

RIVM rapport 55000001/2003

Model Effectiviteit Instrumenten - Energie

Mechanismen, data en validatie

H.E. Elzenga, L.G. Wesselink, J.P.M. Ros

R.F.J.M. Engelen, H. Booij¹

K. Blok², H.L.F. de Groot³

1 Voorheen RIVM

2 Universiteit Utrecht

3 Vrije Universiteit

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van de directie van het RIVM, in het kader van project S/550000/01/IN, Perspectieven op duurzaamheid; Industriemodellen.

Abstract

Model to calculate Effectiveness of Policy Instruments for Energy Saving: Mechanisms, data and validation

RIVM – in cooperation with ‘Utrecht University’ and the Amsterdam ‘Vrije Universiteit’ – has developed a model to analyse and quantify the historical and future energy-saving behaviour of industrial firms. The model simulates the decision-making process in industrial sectors on investing (or not) in energy-saving techniques. It combines classical modelling based on techno-economic considerations with an approach in which the decision-making process is also influenced by other driving forces, like policy instruments, social pressure, financial capacity and attitude of the sector towards environmental problems. Besides describing the structure and the algorithms of the model, this report outlines the validation of the model for three sectors (building materials, paper and petrochemical industry) for the period 1990 to 1999. The results are compared with energy-saving data derived from different sources. It also examines whether the sensitivity of the model results for variation of input parameters - such as energy prices and the aforementioned driving forces - is in accordance with information from the literature or expert judgement. The model seems capable of giving a fairly good approximation of the energy-saving achieved by industrial sectors in the last decade. The validation was, however, hampered by the lack of reliable and consistent reference data.

Voorwoord

Het RIVM is tot op heden voor de diagnose en prognose van historische en toekomstige ontwikkelingen op het gebied van energiegebruik en -besparing van industriële sectoren sterk afhankelijk van andere instituten, met name ECN en CPB. In (Elzenga, 2000) is vastgesteld dat het strategische en logistieke voordelen biedt om de beschikking te hebben over een eigen rekenmodel, omdat dan onafhankelijker van andere partijen geopereerd kan worden en tevens kennisopbouw kan plaatsvinden. Voorwaarde is wel dat een nieuw model inhoudelijk meerwaarde biedt ten opzichte van de bestaande modellen zoals SAVE (ECN) en NEMO (CPB). Het RIVM is in 2000 in samenwerking met de Universiteit van Utrecht en de Vrije Universiteit Amsterdam gestart met de ontwikkeling van het Model Effectiviteit Instrumenten – Energiebesparing (MEI-Energie) om de energiebesparing door industriële sectoren in verleden en toekomst in kaart te brengen. Vooral voor de manier waarop de invloed van niet-financiële determinanten – waaronder beleidsinstrumenten - op het ondernemersgedrag is gemodelleerd, is een andere benadering gekozen dan in de bestaande modellen. In (Elzenga, 2000; Van Wijk, 2001) is dit uitgebreid beschreven.

Dit rapport beschrijft de eerste werkende versie van MEI-Energie. Het geeft een volledige beschrijving van de structuur, algoritmes en basisgegevens in het model, en het beschrijft de toepassingsmogelijkheden van het model. Tevens worden de resultaten gepresenteerd van een vergelijking van modelberekeningen met historische energiebesparingscijfers in een drietal industriële sectoren. In dat kader is ook nagegaan of de gevoeligheid van de modelberekeningen voor variatie van de belangrijke invoerparameters overeenkomt met de empirie en/of de verwachtingen van energiedeskundigen.

Inhoud

SAMENVATTING	9
1 INLEIDING EN VERANTWOORDING	11
1.1 HET MILIEUBELANG VAN ENERGIEBESPARING BIJ BEDRIJVEN	11
1.2 ENERGIEBESPARING(SBELEID) IN VERLEDEN EN TOEKOMST	11
1.3 HET MODEL MEI-ENERGIE	11
1.4 MODELSTRUCTUUR EN LEESWIJZER	12
2 ECONOMISCHE AFWEGING	15
2.1 WERKWIJZE	15
2.2 GEBRUIK EN HERKOMST VAN GEGEVENS	19
3 BEDRIJFSEIGENHEID EN DRIJVENDE KRACHTEN	21
3.1 BEDRIJFSEIGENHEID	21
3.2 DRIJVENDE KRACHTEN	23
3.2.1 <i>Drijvende kracht: beleidsdruk</i>	25
3.2.2 <i>Drijvende kracht: complexiteit van de techniek</i>	26
3.2.3 <i>Drijvende kracht: financieel-economische druk</i>	27
3.2.4 <i>Drijvende kracht: marktdruk</i>	28
3.2.5 <i>Drijvende kracht: kennisniveau</i>	28
3.2.6 <i>Drijvende kracht: maatschappelijke druk</i>	30
3.2.7 <i>Opstelling ten aanzien van milieu- en energieproblematiek</i>	30
4 DE BEREKENING VAN DE PENETRATIE EN BESPARING VAN MAATREGELN ...33	
4.1 INLEIDING	33
4.2 GOODHOUSEKEEPING MAATREGELN	34
4.3 RETROFIT-TECHNIEKEN	34
4.3.1 <i>Vorbereidingstijd van retrofit-technieken</i>	34
4.3.2 <i>Penetratiesnelheid van retrofit-technieken</i>	35
4.3.3 <i>Maximale penetratie van retrofit-technieken</i>	37
4.4 NIEUWE EN/OF VERVANGENDE TECHNIEKEN	39
4.4.1 <i>Vorbereidingstijd van vervangende technieken</i>	39
4.4.2 <i>Penetratiesnelheid van vervangende technieken</i>	39
4.4.3 <i>Maximale penetratie van vervangende technieken</i>	41
4.5 BEREKENING ENERGIEBESPARING IN MEI-ENERGIE	42
4.5.1 <i>Inleiding</i>	42
4.5.2 <i>Berekening energiebesparing sector</i>	42
4.5.3 <i>Doorwerking van productiegroei op energiebesparing en -gebruik</i>	43
5 VALIDATIE EN GEVOELIGHEIDSANALYSE	45
5.1 INLEIDING	45
5.2 VALIDATIE	45
5.2.1 <i>Periode</i>	45
5.2.2 <i>Berekening energiebesparing 1990-1999 op basis van monitoringsgegevens</i>	46
5.2.3 <i>Berekening van energiebesparing met MEI-Energie</i>	49
5.2.4 <i>Vergelijking 'waargenomen' en met MEI-Energie berekende energiebesparing</i>	52
5.3 GEVOELIGHEIDSANALYSE	55
5.3.1 <i>Werkwijze</i>	55
5.3.2 <i>Resultaten en discussie</i>	56
5.4 CONCLUSIES	59
5.4.1 <i>Validatie</i>	59
5.4.2 <i>Gevoeligheidsanalyse</i>	60
5.5 AANBEVELINGEN	61
LITERATUUR	63

VERZENDLIJST	64
BIJLAGE 1	66
BIJLAGE 2	71
BIJLAGE 3	74

Samenvatting

Circa 70% van het Nederlandse energiegebruik is gekoppeld aan productieactiviteiten van bedrijven in de industriële sectoren en de energiesector. Energiebesparing door bedrijven, en daarmee een verminderde CO₂-uitstoot zal een belangrijke bijdrage moeten leveren aan het behalen van Nederlandse klimaatdoelstellingen op de middellange (2010) en lange (2030) termijn.

