde van de efficiëntieverbetering van de gewone TV en de efficiëntieverbetering van de 100 Hz TV. De weegfactor is de penetratie in het eindjaar, zie ook Paragraaf 6.2. De term energiebesparing wordt alleen gebruikt op energiedienstenniveau. Efficiëntieverbetering staat nu volledig los van de gebruiksduur van apparaten. De gebruiksduur heeft wel effect op energiebesparing. Als apparaten in de loop der tijd technisch efficiënter worden maar ook steeds intensiever gebruikt, kan het zo zijn dat er efficiëntieverbetering optreedt maar tegelijkertijd ontsparing. Deze definitie sluit goed aan bij de labelling-activiteiten op Europees niveau, die daardoor ook monitoring goed mogelijk maken.

5.4 Besparings- en structureffecten

Uit het voorgaande mag duidelijk zijn dat er bij de afbakening tussen besparingen en structureffecten sprake is van een keuze. Deze keuze behoort niet gemaakt te worden door de onderzoekers, maar door de beleidsmakers. Het eerdergenoemde criterium 'aansluiting bij beleid' is niet absoluut: de reikwijdte van het beleid verandert in de loop van de tijd, en de definitie van besparingen en structureffecten moet dan mee kunnen veranderen. Daarom wordt hier niet één definitie voorgesteld, maar worden meerdere varianten gepresenteerd. Bij de bespreking van deze varianten wordt aandacht besteed aan de criteria 'aansluiting bij beleid' en 'monitoring'.

Er zijn in principe twee benaderingen denkbaar. De eerste benadering is: begin met een heel 'enge' definitie van besparingen en verruim die stap voor stap. De tweede benadering is: begin

met de meest ruime definitie van besparingen (verder te noemen: variant X) en perk die definitie in door structureffecten te benoemen. In de eerste benadering is het structureffect de restpost en komt daarin dus de meeste ‘vervuiling’ terecht. In de tweede benadering zijn de besparingen de restpost. In onderstaande tabel zijn, ten behoeve van het overzicht, de verschillende varianten weergegeven, die in de volgende twee paragrafen worden besproken.

Tabel 5.1 *Definities van energiebesparing en structureffecten*

<i>Eerste benadering: definieer besparingen, structureffect is de restpost</i>	
Variant 1	Energiebesparing is niet meer dan efficiëntieverbetering.
Variant 2	Efficiëntieverbetering én ‘zuinig omgaan met energie’ zijn besparingen.
Variant 3	Elke verlaging van het energiegebruik (exclusief volume-effecten) is besparing.
<i>Tweede benadering: definieer structureffecten, besparingen zijn de restpost</i>	
Variant A	Elke verandering van het energieverbruik per huishouden is be-/ontsparring.
Variant B	Veranderingen in de huishoudgrootte is het enige structureffect.
Variant C	Veranderingen in huishoudgrootte en particuliere consumptie zijn structureffecten.
Variant D	Veranderingen in de huishoudgrootte én elke verandering van het apparatenbezit zijn structureffecten.
Variant E	Veranderingen in de huishoudgrootte én het bezit van een <i>gekozen</i> aantal apparaten zijn structureffecten.
Variant F	Variant D of E én gebruiksduur/vermogen van een <i>gekozen</i> aantal apparaten zijn structureffecten.

5.4.1 Eerste benadering: definieer besparing, structureffect is restpost

Variant 1: energiebesparing is niet meer dan efficiëntieverbetering, zoals gedefinieerd in Paragraaf 5.3 (al het overige is dus structureffect).

Deze definitie heeft als voordeel dat hij simpel is, duidelijkheid geeft en goed te monitoren is. De aansluiting met het beleid is echter slecht. De overheid stimuleert milieuvriendelijk gedrag, maar dat gedrag komt bij deze definitie niet in de besparingen terecht. Daarom de volgende variant.

Variant 2: variant 1 én ‘zuinig omgaan met energie’ vormen samen energiebesparing

De aansluiting bij het beleid is nu beter, maar de monitoring wordt veel lastiger. Het sluiten van de gordijnen of de TV 's nachts niet stand-by laten staan maar echt uit doen, zijn moeilijk te monitoren.

Een stap verder is om te redeneren: het waarom van een daling van het energiegebruik is minder belangrijk. Deze redenering leidt tot de volgende variant, de meest ruime definitie van energiebesparing.

Variant 3: Alle verlagingen van het energiegebruik (excl. volume-effecten) heten energiebesparing

Het voordeel van deze definitie is dat het goed aansluit bij de meest intuïtieve interpretatie van de term energiebesparing: als er minder energie gebruikt wordt, wordt er bespaard. Ook al is het vanuit beleids oogpunt verleidelijk om deze definitie te kiezen (maximale besparing) is de aansluiting met beleid natuurlijk slecht: alle veranderingen die het gevolg zijn van het energiebeleid worden op één hoop gegooid met alle overige veranderingen.

De mate van detail in de monitoring bepaalt de omvang van de besparingen: alleen de verminderingen van gebruik die geregistreerd worden, kunnen worden meegenomen.

Een voordeel van al deze drie varianten is dat energiebesparing altijd een positief teken heeft. Er is geen sprake van negatieve besparingen of ontsparringen. Dat zijn termen die op zich al verwarrend werken voor niet-ingewijden.

5.4.2 Tweede benadering: definieer structureffecten, besparingen als restpost

Deze benadering wordt momenteel het meest gevolgd. Nu wordt begonnen met 'er zijn geen structureffecten', en vervolgens wordt de definitie van de restpost besparingen steeds verder 'verengd' door bepaalde factoren als structureffecten te benoemen.