Om het energiebesparingsgedrag van bedrijven in kaart te brengen en te kwantificeren heeft het RIVM in samenwerking met de Universiteit van Utrecht en de Vrije Universiteit Amsterdam het Model Effectiviteit Instrumenten - Energie (MEI-Energie) ontwikkeld. Het model beoogt een raamwerk te bieden voor consistente en methodische analyses van historische en toekomstige energiebesparing, met speciale aandacht voor de doorwerking en effectiviteit van het overheidsbeleid. MEI-Energie simuleert het besluitvormingsproces binnen industriële sectoren om al dan niet te investeren in energiebesparende technieken. Het model combineert de klassieke modellering van energiebesparing op basis van technisch-economische afwegingen met een benadering waarin het besluitvormingsproces in bedrijven mede wordt beïnvloed door zogenoemde 'drijvende krachten'. Deze drijvende krachten beschrijven de mate van complexiteit van de besparingstechnieken, de financiële draagkracht, het kennisniveau en de opstelling van de sector, en de druk die uitgaat van het energie-, klimaat- en flankerend beleid van de overheid en van het maatschappelijk klimaatbewustzijn. Met name ten aanzien van niet-financiële beleidsinstrumenten volgt MEI-Energie een andere benadering dan bestaande energievraagmodellen zoals SAVE (ECN) en NEMO (CPB). In die modellen worden dergelijke beleidsinstrumenten – zoals meerjarenafspraken, benchmarking en voorlichting – veelal 'vertaald' in lagere rentabiliteitseisen voor besparingsinvesteringen. In MEI-Energie worden ze gezien als extra prikkels – naast die van kostenreductie en procesverbetering - die een ondernemer ondervindt bij het nemen van een investeringsbeslissing.

Dit rapport beschrijft de structuur en de algoritmes van het model, en gaat tevens in op de resultaten van een eerste validatie. Daartoe is voor een drietal sectoren - bouwmaterialenindustrie, papierindustrie en organische basischemie - de ontwikkeling van de besparing op het finale energiegebruik in de periode 1990 tot 1999 gesimuleerd; de resultaten zijn vervolgens vergeleken met cijfers die gebaseerd zijn op waarneming. Bovendien is nagegaan in hoeverre de gevoeligheid van de modelresultaten voor variatie van belangrijke invoerparameters – zoals energieprijzen en drijvende krachten – overeenkomt met empirische informatie en/of verwachtingen daaromtrent.

Uit deze analyses blijkt dat het model in de huidige vorm in staat is energiebesparingsontwikkelingen redelijk goed te benaderen. De gevoeligheid voor de meeste parameters is hetzij in lijn met informatie uit de literatuur, hetzij plausibel. Een probleem is dat de vergelijkingsbasis (de waargenomen ontwikkeling) onvolledig en soms onbetrouwbaar is. Om die reden konden de resultaten van de organische basischemie niet goed gevalideerd worden.

Nog niet getest is in hoeverre het model in zijn huidige vorm geschikt is om besparingen op primair energiegebruik door (onder andere) warmtekrachtkoppeling door te rekenen. Ook de

bruikbaarheid van het model om de invloed van (Europese) CO₂-handel te simuleren is nog niet onderzocht.

Alvorens het model kan worden ingezet als volwaardig prognosemodel en/of als expert ondersteunend model zal het daarom nog uitgebreider moeten worden getest. Vervolgens zal aan energiedeskundigen bij ECN en CPB gevraagd worden het model kritisch te evalueren. Hierbij wordt de voorkeur gegeven aan een workshopachtige benadering, waarbij onder andere aandacht wordt besteed aan de positie die MEI-Energie kan innemen ten opzichte van SAVE en NEMO.

1 Inleiding en verantwoording

1.1 Het milieubelang van energiebesparing bij bedrijven

Circa 70% van het Nederlandse energiegebruik is direct gekoppeld aan productie-activiteiten van bedrijven uit industrie- en energiesectoren (raffinaderijen en elektriciteitscentrales). Nederland heeft een relatief groot aandeel aan energie-intensieve industriële sectoren, waaronder de basismetaal-, de basischemie, de papier- en de bouwmaterialenindustrie. Energiebesparing door bedrijven, en daarmee een verminderde CO₂-uitstoot, zal een belangrijke bijdrage moeten leveren aan het behalen van de nationale binnenlandse Kyoto-doelstelling op de middellange termijn (-6% reductie van broeikasgassen in 2008/12 ten opzichte van 1990) en de lange termijn doelen (-30/60% als richtinggevend doel voor de periode tot 2030 zoals genoemd in het NMP4).

1.2 Energiebesparing(sbeleid) in verleden en toekomst

In de periode 1980-2000 is, betrokken op het totale energiegebruik van bedrijven, jaarlijks ruwweg 1% efficiencyverbetering gerealiseerd. Doordat de productieomvang van bedrijven sneller is gestegen dan de efficiencyverbetering, is het totale energiegebruik van bedrijven in dezelfde periode met circa 30% toegenomen. Kostenbesparing is vaak de dominante drijfveer voor het treffen van energiebesparingsmaatregelen (Gillissen, 1995). Ook de vervanging van oude, afgeschreven installaties door modernere versies heeft vaak als (neven)effect dat het energiegebruik per eenheid productie omlaag gaat. Overheidsbeleid, middels de zogenoemde Meerjarenaafspraken, heeft voor 30 tot 50% bijgedragen aan de energiebesparing in de periode 1989-2000 (Rietbergen, 1999).

Energiebesparing(sbeleid) wordt in toenemende mate gekoppeld aan klimaatbeleid, dat –zeker op de lange termijn (zie NMP4)- gekenmerkt zal worden door scherpe doelstellingen voor de reductie van de uitstoot van broeikasgassen, waaronder CO₂. Om dit te bereiken zullen ook besparingsmaatregelen moeten worden genomen die minder of niet kosteneffectief zijn. Daarmee schuift het thema energiebesparing richting het domein van de klassieke milieumaatregelen, die -vanuit bedrijfseconomische optiek- ‘geld kosten’.

Naast kostenreductie en het willen nakomen van met de overheid overeen gekomen taakstellingen als motivatie voor energiebesparing zullen andere factoren het investeringsgedrag van bedrijven (sterker) gaan beïnvloeden, zoals de maatschappelijke druk, de kenmerken en financiële positie van de sector, etc..

1.3 Het model MEI-energie

Om dit complexe samenspel van invloedfactoren op een gestructureerde wijze te analyseren heeft het RIVM op basis van een uitgebreide voorstudie (Elzenga, 2000) geconcludeerd dat er in aanvulling op bestaande energiebesparingsmodellen als SAVE (ECN) en NEMO (CPB) behoefte is aan een nieuw model. De toegevoegde waarde van dit model moet zijn dat het *boven op* technisch-economische afwegingen een kader biedt voor minder ‘harde’ (maar niet minder belangrijke) determinanten die de investeringsbeslissing van de ondernemer sturen, met speci-

ale aandacht voor de rol van beleidsinstrumenten. In een intensieve samenwerking tussen het RIVM, de Universiteit van Utrecht en de Vrije Universiteit Amsterdam is daarom het Model Effectiviteit Instrumenten – Energiebesparing Industrie (MEI-Energie) ontwikkeld. MEI-Energie is een spreadsheetmodel.

MEI-Energie berekent de diffusie van energiebesparende technieken op basis van het investeringsgedrag van bedrijven in een sector. Het is daarmee een bottom up-model. Het investeringsgedrag wordt gemodelleerd door de invloed van economische en niet-economische afwegingen op de besluitvormingsprocessen van bedrijven te simuleren. Daarvoor is het nodig geweest ook de effecten van niet-economische, minder harde prikkels te vertalen in kwantitatieve relaties (algoritmes). Vaak is dit gedaan op basis van expert judgement van de deskundigen die aan de ontwikkeling van het model hebben bijgedragen. De basis hiervoor ligt in kwalitatief onderzoek naar investeringsoverwegingen rond energiebesparing. De validiteit van de diverse aannames in MEI kan alleen blijken door modelresultaten te toetsen aan de hand van empirische, historische informatie over energiegebruik en –besparing. Inmiddels is dit voor een aantal sectoren gedaan. De uitkomsten hiervan worden in hoofdstuk 5 van dit rapport besproken.

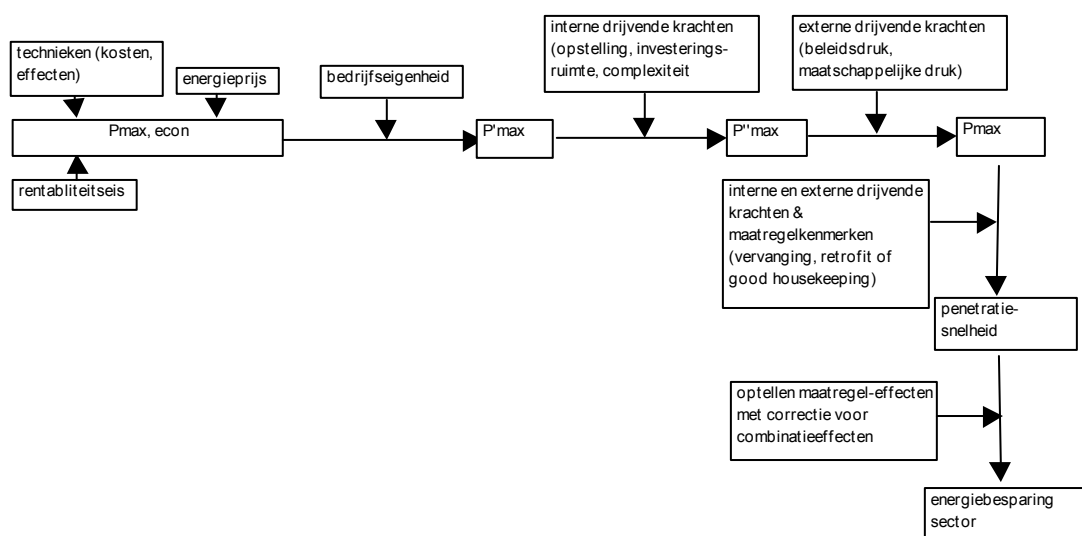
Het uiteindelijke doel is om het model zover te ontwikkelen dat het gebruikt kan worden om toekomstige ontwikkelingen in het energiegebruik van industriële en energiesectoren te prognosticeren. Hoewel het een bottom up-model is, dat de diffusie van afzonderlijke energiebesparende technieken modelleert, dienen de resultaten – de gerealiseerde energiebesparing – op sectorniveau geïnterpreteerd te worden. Daarnaast kan het model voor energiedeskundigen een functie hebben om de vele factoren die energiebesparing beïnvloeden geordend en gestructureerd te analyseren. Het kan dus ook dienen als expert ondersteunend systeem.

1.4 Modelstructuur en leeswijzer

Op basis van voorgaande studies (Velthuijsen, 1995; De Groot, 2001; Elzenga, 2000; Van Wijk, 2001) naar determinanten van energiebesparing, worden in MEI-Energie vier hoofdgroepen van determinanten onderscheiden die de besluitvorming rond investeringen in energiebesparende maatregelen beïnvloeden:

- kenmerken van beschikbare *technieken*; aard, kosten, besparing, etc. Basis voor het model zijn de technologische opties (maatregelen) uit het ICARUS-4 bestand (NW&S, 2001).
- kenmerken van industriële *sectoren*; welke rentabiliteitseis hanteert een sector, wat is de concurrentiepositie, de opstelling van de sector ten aanzien van milieu, het aandeel van energiekosten in de totale productiekosten, etc.
- kenmerken van de *omgeving*; wat zijn de energieprijzen en wat is de maatschappelijke opstelling rond het thema energie/klimaat.
- kenmerken van het *beleid*; welke instrumenten zet de overheid in en welke kenmerken hebben deze instrumenten.

De modelmatige vertaling van deze determinanten is schematisch weergegeven in figuur 1.1, en wordt daarna kort beschreven.



Figuur 1.1: De modelstructuur op hoofdlijnen

Eerst wordt per maatregel uit het ICARUS maatregelenbestand het besparingspotentieel berekend op basis van bedrijfseconomische afwegingen ($P_{\max, \text{econ}}$, hoofdstuk 2). Uitgaande van $P_{\max, \text{econ}}$ en de sectorspecifieke ‘bedrijfseigenheid’ wordt vervolgens P'_{\max} berekend (hoofdstuk 3). De bedrijfseigenheid is een kenmerk dat aangeeft in hoeverre een sector aandacht heeft voor energiebesparing als middel om de productiekosten te reduceren. Voor de meeste sectoren is P'_{\max} lager dan $P_{\max, \text{econ}}$. Vervolgens kan het investeringsgedrag ‘verschuiven’ richting een verdergaande adoptie op basis van zogenoemde drijvende krachten (hoofdstuk 3). Deze krachten zijn ‘prikkelers’ die de ondernemer ondervindt bij het nemen van een investeringsbeslissing. Daarbij wordt onderscheid gemaakt naar interne drijvende krachten (opstelling, financiële ruimte), leidend tot P''_{\max} , en externe drijvende krachten (maatschappelijke druk en beleidsdruk), leidend tot P_{\max} . Met name aan de uitwerking van beleidsdruk is veel aandacht besteed. Dit is gedaan door de beleidsinstrumenten te karakteriseren aan de hand van een aantal kenmerken, zoals hardheid, handhaafbaarheid e.d. (Van Wijk, febr. 2001 en sept. 2001). De scores die aan deze kenmerken worden toegekend bepalen de uiteindelijke beleidsdruk.

Bedrijfseconomische afwegingen, bedrijfseigenheid, drijvende krachten en maatregelkenmerken bepalen samen de penetratie van maatregelen (hoofdstuk 4). Op basis van de penetratie en het rendement van de technieken wordt vervolgens de besparing van de gehele sector berekend. MEI-Energie rekent met tijdstappen van één jaar, over een periode van circa 20 jaar. In elke tijdstap kunnen de waarden van invoerparameters worden aangepast. Op die manier kunnen (toekomstige) veranderingen in beleid, opstelling, energieprijzen etc. worden meegenomen.

In hoofdstuk 5 worden de resultaten gepresenteerd van een vergelijking van modelberekeningen met historische energiebesparingsontwikkelingen (1990-1999) in een drietal industriële sectoren (validatie). In dat kader is ook nagegaan of de gevoeligheid van de modelberekeningen voor variatie van de belangrijke invoerparameters overeenkomt met de empirie en/of de verwachtingen van deskundigen die betrokken zijn geweest bij de ontwikkeling van het model (gevoeligheidsanalyse).

2 Economische afweging

Zoals al is opgemerkt in paragraaf 1.4 bepalen bedrijfseconomische afwegingen, bedrijfseigenheid, drijvende krachten en maatregelkenmerken samen de penetratie van maatregelen. De kwantitatieve economische afweging – de berekening van $P_{\max, \text{econ}}$ – komt in dit hoofdstuk aan de orde. De berekening van P'_{\max} op basis van bedrijfseigenheid wordt in hoofdstuk 3 beschreven. In dat hoofdstuk wordt ook de berekening van de drijvende krachten behandeld. In hoofdstuk 4 wordt de uiteindelijke berekening van de maximale penetratie P_{\max} en van de penetratiesnelheid beschreven.