Variant A: elke verandering van het elektriciteitsverbruik per huishouden is besparing of ontsparring (er zijn geen structureffecten binnen de sector huishoudens).

Dit is de al eerder besproken variant waarbij binnen de sector huishoudens geen structureffecten worden verondersteld. Het maakt nu wel veel verschil welke volume-grootte voor de sector wordt genomen. Immers, alle andere factoren komen in de besparingen terecht. Bijvoorbeeld: als het aantal huishoudens de volumegrootte is, komt het effect van wijzigingen in het besteedbaar inkomen per huishouden in de besparingen terecht. Deze definitie is dus veel te ruim.

Algemeen geaccepteerd is om *demografische factoren* te zien als structureffect:

Variant B: veranderingen in de huishoudgrootte is een structureffect, de rest is energiebesparing of ontsparring.

Dit is een duidelijke verbetering van de definitie. De aansluiting met het beleid wordt beter en de monitoring is geen probleem. De resulterende omvang van het begrip energiebesparing blijft echter erg ruim.

N.B. er zijn nog meer demografische factoren die eigenlijk meegenomen zouden moeten worden. Zo ligt het voor de hand dat ook de gemiddelde leeftijdsopbouw per huishouden effect heeft op het energiegebruik. Dit vraagt echter een grote mate van detail in de monitoring van het energiegebruik. Niet meenemen van deze factor betekent dat de effecten ervan op het energiegebruik impliciet in het besparingseffect zitten.

Een tweede categorie factoren die het elektriciteitsverbruik beïnvloeden zijn de *economische factoren*. Zoals gezegd neemt het CPB de groei van de particuliere consumptie als volumegrootte voor de sector huishoudens. De relatie tussen particuliere consumptie of besteedbaar inkomen en elektriciteitsverbruik is echter erg indirect. Meer inkomen leidt waarschijnlijk tot meer elektrische apparaten, intensiever gebruik van die apparaten, veranderingen in de leefstijl die op hun beurt leiden tot meer of minder elektriciteitsverbruik, etc. Door de particuliere consumptie als structureffect te benoemen, wordt aangenomen dat het elektriciteitsverbruik vóór besparingen net zo hard groeit als die particuliere consumptie.

Variant C: Variant B met daarbij de groei van de particuliere consumptie per huishouden als structureffect.

Deze variant is zeer goed te monitoren en sluit goed aan bij de definitie in andere sectoren, waar de economische groei het belangrijkste (en vaak enige) structureffect is. Nadeel is de al beschreven complexiteit van het verband tussen particuliere consumptie en elektriciteitsverbruik, zodat de aansluiting met bottom-up benaderingen (aantallen apparaten, gebruik per apparaat)

wat onduidelijk wordt. Daarnaast, zo vindt ook het CPB, is de resulterende definitie van besparingen nog te ruim.

N.B. ook hier zijn er factoren die buiten beschouwing gelaten worden. De groei van de particuliere consumptie kan ongelijk verdeeld zijn over typen huishoudens. Dit heeft effect op het energiegebruik en is typisch een structureffect. Dit effect wordt tot op heden nooit meegenomen. De benodigde cijfers over de groei van de consumptie per huishoudtype komen wellicht wel beschikbaar, maar wel met een grote tijdsvertraging. Daarom wordt deze factor uit praktische overwegingen buiten beschouwing gelaten. Cijfers over de totale particuliere consumptie zijn wel snel beschikbaar.

In Hoofdstuk 3 is een aantal factoren geïdentificeerd die effect hebben op het elektriciteitsverbruik. Bij elk van deze factoren kan de vraag gesteld worden of die factor gezien wordt als een structureffect of niet (en dus als besparingseffect). Resumerend, de in Hoofdstuk 3 genoemde factoren zijn:

1. Wijzigingen in apparaatbezit.

- Het op de markt komen van nieuwe apparaten (mechanisatie).
- Substitutie van technieken/apparaten.
- Combinatie van apparaten.
- Meervoudig apparaatbezit.

2. Veranderingen van de gebruiksduur van een apparaat.

- Als gevolg van technologische ontwikkelingen.
- Als gevolg van veranderingen in leefstijl/behoefte en demografie.

3. Veranderingen in de functie van het apparaat.

Van deze factoren wordt 'mechanisatie', waaronder zowel het op de markt komen van nieuwe apparaten als meervoudig apparaatbezit als substitutie van apparaten vallen, tamelijk onomstreden als structureffect beschouwd:

Variant D: variant C met verandering van het bezit van elektrische apparaten voor zover hoger dan de groei van de particuliere consumptie als extra structureffect.

Dit is de CPB-definitie. Als het elektriciteitsverbruik, gecorrigeerd voor de *extra* penetratie van elektrische apparatuur, harder groeit dan de particuliere consumptie, dan is er ontsparing. Als het verbruik langzamer groeit, is er besparing. Die besparing of ontsparing is het resultante van alle veranderingen van de gebruiksduur en het vermogen van apparaten, en de efficiëntieverbetering. Voorbeelden: als PC's veel intensiever worden gebruikt doordat er meer mee mogelijk is, betekent het extra energiegebruik een ontsparing; als de gemiddelde gebruikstijd van TV's omlaag gaat, omdat er steeds meer tweede en derde TV's komen die minder frequent aan staan, dan betekent dat een besparing; als de gemiddelde stofzuiger een veel sterker vermogen krijgt, is het extra energiegebruik een ontsparing.

Monitoring is eenvoudig. Alleen het bezit van elektrische apparaten moet gemonitord worden, zoals gebeurd in het BEK.