2.1 Werkwijze

Het is evident dat een kosten-baten analyse een belangrijke rol speelt bij investeringsbeslissingen van bedrijven. Bedrijfseconomische theorieën bieden diverse alternatieven voor deze analyse. In MEI-Energie wordt gebruik gemaakt van de Netto Contante Waarde benadering (NCW). De NCW is de som van de contante waarden van alle in- en uitgaande geldstromen van een projectinvestering. Deze worden berekend door de bedragen van de geldstromen te disconteren met de door een sector of bedrijf gewenste minimale rentabiliteit. In de NCW-bepaling worden financiële beleidsinstrumenten meegenomen; subsidies worden in mindering gebracht op het initiële investeringsbedrag, terwijl heffingen/belastingen de energieprijzen, en daarmee de besparingen, beïnvloeden.

$$NCW = -I + S + \sum_{t=1}^T \frac{EB \times (1+h) \times P_e - O \& M}{(1+r)^t}$$

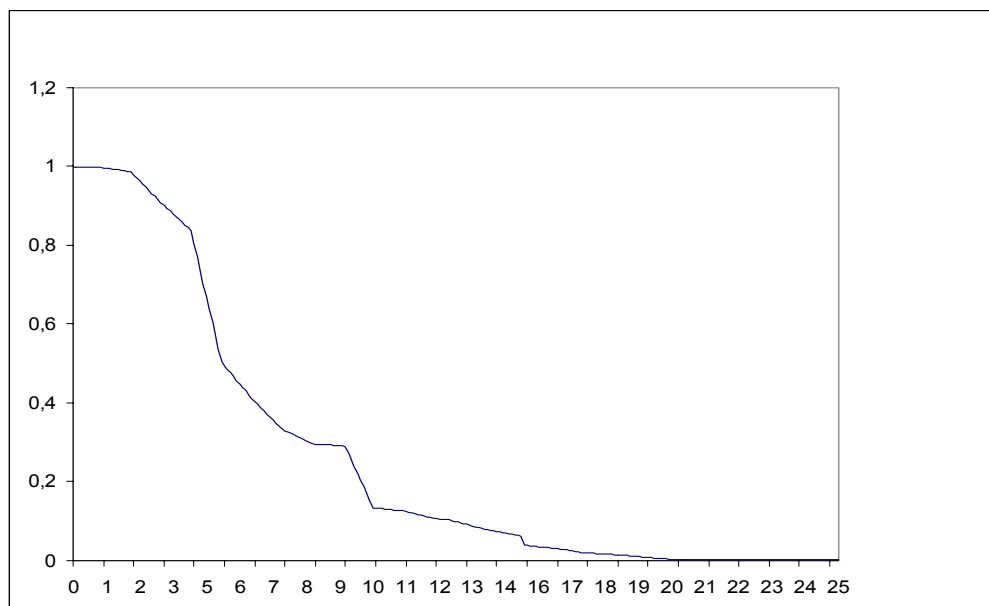
Waarbij:

I	investering
S	subsidies op investering
EB	energiebesparing die de techniek oplevert
h	heffing of belasting op energie
P_e	energieprijs
O&M	onderhoud en overige kosten
T	technische levensduur van de techniek
r	interne rentevoet

De disconteringsvoet waarvoor geldt dat $NCW=0$ is de interne rentevoet van een techniek (r_{techniek}). Als r_{techniek} groter is dan de rendementseis (r_{eis}) die de sector hanteert, dan geldt dat een techniek economisch aantrekkelijk is.

Deze rekenwijze leidt echter tot een alles of niets situatie: alle bedrijven binnen een sector adopteren de techniek of wijzen de techniek af. Dit zou geen goede beschrijving opleveren van de praktijk, waarin technieken over het algemeen slechts door een deel van een sector geadopteerd worden. Een verklaring hiervoor is dat ook bedrijven in één sector op veel gebieden van elkaar kunnen verschillen, zoals bijvoorbeeld toegang tot informatie en kapitaalmarkten, solvabiliteit, specifieke energieprijzen, etc.. Om de heterogeniteit van een sector in het model tot uitdrukking te laten komen is gebruik gemaakt van informatie uit onderzoek van Ecofys (De

Beer, 2000). Daarin is voor de industrie vastgesteld welk deel van de bedrijven bereid is op economische gronden een maatregel met een bepaalde terugverdientijd te implementeren. In figuur 2.1 zijn de resultaten weergegeven.



Figuur 2.1: Aandeel bedrijven dat bereid is maatregel bij gegeven terugverdientijd (in jaren) te implementeren (gehele industrie)

Om van de informatie uit het onderzoek van de Vrije Universiteit gebruik te kunnen maken wordt de in MEI-Energie berekende NCW vertaald naar terugverdientijd¹. Het bijbehorende aandeel 'bereidwillige' bedrijven wordt in MEI-Energie gelijkgesteld aan $P_{\max, \text{econ.}}$ (zie figuur 1.1)

Een andere wijze waarop in MEI-Energie heterogeniteit van een sector tot uiting komt is dat het onderscheid maakt tussen grote en kleine bedrijven. De daarbij gehanteerde grens is 20 werknemers. Dit onderscheid heeft effect op de hoogte van de specifieke kosten² van technieken, op de energieprijzen en op de inzet van financiële beleidsinstrumenten, en daarmee op de NCW-berekening. Investerings-, exploitatiekosten en energieprijzen van grote bedrijven zijn door schaalgrootte-effecten in de praktijk vaak lager dan van kleine bedrijven. Ook de inzet van financiële beleidsinstrumenten kan afhankelijk zijn van de grootte van het bedrijf (eigenlijk: van de hoeveelheid energiegebruik). Zo geldt de regulerende energiebelasting (REB³) alleen voor de kleinverbruikers.

Elke techniek wordt in MEI-Energie in feite verdeeld in een techniek voor grote en één voor kleine bedrijven, elk met zijn eigen specifieke kosten. Het quotiënt van de specifieke kosten

¹ Bij een gegeven levensduur ligt dit verband vast. Bij een levensduur van bijvoorbeeld 15 jaar correspondeert een r_{techniek} van 5% met een TVT van 10,4 jaar, een rentevoet van 15% met 5,8 jaar en een rentevoet van 50% met 2 jaar. De levensduur van technieken is in Icarus gedefinieerd.

² Kosten per bespaarde eenheid energie.

³ De Regulerende Energiebelasting (REB) is een belasting op energiedragers, zoals gas en elektriciteit. De belastingvrije voet is respectievelijk 800 kWh elektriciteit en 800 m³ gas en de bovengrens is 10 miljoen kWh elektriciteit en 1 miljoen m³ gas (1999).

van kleine resp. grote bedrijven staat in MEI-Energie in een door een techniekspecifieke schaalfactor α bepaalde verhouding tot het quotiënt van het gemiddelde energiegebruik van kleine resp. grote bedrijven. Daarbij is de som van de energiegewogen specifieke kosten van kleine en grote bedrijven gelijk aan de specifieke kosten zoals ze in ICARUS voor de desbetreffende techniek zijn gedefinieerd. De gebruikte formules worden hieronder gegeven.

$$\frac{k_k}{k_g} = \left(\frac{E_k}{N_k} \right)^{\alpha-1} \left(\frac{E_g}{N_g} \right)^{\alpha-1} \quad \text{ofwel} \quad \frac{k_k}{k_g} = \left(\frac{\bar{E}_k}{\bar{E}_g} \right)^{\alpha-1}$$

en

$$\overline{k_{icarus}} = k_k \times \left(\frac{E_k}{E_{tot}} \right) + k_g \times \left(\frac{E_g}{E_{tot}} \right)$$

substitutie van k_k door $k_g \left(\frac{\bar{E}_k}{\bar{E}_g} \right)^{\alpha-1}$ geeft

$$k_g = \frac{\overline{k_{icarus}}}{\left(\frac{E_g}{E_{tot}} \right) + \left(\frac{E_k}{E_{tot}} \right) \times \left(\frac{\bar{E}_k}{\bar{E}_g} \right)^{\alpha-1}}$$

substitutie van k_g door $k_k \left(\frac{\bar{E}_g}{\bar{E}_k} \right)^{\alpha-1}$ geeft

$$k_k = \frac{\overline{k_{icarus}}}{\left(\frac{E_k}{E_{tot}} \right) + \left(\frac{E_g}{E_{tot}} \right) \times \left(\frac{\bar{E}_g}{\bar{E}_k} \right)^{\alpha-1}}$$

$k_{(k,g)}$	specifieke kosten van een techniek voor kleine resp. grote bedrijven (geldt voor zowel investeringen als exploitatiekosten)
E_k	energiegebruik alle kleine bedrijven in een sector
E_g	energiegebruik alle grote bedrijven in een sector
E_{tot}	totaal energiegebruik van een sector
N_k	aantal kleine bedrijven in een sector
N_g	aantal grote bedrijven in een sector
α	schaalfactor (techniekafhankelijke variabele, zie tabel 2.1)
k_{icarus}	gemiddelde specifieke kosten van een techniek, zoals genoemd in ICARUS
\bar{E}_k	gemiddeld energiegebruik van kleine bedrijven
\bar{E}_g	gemiddeld energiegebruik van grote bedrijven

De techniek specifieke schaalfactor α geeft uitdrukking aan de mate waarin schaalgrootte invloed heeft op de specifieke kosten van een techniek. Een waarde van 1 zou betekenen dat schaalgrootte geen invloed heeft op de specifieke kosten, dat wil zeggen ze zijn voor grote en kleine bedrijven gelijk. Een schaalfactor van 0,5 betekent daarentegen dat de specifieke kosten sterk beïnvloed worden door de gemiddelde schaalgrootte van bedrijven. Bijvoorbeeld: in het geval dat grote bedrijven een gemiddeld tien keer zo groot energiegebruik hebben als kleine bedrijven⁴ betekent een schaalfactor van 0,5 dat de specifieke kosten van grote bedrijven circa 3 maal zo laag zijn als voor kleine bedrijven.