Omdat de relatie tussen particuliere consumptie en structureffect zo complex is, kan ook gekozen worden voor de optie om niet de particuliere consumptie als structureffect te nemen, om de particuliere consumptie 'over te slaan' en uitgaand van variant B *elke* verandering van de penetratie van apparaten (dus niet alleen het extra effect t.o.v. de particuliere consumptie) een structureffect te noemen. Dit leidt tot een alternatieve, maar gelijkwaardige formulering van variant D.

Variant D, anders geformuleerd: variant B, met elke verandering van penetratie van elektrische apparaten als extra structureffect.

1. Dit is momenteel de meest gebruikte variant. Daar zijn ook goede redenen voor: de structureffecten die hierin benoemd zijn, zijn weinig omstreden ('iedereen vindt dat structureffecten') en het benoemen van nog meer structureffecten stuit al snel op een gebrek aan data. Het is vanwege het belang van deze variant goed om na te gaan hoe 'ruim' de resulterende definitie van energiebesparing nu is. Hierbij wordt teruggegrepen op de indeling en voorbeelden uit Hoofdstuk 3. Veranderingen van de gebruiksduur van een apparaat als gevolg van leefstijlontwikkelingen vormen een ontsparring of besparing. Voorbeelden:
 - Het steeds intensiever gebruik van de wasmachine en -droger als gevolg van de hogere eisen die gesteld worden aan de hygiëne.
 - Het intensiever gebruik van vaatwasser en magnetron als gevolg van andere verhoudingen tussen werk en vrije tijd.
2. Veranderingen van de gebruiksduur van een apparaat als gevolg van technologische ontwikkelingen vormen een ontsparring of besparing. Voorbeelden:
 - Intensiever gebruik van apparaten zoals walkman, laptop, GSM als gevolg van lager stroomverbruik en betere accu's.
3. Veranderingen van de functie van een apparaat vormen een ontsparring of besparing, *tenzij* deze veranderde apparaten als nieuw apparaat worden gezien. Voorbeelden:
 - Teleshoppen via de TV, de steeds groeiende mogelijkheden van de PC.
 - Steeds krachtiger stofzuigers, steeds grotere koel/vriescombinaties, etc.
 - Als apparaten met een hoog vermogen uitgerust moeten worden met voorzieningen om netvervuiling tegen te gaan, kan dit ook opgevat worden als verandering van functie. Ook dit komt nu als ontsparring naar voren.

Het zal duidelijk zijn dat besparing bij deze definitie een vergaarbak is van een groot aantal effecten van uiteenlopende aard. De volgende twee varianten proberen een aantal van deze effecten uit de definitie van besparing te halen door ze als structureffect te benoemen.

4. Veranderingen van de gebruiksduur van een apparaat als gevolg van leefstijlontwikkelingen vormen een ontsparring of besparing. Voorbeelden:
 - Het steeds intensiever gebruik van de wasmachine en -droger als gevolg van de hogere eisen die gesteld worden aan de hygiëne.
 - Het intensiever gebruik van vaatwasser en magnetron als gevolg van andere verhoudingen tussen werk en vrije tijd.
5. Veranderingen van de gebruiksduur van een apparaat als gevolg van technologische ontwikkelingen vormen een ontsparring of besparing. Voorbeelden:
 - Intensiever gebruik van apparaten zoals walkman, laptop, GSM als gevolg van lager stroomverbruik en betere accu's.
6. Veranderingen van de functie van een apparaat vormen een ontsparring of besparing, *tenzij* deze veranderde apparaten als nieuw apparaat worden gezien. Voorbeelden:
 - Teleshoppen via de TV, de steeds groeiende mogelijkheden van de PC.
 - Steeds krachtiger stofzuigers, steeds grotere koel/vriescombinaties, etc.
 - Als apparaten met een hoog vermogen uitgerust moeten worden met voorzieningen om netvervuiling tegen te gaan, kan dit ook opgevat worden als verandering van functie. Ook dit komt nu als ontsparring naar voren.

Het zal duidelijk zijn dat besparing bij deze definitie een vergaarbak is van een groot aantal effecten van uiteenlopende aard. De volgende twee varianten proberen een aantal van deze effecten uit de definitie van besparing te halen door ze als structureffect te benoemen.

Variant E: per nieuw apparaat wordt gekeken of penetratie een structuur- of een ontsparringseffect is.

Men zou bijvoorbeeld kunnen zeggen dat de toepassing van pure 'luke apparaten' vanuit het milieubeleid ontmoedigd zou kunnen worden. Voorbeelden de aanrechtboiler, met als enige doel om (nog) sneller warm water te krijgen, het mechanisch ophalen van het zonnescherm, de elektrische grasmaaier, de vaatwasser, de klok op batterijen, het mechanische speelgoed, etc. Probleem hierbij is steeds dat het moeilijk is om iedereen over één kam te scheren. Voor ouderen die zelfstandig blijven wonen is de elektrische grasmaaier een uitkomst. En om nu te gaan zeggen: de elektrische grasmaaiers van ouderen zijn een structureffect, maar bij jongeren is het een ontsparring, dat is praktisch onhaalbaar en neigt al gauw tot het beeld van een overheid die voor iedere burger bepaalt wat hij wel en niet mag hebben (wat overbodige luke is en wat niet). Deze variant heeft dus veel haken en ogen, maar wel is het zo dat hier veel energiegebruik zit wat feitelijk valt onder de categorie 'zuinig omgaan met energie' (of liever 'verspilling') uit Variant 2. Bovendien probeert de overheid in voorlichtingscampagnes burgers tot nadenken hierover aan te zetten en bewuste keuzes te maken. Het effect van dit soort campagnes is moeilijk te meten, maar komt als het gaat om het al dan niet aanschaffen van apparatuur in de totnogtoe besproken varianten in ieder geval *niet* bij de besparingen terecht.