In ICARUS zijn de technieken in 17 categorieën ingedeeld (een zogenaamde taxonomie). Voor elk van deze categorieën is op basis van expert-judgement⁵ een waarde voor α bepaald (tabel 2.1).

Tabel 2.1: Taxonomie van technieken in ICARUS en bijbehorende schaalfactor

ICARUS-TAXONOMIE	α = SCHAALFACTOR
1 Good housekeeping	0,5
2 Process control and management	0,5
3 Reduction of heat losses through surfaces	0,9
4 Heat recovery	0,9
5 Process integration	0,7
6 Energy recovery other than heat	0,7
7 Improved lighting systems	0,9
8 Reduction of friction losses during movement	0,7
9 More efficient conversion of electricity into movement	0,7
10 New process technologies	0,7
11 More efficient furnaces and burners	0,7
12 More efficient conversion of fuel into power	0,7
13 CHP	0,7
14 Heat upgrading	0,7
15 Renewable energy + heat recovery	0,7
16 Material options	0,9
17 Fuel shift	0,7

Met de NCW-bepaling en de verdelingscurve in figuur 2.1 wordt de maximale penetratiegraad ($P_{\max, \text{econ.}}$) voor grote en kleine bedrijven op basis van economische grondslagen vastgelegd. Deze berekening wordt voor alle jaren tussen het basisjaar (1995) en het zichtjaar uitgevoerd. Dit betekent dat als in een tussenjaar de energieprijzen of de financiële beleidsinstrumenten veranderen⁶, ook de maximale penetratiegraad verandert.

⁴ Deze verhouding is uiteraard per sector verschillend.

⁵ K. Blok (Universiteit Utrecht, NW&S).

⁶ De overige parameters in de NCW-berekening liggen voor de hele periode vast.

Zoals uit de formule blijkt wordt de invloed van financiële beleidsinstrumenten zoals subsidies heffingen direct in de NCW verdisconteerd. Om de effecten van CO₂-handel te kunnen doorrekenen moet vooralsnog een inschatting worden gemaakt van de ontwikkeling van de prijs van emissierechten, omdat MEI-Energie (nog) geen endogene prijsbepaling van emissierechten bevat. Deze prijs bepaalt welke maatregelen (tot welke maximale terugverdientijd) bedrijven zelf nog zullen willen treffen. Een mogelijke benadering is om het kopen van emissierechten als maatregel in het ICARUS-bestand op te nemen⁷. Het verkopen van emissierechten kan mogelijk gesimuleerd worden door de inkomsten als extra baten in de NCW-berekening mee te nemen (paragraaf 2.1). Een complicerende factor is dat verkoop van rechten alleen kan plaatsvinden voor zover bedrijven hun allocatie onderschrijden⁸. Dat wil zeggen dat de extra baten alleen betrekking hebben op maatregelen die bijdragen aan deze onderschrijding. De allocatie per sector zal dus bekend moeten zijn. De exacte uitwerking dient echter nog plaats te vinden.

2.2 Gebruik en herkomst van gegevens

Een groot gedeelte van de informatie die nodig is voor de NCW-berekening wordt gegeven in ICARUS. Ten eerste geeft ICARUS per techniek een kwantificering van de investeringen en exploitatiekosten. Het betreft hier de *extra kosten* van een techniek ten opzichte van het traditionele alternatief. Ten tweede wordt de met de techniek te realiseren energiebesparing (in procenten) gegeven. Met behulp van energieprijzen zijn vervolgens de financiële besparingen te berekenen.

De gebruikte energieprijzen zijn afkomstig uit de Energiemonitor van het CBS (voorheen: Nederlandse Energiehuishouding, NEH). In MEI-Energie worden 4 energieprijzen onderscheiden, namelijk die van elektriciteit en die van fossiele brandstof, beide voor zowel grote als kleine bedrijven. De NEH geeft ook de verdeling in grote en kleine bedrijven per sector en het bijbehorende energiegebruik aan. De grens hierbij is zoals gezegd 20 werknemers.

⁷ Het gaat dan om een maatregel waar alleen kosten aan verbonden zijn en waar geen besparingen tegenover staan.

⁸ Dat wil zeggen: minder uitstoten dan zij op grond van het aantal toegewezen emissierechten mogen doen.

3 Bedrijfseigenheid en drijvende krachten

In hoofdstuk 2 is beschreven hoe de vaststelling van het bedrijfseconomische besparingspotentieel $P_{\max, \text{econ}}$ in MEI-Energie plaatsvindt. Paragraaf 3.1 gaat in op de ‘negatieve’ invloed die een laag aandeel van de energiekosten in de totale kosten heeft op de aandacht die bedrijven hebben voor het thema energiebesparing. Paragraaf 3.2 behandelt en kwantificeert de niet-financiële prikkels die een belangrijke positieve invloed kunnen hebben op de afweging om al dan niet in energiebesparende technieken te investeren. Deze prikkels komen samen in 7 drijvende krachten.

3.1 Bedrijfseigenheid

De term bedrijfseigenheid staat voor de mate waarin energiebesparing voor bedrijven van betekenis is om de totale productiekosten te reduceren. De achterliggende redenering is dat hoe groter het aandeel van de energiekosten in de totale productiekosten is, hoe groter de prioriteit is die bedrijven aan energiebesparing geven (en vice versa). Een illustratie uit Elzenga (2000):

“Energiebesparingsmaatregelen worden dan ook beoordeeld op hun bijdrage tot de winst (vgl. Gillissen et al. 1995:89; Velthuisen 1995:155). De mate waarin energiekosten deel uit maken van de totale productiekosten speelt hierbij een belangrijke rol (vgl. De Groot et al. 1999-I:9-10). Zo heeft energiebesparing in de kunststofverwerkende industrie alleen prioriteit bij bedrijven met een energierekening van 0,5 miljoen gulden of hoger (Juijn 1998-I:18). In de glasindustrie vormen de energiekosten ruwweg 8 tot 10% van de productiekosten. Gezien de harde concurrentie en kleine winstmarges, zijn (energie) kostenbesparingen van belang (Phillipens 1998: 20-21).”

Berekening en doorwerking van de ‘bedrijfseigenheid’

De bedrijfseigenheid is in MEI-Energie gedefinieerd als de mate waarin energiekosten een rol spelen in de totale productiekosten van een sector. Hierbij wordt de industriële sector met de hoogste relatieve energiekosten – de petrochemische industrie – als referentie genomen⁹. Dat wil zeggen dat de bedrijfseigenheid van deze sector op 100% worden gesteld, en alle andere sectoren hieraan – op basis van evenredigheid – worden gerelateerd (tabel 3.1). Dit is een eerste werkhypothese voor het model – die niet op empirie berust – en die speciale aandacht zal krijgen bij de toetsing van het model (hoofdstuk 5).