Tot nu toe wordt ook nog steeds impliciet uitgegaan van gelijkblijvende gebruiksduren en vermogens per apparaat. In Hoofdstuk 3 en hierboven zijn veel voorbeelden genoemd van veranderingen in gebruiksduren en/of vermogens. Wat betreft aansluiting bij het beleid, worden de motieven achter dit soort veranderingen belangrijk. Het feit dat mensen steeds krachtiger stofzuigers gaan kopen is een trend die de overheid vanuit energiebeleid misschien nog wel wil beïnvloeden (vgl. de aanschaf van auto's: koop van relatief lichte auto's wordt gestimuleerd). Maar nieuwe functies van apparaten (teleshoppen, internetten, grotere vriezers) zal de overheid wellicht niet willen beïnvloeden, omdat hierbij ook heel andere overwegingen dan vanuit het energiebeleid spelen. Dit motiveert de volgende (type) variant:

Variant F: Per apparaat wordt beoordeeld of toename van het vermogen en/of gebruiksduur een structuur- of een be-/ontsparringseffect is.

Aan deze variant kleven dezelfde nadelen als aan de vorige variant, maar gaat het in veel gevallen ook over 'zuinig omgaan met energie'. Het vergt bovendien veel van de monitoring. In sommige gevallen kan het echter best zo zijn dat monitoring eenvoudig is en dat alle huishoudens over één kam geschoren kunnen worden. Bijvoorbeeld als het gaat om steeds sterkere stofzuigers. Dat zou best als ontsparringseffect aangemerkt kunnen worden. Het zou dan vooral moeten gaan om apparaten waarvan de functie niet wezenlijk verandert, maar het vermogen wel toeneemt (ander voorbeeld: stereo-installaties). Voorbeeld van toenemende verbruiksduren: tuinverlichting, stand-by.

In discussies over besparingen en structureffecten wordt toename van gebruiksduren (m.n. als gevolg van leefstijlontwikkelingen) vaak als structureffect genoemd. Variant is dus wel degelijk een relevante variant.

In de praktijk wordt echter veelal een variant gebruikt (variant D) waar die veranderingen in het besparingseffect terechtkomen (of eigenlijk: waarbij wordt aangenomen dat alle veranderingen van gebruiksduren per saldo geen effect hebben op het energiegebruik).

5.5 De rol van duurzame energie

Energiebesparing kan zowel op het niveau van finaal verbruik als op het niveau van primair verbruik bekeken worden. Als er sprake is van substitutie van energiedragers, dan moet naar primair niveau gekeken worden. Zowel op finaal als primair niveau is het de vraag hoe wordt omgegaan met duurzame energiedragers. Er zijn eigenlijk twee opties mogelijk: alleen naar het fossiele energiegebruik kijken (en nucleair) of ook de input van duurzame energie meetellen.

Optie 1: kijk alleen naar fossiel energiegebruik, zowel op finaal als primair niveau.

Voordelen:

- Zowel bij het klimaatbeleid als bij de voorraadproblematiek gaat over het gebruik van fossiele brandstoffen, dus deze benadering geeft het meest accuraat aan hoeveel je bijdraagt aan de oplossing van de problemen.
- Gemakkelijk te monitoren. Vooral toepassing van thermische duurzame opties is nauwelijks te scheiden van 'gewone' besparingen: beide leiden immers rechtstreeks tot een vermindering van het gasgebruik.
- Geen problemen t.a.v. hoe duurzame energie te waarderen. Er zijn veel aannames nodig zijn om de input van bijv. omgevingswarmte en zonneboilerwarmte te waarderen (om nog maar niet te spreken van passieve zonne-energie).

Nadelen:

- Consequentie van deze keuze is dat duurzame energie gewoon meetelt bij besparingen (er wordt immers bespaard op het fossiel verbruik), zowel op finaal als op primair (N.B. bij analyses op het niveau van finaal verbruik heeft duurzame elektriciteit geen effect op de besparingen, thermische duurzame opties wel). De overheid heeft echter separate doelstellingen op het gebied van duurzaam en besparingen. Deze optie sluit daar slecht op aan.
- Het zuinig omgaan met duurzaam opgewekte energie wordt hiermee niet gestimuleerd (en dat is toch eigenlijk ook besparing).
- De correspondentie tussen besparingscijfers en de standaard energiebalansen klopt niet meer. In de energiebalansen worden immers ook niet-fossiele inputs meegerekend bij het primair verbruik (omgevingswarmte, duurzame elektriciteit).

Optie 2: Zowel op primair als finaal niveau de inputs van duurzame energie meetellen

De voordelen van optie 1 zijn de nadelen van optie 2 en vice versa.

6. UITWERKING (VOORBEELDEN)

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt aan de hand van een voorbeeld aangegeven hoe de verschillende definities concreet uitgewerkt worden. Het voorbeeld betreft reiniging. Er worden twee periodes onderscheiden. In de eerste periode penetreert de wasdroger en neemt de wasfrequentie toe. Dit zijn in feite de huidige ontwikkelingen. In de tweede periode wordt de zaak gecompliceerder: er komen twee nieuwe apparaten op de markt: een was/droogcombi en apparaat X. De was/droogcombi is simpelweg een geïntegreerde wasmachine en wasdroger, die dus de gescheiden apparaten vervangt in het vervullen van dezelfde functie. Apparaat X vervult een nieuwe energiedienst, een dienst die 'vroeger' handmatig werd uitgevoerd (mechanisatie). Er wordt in het midden gelaten wat apparaat X doet, het gaat hier om de methodiek. Voor zover mogelijk zijn de getallen voor jaar 0 in onderstaand voorbeeld overgenomen uit BEK, maar de ingezette ontwikkelingen t.a.v. gebruiksduren, penetraties en energiegebruik zijn puur ter illustratie. In onderstaande tabel zijn de aannames weergegeven en de codes voor alle variabelen. Die codes worden verder in de formules gebruikt.

Tabel 6.1 Codes voor de variabelen en getallen voor cijfermatige illustratie

	Code	Jaar T0	Jaar T1	Jaar T2
Penetratie wasmachine [%]	Pwm	90	100	70
Penetratie wasdroger [%]	Pwd	10	50	60
Penetratie was-droogcombinatie [%]	Pcombi	0	0	30
Penetratie X (nieuwe functie) [%]	Px	0	0	50
kWh/verbruik wasmachine, per keer	Ewm	2,2	2	1,8
kWh/verbruik wasdroger, per keer	Ewd	3,8	3,2	2,5
kWh/verbruik was-droog-combi, per keer	Ecombi			4,3
kWh-verbruik X, per keer	Ex			2
Aantal wasbeurten per jaar	Awm	220	300	300
Aantal droogbeurten per jaar	Awd	150	250	275
Aantal was-droog beurten per jaar	Acombi			300
Aantal X-beurten per jaar	Ax			200
E-verbruik reiniging, per huishouden per jaar		493	975	1378

6.2 Verandering van penetraties en gebruiksduren

In eerste instantie wordt alleen gekeken naar de periode T0-T1.

$$\text{Efficiëntieverbetering wasmachine: } 1 - \frac{Ewm(T1)}{Ewm(T0)}$$

Analoog voor de wasdroger. Om nu te komen tot de gemiddelde efficiëntieverbetering voor reiniging, moet er weging plaatsvinden van de efficiëntieverbetering van de twee afzonderlijke apparaten. Dat gebeurt met de penetratie in het eindjaar.

Efficiëntieverbetering reiniging:

$$1 - \frac{Pwm(T1) \times Ewm(T1) + Pwd(T1) \times Ewd(T1)}{Pwm(T1) \times Ewm(T0) + Pwd(T1) \times Ewd(T0)}$$

De gebruiksduren van apparaten hebben geen effect op dit getal. Efficiëntieverbetering is dus onafhankelijk van gebruiksduren. In de definitie van de besparing op reiniging, gaan de gebruiksduren wel een rol spelen. Als het intensiever gebruik van apparaten gezien wordt als besparing/ontsparring, dan is de formule:

Besparing reiniging:

$$1 - \frac{Pwm(T1) \times Ewm(T1) \times Awm(T1) + Pwd(T1) \times Ewd(T1) \times Awd(T1)}{Pwm(T1) \times Ewm(T0) \times Awm(T0) + Pwd(T1) \times Ewd(T0) \times Awd(T0)}$$

Het structureffect is nu alleen het effect van toenemende penetratiegraden⁸:

Structureffect:

$$\frac{Pwm(T1) \times Ewm(T0) \times Awm(T0) + Pwd(T1) \times Ewd(T0) \times Awd(T0)}{Pwm(T0) \times Ewm(T0) \times Awm(T0) + Pwd(T0) \times Ewd(T0) \times Awd(T0)} - 1$$

Onder de aannames in bovenstaande tabel, leiden deze formules tot de volgende uitkomsten:

Tabel 6.2 *Getallen voorbeeld met toename gebruiksduur als onderdeel van de besparingen*

	[%]
Efficiëntie verbetering wasmachine	9
Efficiëntie verbetering wasdroger	16
Efficiëntie verbetering reiniging	12
Besparingen reiniging	-30
Structureffect	56
Toename energiegebruik	103

De gemiddelde efficiëntieverbetering ligt dichterbij de wasmachine dan de wasdroger vanwege de veel hogere penetratie van de wasmachine in jaar T1. Door de sterke toename van de was- en droogfrequentie wordt de efficiëntieverbetering meer dan tenietgedaan: er is sprake van een forse ontsparing. Het structureffect is groot als gevolg van de sterke toename van de penetratie van de wasdroger en het hoge verbruik van de wasdroger. De toename van het energiegebruik is nu de vermenigvuldiging van het gebruik in jaar T0 met het structureffect en het besparingseffect:

$$\text{Toename } e - \text{verbruik} = \frac{e - \text{verbruik}(T1)}{e - \text{verbruik}(T0)} - 1 = \frac{1 + \text{structureffect}}{1 - \text{besparingseffect}} - 1$$

Als de toename (of afname) van de gebruiksduur gezien wordt als structureffect, veranderen de formules voor besparing en structureffect.

⁸ Zoals in de meeste studies gebruikelijk, hebben structureffect en besparingseffect een tegengesteld teken: een positief structureffect betekent meer energieverbruik, een positief besparingseffect betekent een lager energieverbruik.