Na de berekening van de maximale implementatiegraad van een maatregel op basis van bedrijfseconomisch criteria ($P_{\max, \text{econ}}$), volgt een neerwaartse aanpassing van het maximum met een percentage corresponderend met de mate van bedrijfseigenheid (P'_{\max} in figuur 1.1). De gegevens met betrekking tot het aandeel van de energiekosten ten opzichte van de totale productiekosten zijn afkomstig van het CBS.

⁹ Hierbij wordt alleen het gebruik van energiedragers voor energetische doeleinden – en dus niet het gebruik als grondstof – in beschouwing genomen.

Tabel 3.1: *Bedrijfseigenheid op basis van kosten van energiegebruik ten opzichte van de totale productiekosten*

	KOSTEN ENERGIEGEBRUIK T.O.V. TOTALE KOSTEN (%)	FACTOR (BEDRIJFSEIGENHEID PETROCHEMIE=100)	NEERWAARDSE AANPAS- SING VAN $P_{MAX,ECON}$
Verwerking van tabak	0,7	6%	94%
koffiebranderijen en theepakkerijen	0,8	7%	93%
Slachterijen en vleesverwerking	1,0	9%	91%
Zuivelproducten	1,2	10%	90%
Dranken	1,4	12%	88%
Overige voedingsmiddelen	1,9	16%	84%
Veevoeder	2,4	21%	79%
Groente- en fruitverwerking	2,8	24%	76%
Textiel, kleding en leer	2,2	19%	81%
Hout en houtwaren	2,1	18%	82%
Papier en karton	4,3	37%	63%
Uitgeverijen en drukkerijen	1,2	10%	90%
Aardolie- en steenkoolverwerking	8	68%	32%
Chemie eindproducten	1,6	14%	86%
Chemie basis	3,6	31%	69%
Chemie anorganisch	6,3	54%	46%
Kunstmest	3,3	28%	72%
Petrochemie	11,7	100%	0%
Rubber en kunststofverwerking	2,6	22%	78%
Bouwmaterialen	4,8	41%	59%
Basismetaal	6,1	52%	48%
Metaalproducten	1,5	13%	87%
Overige industrie	1,5	13%	87%

3.2 Drijvende krachten

Drijvende krachten

Naast bedrijfseconomische factoren (NCW-berekening) en de prioriteit die ondernemers geven aan kostenreductie door energiebesparing (bedrijfseigenheid), spelen in MEI-Energie zeven andere krachten een belangrijke rol bij de berekening van de penetratie van technieken. Deze zogenaamde drijvende krachten worden benoemd en omschreven in tabel 3.2.

Tabel 3.2: Definities van drijvende krachten in MEI-Energie

ZIE PAR.	DRIJVENDE KRACHT	OMSCHRIJVING
§ 3.2.1	Beleidsdruk	De druk die door de overheid, middels het stellen en handhaven van gedragsnormen of taakstellingen, wordt uitgeoefend op (de bedrijven in) een sector om de energie-efficiëntie van de bedrijfsvoering te verbeteren.
§ 3.2.2	Complexiteit van de techniek	De mate waarin er technische belemmeringen zijn om een bepaalde techniek te implementeren en operationeel te houden.
§ 3.2.3	Financieel-economische druk	De mate waarin de sector over de financiële mogelijkheden beschikt om te investeren in energiebesparende technieken
§ 3.2.4	Marktdruk	De mate waarin er sprake is van gericht productbeleid om energiezuinige producten te ontwerpen.
§ 3.2.5	Kennisniveau	De mate waarin de sector beschikt over kennis op het gebied van energiebesparingstechnieken.
§ 3.2.6	Maatschappelijke druk	De mate van druk die niet-marktpartijen (zoals milieubeweging, onderzoeksinstituten, aandeelhouders, het publiek, media) op (bedrijven in) een sector uitoefenen om tot energiebesparing over te gaan.
§ 3.2.7	Opstelling van de sector t.a.v. milieu en energie	De mate van intrinsieke bereidwilligheid die bij een sector kan worden verwacht om energiebesparende maatregelen te treffen.

De drijvende krachten hebben alle een waarde tussen 0 tot 10. Via een weging hebben de krachten in meer of mindere mate invloed op de maximale penetratiegraad en -snelheid van technieken. Hoe hoger de krachten, hoe hoger de maximaal potentiële implementatie van besparingsmaatregelen en hoe sneller ze penetreren. Argumenten om te komen tot deze afbakening en samenstelling van drijvende krachten zijn terug te vinden in voorgaande publicaties (Elzenga, 2000; Van Wijk, febr. 2001 en sept. 2001). In dit rapport wordt volstaan met een definitie van de krachten, de wijze waarop ze in MEI-Energie berekend worden, en de manier waarop de krachten de penetratiecurve van technieken beïnvloeden.

Beleidsinstrumenten

Een belangrijke rol bij de kwantificering van de drijvende krachten is weggelegd voor beleidsinstrumenten. Beleid heeft niet alleen invloed op de drijvende kracht beleidsdruk, maar ook op marktdruk, kennisniveau, opstelling van de sector en maatschappelijke druk. Beleidsinstrumenten hebben elk hun eigen kenmerken waardoor ze het besluitvormingsproces elk op een andere manier zullen beïnvloeden (Van Wijk, 2001 a, b en c). Om deze ongelijksoortige doorwerking van beleidsinstrumenten in het besluitvormingsproces inzichtelijk te maken, zijn tien instrumentken-

merken onderscheiden (zie tabel 3.3). De invloed die een beleidsinstrument heeft op de genoemde drijvende krachten wordt bepaald door de mate waarin de kenmerken bij het desbetreffende instrument een rol spelen. Daartoe wordt elk beleidsinstrument op deze kenmerken gescoord.

Tabel 3.3: Definities van instrumentkenmerken in MEI-Energie

INSTRUMENTKENMERK	OMSCHRIJVING
Unilateraal versus multilateraal	De mate van betrokkenheid van (bedrijven binnen) de sector bij de vormgeving van het beleidsinstrument.
Dwingendheid	De mate waarin de voorgeschreven gedragsnorm de handelingsvrijheid van bedrijven binnen een sector beperkt.
Rechtvaardigheid	De mate waarin de gedragsnorm het principe 'gelijke monniken, gelijke kappen' in nationaal en internationaal verband representeert.
Geven/onttrekken van hulpbronnen (kennis, financiële middelen)	De mate waarin bedrijven binnen een sector financieel en/of inhoudelijk worden gesteund in het naleven van de voorgeschreven gedragsnorm.
Handhaafbaarheid	De mate waarin (niet-)naleving van deze gedragsnorm door bedrijven in een sector controleerbaar is voor de handhaver van het instrument.
Reikwijdte	De gerichtheid van de gedragsnorm: alléén energiebesparing of ook andere thema's zoals dematerialisatie (verminderd grondstoffen- of materiaalgebruik).
Hardheid (Juridische binding)	De mate waarin bedrijven in een sector worden gestraft wanneer de (gedrags)norm niet of onvoldoende wordt nageleefd.
Uitvoerings- en handhavingsniveau	De mate waarin bedrijven in een sector worden aangesproken op hun (niet-)nalevingsgedrag door het bevoegd gezag.
Afstand tot doel	Afstand van huidige energie-efficiency tot taakstelling (ambitieniveau).
Toepassingsbereik	De mate waarin het beleidsinstrument met zijn gedragsnorm van toepassing is voor de bedrijven binnen een sector.

De mate waarin de instrumentkenmerken invloed hebben op de drijvende krachten is voor alle drijvende krachten verschillend. Dit wordt uitgebreid toegelicht in Van Wijk (febr. 2001, sept. 2001 en okt. 2001). Hier wordt volstaan met de samenvatting in tabel 3.4.