Besparing reiniging:

$$1 - \frac{Pwm(T1) \times Ewm(T1) \times Awm(T1) + Pwd(T1) \times Ewd(T1) \times Awd(T1)}{Pwm(T1) \times Ewm(T0) \times Awm(T1) + Pwd(T1) \times Ewd(T0) \times Awd(T1)}$$

Structuureffect:

$$\frac{Pwm(T1) \times Ewm(T0) \times Awm(T1) + Pwd(T1) \times Ewd(T0) \times Awd(T1)}{Pwm(T0) \times Ewm(T0) \times Awm(T0) + Pwd(T0) \times Ewd(T0) \times Awd(T0)} - 1$$

Met deze aannames zijn de uitkomsten als volgt:

Tabel 6.3 *Getallenvoorbeeld¹, nu met toename gebruiksduur als onderdeel van het structuureffect*

	[%]
Efficiëntie verbetering wasmachine	9
Efficiëntie verbetering wasdroger	16
Efficiëntie verbetering reiniging	12,2
Besparingen reiniging	11,9
Structuureffect	130
Toename energiegebruik	103

¹ dezelfde getallen als in Tabel 6.2.

Besparingen is nu niet veel anders dan efficiëntieverbetering. Het verschil is de weging van de verschillende apparaten. In de vergelijking voor efficiëntieverbetering wordt gewogen met de penetratie in het eindjaar, in de vergelijking voor besparing met de penetratie maal de gebruiksduur in het eindjaar.

6.3 Gecombineerde en nieuwe apparaten

Vervolgens wordt gekeken naar de periode T1-T2. De was/droogcombi doet zijn intree. Huishoudens die dit apparaat kopen, zullen geen wasmachine en geen droger meer hebben. Daarvoor hadden ze een aparte wasmachine en wel of geen droger. Het nieuwe apparaat neemt dus gedeeltelijk de functievervulling van andere apparaten over. Bovendien doet apparaat X zijn intree. Dit apparaat vervult een functie die voorheen nog niet mechanisch werd vervuld. De vraag is nu hoe met deze apparaten wordt omgegaan.

Om efficiëntieverbetering voor die nieuwe apparaten uit te rekenen, is er een verbruik in het basisjaar (is T1) nodig. Toen waren die apparaten nog niet op de markt. Aangenomen wordt dat in een zeker jaar tussen T1 en T2, zeg T1½, de nieuwe apparaten op de markt komen met een bepaald verbruik. Ten opzichte van dat verbruik wordt de efficiëntieverbetering uitgerekend.

Ook bij de berekening van besparings- en structuureffect wordt in feite dezelfde aanpak gevolgd. Overal waar een verbruik en/of gebruiksduur uit een basisjaar nodig is, worden de cijfers van het introductiejaar van het nieuwe apparaat gebruikt. Op deze wijze komt de penetratie van het nieuwe apparaat X in het structuureffect, de verandering van verbruik in het besparingseffect en veranderingen in de gebruiksduur in één van beide (afhankelijk van de gekozen definitie). De penetratie van de was/droogcombi is nu echter eigenlijk geen structuureffect, omdat het andere apparaten vervangt. Dit gaat echter in de formules automatisch goed: de penetratie van de combi wordt 'gecompenseerd' door de dalende penetratie van wasmachine en wasdroger. M.a.w. per saldo levert de penetratie van de was/droogcombi geen structuureffect op.

De formules voor de berekening van de efficiëntieverbetering per apparaat zijn identiek als boven, met dien verstande dat voor de combi en voor X de efficiëntieverbetering t.o.v. jaar T1½ wordt berekend.

Efficiëntieverbetering reiniging:

$$1 - \frac{P_{wm}(T2) \times E_{wm}(T2) + P_{wd}(T2) \times E_{wd}(T2) + P_{combi}(T2) \times E_{combi}(T2) + P_x(T2) \times E_x(T2)}{P_{wm}(T2) \times E_{wm}(T1) + P_{wd}(T2) \times E_{wd}(T1) + P_{combi}(T2) \times E_{combi}(T1\frac{1}{2}) + P_x(T2) \times E_x(T1\frac{1}{2})}$$

Vooralsnog wordt weer aangenomen dat toename of afname van de gebruiksduur in de besparingen terechtkomt. Dan is de formule voor besparingen:

Besparing reiniging:

$$1 - \frac{P_{wm}(T2) \times E_{wm}(T2) \times A_{wm}(T2) + idemvoorwd + P_{combi}(T2) \times E_{combi}(T2) \times A_{combi}(T2) + P_x(T2) \times E_x(T2) \times A_x(T2)}{P_{wm}(T2) \times E_{wm}(T1) \times A_{wm}(T1) + idemvoorwd + P_{combi}(T2) \times E_{combi}(T1\frac{1}{2}) \times A_{combi}(T1\frac{1}{2}) + P_x(T2) \times E_x(T1\frac{1}{2}) \times A_x(T1\frac{1}{2})}$$

Het structureffect is nu weer alleen de verandering van penetratiegraden (n.b. in de noemer zijn de penetratiegraden van de combi en X nul):

Structureffect:

$$\frac{P_{wm}(T2) \times E_{wm}(T1) \times A_{wm}(T1) + idemvoorwd + P_{combi}(T2) \times E_{combi}(T1\frac{1}{2}) \times A_{combi}(T1\frac{1}{2}) + P_x(T2) \times E_x(T1\frac{1}{2}) \times A_x(T1\frac{1}{2})}{P_{wm}(T1) \times E_{wm}(T1) \times A_{wm}(T1) + idemvoorwd + P_{combi}(T1) \times E_{combi}(T1) \times A_{combi}(T1) + P_x(T1) \times E_x(T1) \times A_x(T1)} - 1$$

Om een cijfermatig voorbeeld te geven, zijn extra aannames nodig over het energiegebruik en de gebruiksduur van de combi en X in hun introductiejaar:

- Combi: kWh-verbruik per keer 5,2, aantal wasdroogbeurten per jaar 300
- X: kWh-verbruik per keer 2,5, aantal keren per jaar 100.

Met deze aannames en de aannames in Tabel 6.1, zijn de resultaten:

Tabel 6.4 *Getallenvoorbeeld met gecombineerde en nieuwe apparaten*

	[%]
Efficiëntie verbetering wasmachine	10
Efficiëntie verbetering wasdroger	22
Efficiëntie verbetering was/droogcombi	17
Efficiëntie verbetering X	20
Efficiëntie verbetering reiniging	18
Besparingen reiniging	8
Structureffect	49
Toename energiegebruik	38

De besparingen worden nu niet meer zo sterk beïnvloed door veranderende gebruiksduren als in het eerste voorbeeld. De besparingen zijn nog wel beduidend lager dan de efficiëntieverbeteringen. Het structureffect is groot als gevolg van de penetratie van X en de doorgroei van de penetratie van de wasdroger, als zelfstandig apparaat en als onderdeel van de combi.

Op dezelfde manier als in de vorige paragraaf kunnen veranderingen in de gebruiksduur ook als structureffect worden gezien. De formules veranderen dan op identieke wijze.

7. DISCUSSIE EN CONCLUSIES

In de discussies over ontwikkelingen van het energiegebruik worden de gebruikte termen meestal niet eenduidig gedefinieerd. Met name de termen energiebesparing en efficiëntieverbetering worden slordig gebruikt. De éne keer zijn het synoniemen, de andere keer begrippen met een totaal verschillende inhoud. In dit rapport wordt voorgesteld om de term efficiëntieverbetering te reserveren voor technische verbeteringen op apparaatniveau: minder energie-input per eenheid output. Apparaten met een verschillende output, bijv. een gewone of een 100 Hz TV, kunnen niet zomaar onder één noemer gebracht worden. Op het moment dat de 100 Hz TV aan het penetreren is, is efficiëntieverbetering van de TV een gewogen gemiddelde van de efficiëntieverbetering van de gewone TV en de efficiëntieverbetering van de 100 Hz TV.

Deze definitie sluit goed aan bij de labelling-activiteiten op Europees niveau, die daardoor ook monitoring goed mogelijk maken. Efficiëntieverbetering staat nu volledig los van de gebruiksduur van apparaten.

Consequentie van dit voorstel is dat de term energiebesparing alleen wordt gebruikt op energiedienstenniveau. Energiediensten kunnen op verschillende niveaus gedefinieerd worden. De keuze van systeemgrenzen is dus erg belangrijk. Voor studies op micro-niveau zullen andere keuzes gemaakt worden dan voor studies op macro-niveau. Volledige aansluiting tussen deze twee typen studies is onhaalbaar. Wel kunnen veel misverstanden voorkomen worden door in beide typen studies duidelijke, heldere definities te hanteren.

De wens om veranderingen in het energiegebruik te ontrafelen in volume-, structuur- en besparingseffecten heeft o.a. te maken met het kunnen beoordelen (achteraf en vooraf) van de effectiviteit van het energiebeleid. De te hanteren definities van volume-, structuur- en besparingseffecten hangen daarmee samen met de reikwijdte van het beleid. Die reikwijdte wordt bepaald door beleidskeuzes en is dus veranderlijk. Een uniforme definitie van energiebesparing is daarom niet te geven. Het zijn de beleidsmakers die het eens moeten worden over welke definities gehanteerd moeten worden. Het is aan de onderzoekers om heldere definities te formuleren waaruit beleidsmakers kunnen kiezen. In dit rapport wordt daartoe een poging gedaan.

Om verschillende definities in de praktijk ook daadwerkelijk te kunnen gebruiken, is monitoring van allerlei ontwikkelingen een vereiste. Op het gebied van elektriciteitsverbruik van huishoudens neemt het BEK, uitgevoerd door EnergieNed, een uitermate belangrijke plaats in. In een geliberaliseerde energiemarkt zullen energiebedrijven alleen die monitoring uitvoeren die hun eigen belangen dient. Het is de vraag of de overheid zich niet nadrukkelijker met monitoring moet gaan bezighouden (zoals bijvoorbeeld al gebeurt op het terrein van duurzame energie).

De belangrijkste factoren die, naast efficiëntieverbetering, het elektriciteitsverbruik in huishoudens bepalen, zijn:

1. Wijzigingen in apparaatbezit
 - Het op de markt komen van nieuwe apparaten (mechanisatie).
 - Substitutie van technieken/apparaten.
 - Combinatie van apparaten.
 - Meervoudig apparaatbezit.
2. Veranderingen van de gebruiksduur van een apparaat.
 - Als gevolg van technologische ontwikkelingen.
 - Als gevolg van veranderingen in leefstijl/behoefte en demografie.
3. Veranderingen in de functie van het apparaat.

Opvallend is dat geen van deze factoren eenduidig zal leiden tot een afname van het energiegebruik. Er is ofwel een duidelijk verhogend effect op het elektriciteitsverbruik (m.n. Door toename van het apparatenbezit) of een niet eenduidig effect. Bij die laatste categorie is echter een verhogend effect waarschijnlijker dan een verlagend effect. Met name effecten als comfortverhoging en de toename van tijdschaarste leiden over het algemeen tot een stijging van het energiegebruik. Dit geeft aan dat pogingen om het elektriciteitsverbruik te verlagen veel weg hebben van 'vechten tegen de bierkaai'. Ook bij zeer vergaande efficiëntieverbetering is het nog maar zeer de vraag of het elektriciteitsverbruik bij huishoudens zal gaan dalen (Jeeninga en Van Hilten, 1998).