Tabel 3.4: De invloed van instrumentkenmerken op drijvende krachten (+ = invloed ++ = veel invloed)

Kenmerken	DRIJVENDE KRACHTEN						
	Beleidsdruk	Complexiteit van de techniek	Financieel-economische druk	Markt-druk	Kennis-niveau	Maatschappelijke druk	Opstelling sector
Multi- of unilateraal							++
Dwingendheid	++						+
Rechtvaardigheid			+				++
Hulpbronnen financieel							+
Hulpbronnen maatregelkennis					++		
Handhaafbaarheid	++						
Reikwijdte	+			+			
Hardheid	+						
Niveau uitvoering en handhaving	++				+		
Afstand tot doel							+

In de navolgende paragrafen wordt stapsgewijs de kwantificering van de drijvende krachten op basis van informatie over omgeving, sector, beleid en techniek besproken.

3.2.1 Drijvende kracht: beleidsdruk

Beleidsdruk is de druk die door de overheid, middels het stellen en controleren van gedragsnormen en taakstellingen, op bedrijven wordt uitgeoefend om deze tot energiebesparend gedrag aan te zetten. Omdat subsidies en heffingen geen kwantitatieve reductiedoelstelling kennen werken deze niet door op de drijvende kracht beleidsdruk. Deze instrumenten hebben wel invloed op de NCW-berekening (paragraaf 2.1), het kennisniveau (3.2.5) en de opstelling van de sector (3.2.7).

De overheid zet meestal een mix van instrumenten in (zie tabel 3.5), elk met zijn eigen toepassingsbereik. Het toepassingsbereik van een beleidsinstrument is gedefinieerd als het percentage van het energiegebruik van een sector dat middels dat instrument wordt geadresseerd. Daarbij worden twee clusters onderscheiden:

- Cluster A: met 'niet-financiële beleidsinstrumenten, zoals Benchmarking, 1^e en 2^e generatie Meerjarenaafspraken (MJA-1 en MJA-2), concernvergunning, vergunning op maat en vergunning op hoofdlijnen.
- Cluster B: verhandelbare emissierechten.

Cluster A en cluster B zijn in MEI-Energie complementair. Dat wil zeggen dat een bedrijf kan vallen onder cluster A of onder cluster B, maar niet onder beide tegelijk¹⁰. De som van het toepassingsbereik (op sectorniveau) van de clusters A en B is in alle gevallen gelijk aan 100%. Dit geldt ook voor de toepassingsbereiken van de beleidsinstrumenten binnen een cluster.

De vertaling van beleidsinstrumenten naar beleidsdruk wordt gemaakt door per instrument de instrumentkenmerken te scoren; vervolgens worden de scores van de kenmerken onderling gewogen en opgeteld. De beleidsdruk wordt genormeerd tot een waarde tussen 0 en 10. Sommige kenmerken kunnen door de gebruiker worden gescoord, andere liggen vast. Tabel 3.5 geeft een overzicht van de scores op instrumentkenmerken en de weegfactoren. Kenmerken met de waarden '0 of 5' en '1 t/m 5' kunnen door de gebruiker worden gescoord.

Tenslotte wordt nog opgemerkt dat er in MEI-Energie alleen beleidsdruk is zolang er nog een afstand tot het doel is. Dat wil zeggen dat er een doelstelling moet zijn, en dat die doelstelling nog niet gerealiseerd is. Wordt binnen een simulatieperiode (bijvoorbeeld 1995-2010) de doelstelling van het dominante beleidsinstrument gehaald, dan valt vanaf dat moment de drijvende kracht beleidsdruk weg uit het krachten spel. De overige krachten blijven wel van invloed.

¹⁰ Dit is een keuze die om modeltechnische redenen is gemaakt. In de praktijk zal er een groep bedrijven zijn die onder zowel Benchmarking als Europese emissiehandel komt te vallen.

Tabel 3.5: (Mogelijke) scores van beleidsinstrumenten op kenmerken en weging van kenmerken in de drijvende kracht beleidsdruk

CLUSTER	KENMERKEN	REIKWIJDTE	DWINGENDHEID	HAND-HAAFBAARHEID	HARDHEID	NIVEAU VAN UITVOERING EN HANDHAVING
	<i>Weging kenmerk in beleidsdruk :</i>	1	2	2	2	3
A	Benchmarking	0 of 5	4	2	1 t/m 5	1 t/m 5
	MJA-1	5	2	2	1 t/m 5	1 t/m 5
	MJA-2	0 of 5	3	3	1 t/m 5	1 t/m 5
	Concernvergunning	0	4	3	5	1 t/m 5
	Vergunning op maat	0	5	5	5	1 t/m 5
	Vergunning op hoofdlijnen	0	4	3	5	1 t/m 5
B	Verhandelbare emissierechten	0	4	2	1 t/m 5	1 t/m 5

De beleidsdruk is dan gelijk aan:

$$DK(BD) = TB(A) \times BD(A) + (1 - TB(A)) \times BD(B)$$

TB(A) = toepassingsbereik cluster A

BD(i) = beleidsdruk cluster i; i is A of B

3.2.2 Drijvende kracht: complexiteit van de techniek

Complexiteit van een techniek is gedefinieerd als de mate waarin er voor een energiebesparende maatregel technische belemmeringen gelden om deze te implementeren en operationeel te houden. Hoe hoger de complexiteit hoe trager de implementatie verloopt.

In MEI-Energie wordt een maximale complexiteit voorgesteld door een minimale waarde voor de drijvende kracht, en vice versa.

De formule luidt:

$$DK(Compl) = (3 - C - S - I) \times \frac{10}{3}$$

- C** Heeft de techniek betrekking op 'het core productieproces' of niet, met andere woorden is de techniek een essentieel onderdeel van het primaire productieproces van het bedrijf. ICARUS geeft voor elke techniek aan of dit al dan niet het geval is: ja = core (1) en nee = niet core (0);
- S** Betreft het een techniek die standaard is (op de plank ligt) of een niet-standaard 'tailor-made' techniek. Ook hier is alleen een ja = standaard (0) en een nee = niet-standaard (1) antwoord mogelijk. ICARUS geeft dit per techniek aan;

I De inbreuk die de plaatsing van de techniek heeft op het productieproces. ICARUS onderscheidt hierin drie mogelijkheden: productie kan tijdens plaatsing doorgaan (0), plaatsing kan tijdens onderhoud (1/2) of de productie moet langere tijd worden stilgelegd (1).

Deze drijvende kracht wordt voor elke techniek apart berekend. De overige drijvende krachten gelden voor de hele sector.

3.2.3 Drijvende kracht: financieel-economische druk

Deze kracht representeert de mate waarin de bedrijfstak beschikt over financiële mogelijkheden om investeringen aan te gaan en bovendien de extra kosten die met energiebesparingen zijn gemoeid kan afwentelen op derden (door de prijs van de producten te verhogen). Hoe groter deze mogelijkheden zijn, hoe hoger de waarde van deze kracht.

Financiële mogelijkheden (= investeringsruimte = IR)

Verondersteld is dat de rentabiliteit over het totale vermogen (RTV) en solvabiliteit (Solv.) ieder in gelijke mate bijdragen aan de investeringsruimte van de sector.

$$IR = \frac{RTV + Solv.}{2}$$

Gegevens van de rentabiliteit en solvabiliteit zijn voor de meeste sectoren afkomstig uit Statistieken Financiën van Ondernemingen (CBS). Voor sommige sectoren moet een schatting worden gemaakt. Beide kentallen hebben een waarde tussen 0 en 1.

Afwentelbaarheid

De afwentelbaarheid (AW) is een functie van exportquote, prijselasticiteit van de vraag, en de mate waarin het vigerende nationale energiebeleid rechtvaardig is ten opzichte van nationale concurrenten en internationale concurrenten.

$$AW = PE \times ((1 - EQ) \times RV_{bi} + EQ \times RV_{bu})$$

EQ exportquote (bekend uit CBS-statistieken), getal tussen 0 en 1;

PE prijselasticiteit van de vraag (1=hoog, 2=gemiddeld, 3=laag);

RV_{bi} rechtvaardigheid beleid binnenland, een instrumentkenmerk dat door de gebruiker gescoord wordt (nee = 0, ja = 1);

RV_{bu} rechtvaardigheid beleid buitenland, een instrumentkenmerk dat door de gebruiker gescoord wordt (nee = 0, ja = 1).