Bij de meest gebruikte definities van besparingen en structureffecten, is besparing een ruim begrip waaronder vele effecten vallen. Sommige van die effecten, met name leefstijlveranderingen, worden in discussies vaak als structureffect benoemd, maar komen in studies dus vaak in de besparingen terecht. Het is dus van groot belang om zich te realiseren dat de in studies gerapporteerde energiebesparing een veelomvattend begrip is, dat zeker niet perfect aansluit bij de intuïtieve betekenis van het begrip energiebesparing en ook niet bij wat momenteel onder energiebesparingsbeleid wordt verstaan. Een betere aansluiting vereist een veel grotere monitoring-inspanning en veel ingewikkelder berekeningen. Het is aan de beleidsmakers om de afweging te maken tussen 'betere' maar ingewikkelde en dure (in termen van de kosten van monitoring) definities of minder goede, maar eenvoudige en 'goedkope' definities.

Aanbevolen wordt om de termen efficiëntie en efficiëntieverbetering alleen te gebruiken voor mutaties van het energieverbruik in enge zin. Dit betekent dat efficiëntie en efficiëntieverbetering alleen betrekking hebben op veranderingen in het energiegebruik die het gevolg zijn van technische veranderingen aan het, verder identieke, apparaat. Verandering van het energieverbruik dat toe te schrijven is aan gedragsgerelateerde factoren of veranderingen in omgevingscondities vallen derhalve niet binnen de definitie van efficiëntie(verbetering).

Het geven van een uniforme definitie voor energiebesparing is niet mogelijk vanwege de, vaak politieke, keuzes die gemaakt moeten worden bij de toewijzing van de verschillende verbruikscomponenten. Echter, dit betekent niet dat er geen eisen gesteld kunnen worden aan de rapportage van energieverbruiksontwikkelingen. Door het ontbreken van een uniforme definitie voor energiebesparing is het van essentieel belang dat duidelijk wordt omschreven welke factoren in welke mate verantwoordelijk zijn voor de verandering in de ontwikkeling van het energieverbruik. Het is vervolgens aan de beleidsmaker om te beslissen of deze factoren tot besparingen dan wel structuur effecten gerekend dienen te worden. Zonder deze transparantie zijn studies onderling niet of nauwelijks vergelijkbaar. Ook de overheid zou duidelijker moeten zijn in het formuleren van haar beleidsdoelstellingen. Indien bij het formuleren van een concrete doelstelling voor energiebesparing niet duidelijk omschreven wordt welke effecten tot energiebesparing gerekend dienen te worden, is het toetsen aan beleidsdoelstellingen en evalueren van energieverbruiksontwikkelingen nodeloos ingewikkeld.

Naast het monitoren van apparaatbezit is het van belang om meer aandacht te besteden aan het monitoren van veranderingen in apparaatgebruik en prestatie. Indien al overeenstemming bereikt zou worden over een methodiek waarmee de ontwikkeling van het huishoudelijk energieverbruik in verschillende componenten ontleed wordt, dan is het waarschijnlijk dat deze analyse praktisch niet uitvoerbaar is vanwege onder meer het gebrek aan gegevens op het gebied van gedragsgerelateerde factoren. Eerder onderzoek heeft aangetoond dat de veronderstelling dat effecten van gedragsgerelateerde factoren in de tijd uitmiddelen niet valide is (Jeeninga, 1997).

REFERENTIES

- Bertoldi, P., R. Bowie, L. Hagen (1998): *The Use of Negotiated Agreements to Improve Efficiency of End-Use Appliances: First Results from the European Experience*. ACEEE Summer Study, 1998.
- Boonekamp, P.G.M. (1994): *Het SAVE-Model. De modellering van energieverbruiksoontwikkelingen*. ECN-C--94-076, Petten, december 1994.
- Boonekamp, P.G.M. (1995): *SAVE-Module Huishoudens. De modellering van energieverbruiksoontwikkelingen*. ECN-I--94-045, Petten, januari 1995.
- Boonekamp, P.G.M. (1998): *Monitoring Energieverbruik 1982 – 1996. Methode, resultaten en perspectieven*. ECN-C--98-046, Petten, december 1998.
- DOE, USA(1995): *Measuring Energy Efficiency in the United States' Economy: A Beginning*. DOE/EIA-0555(95)/, October 1995.
- Energy and Buildings (1997): A special issue devoted to Energy Efficiency Standards for Appliances. Elsevier, ISSN 0378-7788, Volume 26, number 1, 1997.
- Groot, W., C. Koopmans (1998): *Energiebesparing 1990-1997*. CBS, Energiemonitor 98/4, p. 53-57, 1998.
- Haas, R. (1997): 'Energy efficiency indicators in the residential sector; What do we know and what has to be ensured?' In: *Energy Policy*, volume 25, numbers 7-9, June/July 1997, Special Issue on cross-country comparisons of indicators of energy use, energy efficiency and CO₂ emissions.
- IEA (1998): 'Energy Efficiency Initiative', Vol 1: *Energy Policy Analysis*, 1998.
- International Novem Workshop (1999): 'State of the art of energy efficiency in consumer electronics.' Parijs, januari 1999.
- Jeeninga, H. (1997): *Analyse energieverbruik sector huishoudens 1982-1996*. ECN-I--97-051, Petten, december 1997
- Phylipsen, G.J.M., K. Blok, E. Worrel (1998): *Handbook on International Comparisons of Energy Efficiency in the Manufacturing Industry*. Universiteit Utrecht, april 1998.
- VROM (1998): *Minder energiegebruik door een andere leefstijl. Project Perspectief. Eindrapportage*. VROM 990130/S/2-99, Den Haag, 1998.