De werking van de formule is:

- Indien een bedrijf/sector moet gaan investeren en alle andere bedrijven in Nederland en buitenland niet (RV-bi en -bu hebben waarde '0') dan kan de betreffende producent niet afwentelen op de prijs. In de formule is de term AW gelijk aan nul.

- Een hoge prijselasticiteit (PE) leidt tot een lage afwentelbaarheid en vice versa: daarom krijgen een hoge, gemiddelde en lage elasticiteit respectievelijk de waarde 1, 2 en 3.

In onderstaande formule voor de berekening van de financieel-economische druk worden de investeringsruimte en de afwentelbaarheid met elkaar gecombineerd. De veronderstelling is dat beide aspecten een gelijke invloed hebben op de kracht financieel-economische druk:

$$DK(FED) = 5 \times (IR + AW) = 5 \times \left(\frac{(RTV + SOLV.)}{2} + \frac{PE \times ((1 - EQ) \times RV_{bi} + EQ \times RV_{bu})}{3} \right)$$

3.2.4 Drijvende kracht: marktdruk

De drijvende kracht marktdruk wordt bepaald door de mate waarin er sprake is van gericht productbeleid (PB) om energiezuinige producten te ontwerpen. Geredeneerd is dat er een positieve relatie is tussen dergelijk productbeleid en de energie-efficiëntie van het productieproces¹¹.

$$DK(MD) = PB$$

Mogelijke waarden die door de modelgebruiker kunnen worden ingevuld zijn: ‘niet’, ‘weinig’, ‘matig’, ‘uitgebreid’ en ‘zeer uitgebreid’. Deze scores komen overeen met drijvende krachtwaarden 0, 2½, 5, 7½ en 10.

3.2.5 Drijvende kracht: kennisniveau

Het kennisniveau van de sector is een maat voor de kennis die in de sector aanwezig is op het gebied van energiebesparende opties.

Het kennisniveau in MEI-Energie wordt bepaald door 4 factoren, te weten: het aantal bedrijven in de sector (AB), de energie-intensiteit (EI), de mate waarin kennis in de sector geïnstitutionaliseerd is (I), en de mate waarin beleidsinvloeden bijdragen aan het kennisniveau (B). De mate waarin kennis geïnstitutionaliseerd is, is in MEI-Energie sterk dominant boven de andere drie factoren:

$$DK = 2,5 \times \left(I + \frac{AB \times EI \times \left(\frac{B}{5} + 1 \right)}{13} + \frac{12}{13} \right) - 5$$

¹¹ De vraag of dit in de praktijk altijd zo is verdient echter meer aandacht, want waarschijnlijk zijn er ook voorbeelden te vinden waarin de productie van energiezuinige producten juist meer energie kost.

I: Institutionaliseren van kennis

Deze variabele wordt ingeschat door de modelgebruiker. De keuzemogelijkheden zijn laag – matig – hoog, overeenkomend met de waarden 1 – 2 – 3. Aspecten waar aan gedacht kan worden: het aantal milieu- en/of energiecoördinatoren en milieuzorgsystemen in de sector, de mate van R&D-activiteiten en de aan- of afwezigheid van op de sector gerichte kennisinstituten.

AB: Aantal bedrijven

Op basis van CBS-statistieken wordt het aantal bedrijven uitgedrukt op een 3-puntsschaal: weinig – gemiddeld – veel (in te vullen als 1 – 2 – 3).

EI: Energie-intensiteit

Uit de Nederlandse Energiehuishouding (CBS) is op basis van het energieverbruik en de productiewaarde de energie-intensiteit af te leiden. Deze wordt vervolgens uitgedrukt op een 3-puntsschaal: extensief – gemiddeld – intensief (in te vullen als 1 – 2 – 3).

B: De beleidsinvloed

De invloed van het beleid op het kennisniveau wordt bepaald door de beleidsinstrumentkenmerken ‘hulpbronnen maatregelkennis’ en ‘uitvoerings- en handavingsniveau’ (zie tabel 3.4). De scores van het eerstgenoemde kenmerk zijn in het model vastgelegd, terwijl uitvoerings- en handavingsniveau door de gebruiker op een 5-puntsschaal (van ‘zeer laag’ tot ‘zeer hoog’, overeenkomend met de waarden 1 t/m 5) dient te worden gescoord. In tabel 3.6 zijn de scores en scoremogelijkheden voor de verschillende beleidsinstrumenten en de weging van beide kenmerken weergegeven.

Tabel 3.6: Instrumenten, scores op kenmerken, en doorwerking daarvan in de drijvende kracht ‘kennisniveau’

INSTRUMENTEN KENMERK	TOEPASSINGS- BEREIK (TB)	HULPBRON MAATREGEL -KENNIS	NIVEAU VAN UITVOERING EN HANDHAVING (UH)
<i>Weging kenmerk in drijvende kracht:</i>		2	1
MJA eerste generatie	%	4	1 t/m 5
MJA tweede generatie	%	4	1 t/m 5
Vergunning op Maat	%	2	1 t/m 5
Subsidies en fiscale stimulering	%	5	5

B wordt dan:

$$B = (TB \times 2 \times HM + UH)_{MJA1} + (TB \times 2 \times HM + UH)_{MJA2} + (TB \times 2 \times HM + UH)_{VOM} + (TB \times 2 \times HM + UH)_{Subs} \Rightarrow$$

$$B = TB_{MJA1} \times (2 \times 4 + UH) + TB_{MJA2} \times (2 \times 4 + UH) + TB_{VOM} \times (2 \times 2 + UH) + TB_{Subs} \times (2 \times 5 + 5)$$

met

TB= toepassingsbereik

HM= hulpbronmaatregellennis

UH= mate van uitvoeringen handhaving

Noot: het toepassingsbereik van subsidies heeft betrekking op dat deel van de sector (op basis van energiegebruik) dat feitelijk subsidie ontvangt. In een situatie dat een subsidieregeling wel beschikbaar is, maar niet wordt aangesproken door een sector, draagt ze niet bij aan kennisopbouw.

3.2.6 Drijvende kracht: maatschappelijke druk

Dit is de druk die niet-marktpartijen – zoals milieubeweging, onderzoeksinstituten, aandeelhouders, het publiek en de media – op bedrijven in een sector uitoefenen om energie te besparen. De berekening van de maatschappelijke druk verloopt als volgt:

$$DK(\text{maatschappelijke druk}) = DK(\text{MijD}) = \frac{10}{0,72} \times \left(\left(\frac{KB}{5} + \left(1,0 - \frac{KB}{5} \right) \times 0,5 \times \frac{PK}{5} \right) - 0,28 \right)$$

KB Klimaatbewustzijn in de samenleving, door de gebruiker in te vullen op een 5-puntschaal (van ‘zeer laag’ tot ‘zeer hoog’, corresponderend met 1 t/m 5).

PK Mate waarin de overheid de maatschappij informeert over de klimaatproblematiek, door de gebruiker in te vullen op een 5-puntschaal (van ‘niet’ tot ‘zeer uitgebreid’, corresponderend met 1 t/m 5);

De formule is zo geconstrueerd dat als het klimaatbewustzijn in de samenleving maximaal is, de drijvende kracht de waarde 10 krijgt (ongeacht de waarde van PK). Is daarentegen KB minimaal (‘zeer laag’) dan kan de drijvende kracht onder invloed van PK hoogstens de waarde 4,4 krijgen.

3.2.7 Opstelling ten aanzien van milieu- en energieproblematiek

Deze opstelling weerspiegelt de mate van bereidwilligheid die bij een sector kan worden verwacht om energiebesparende maatregelen te treffen. Hoe positiever de opstelling, hoe hoger de maximale penetratiegraad en hoe sneller de penetratie van technieken verloopt (en vice versa).

De gebruiker kan in MEI-Energie kiezen uit twee benaderingswijzen voor de berekening van deze drijvende kracht. De reden hiervoor is dat er een theorie bestaat die aangeeft dat de opstelling van de sector enkel en alleen afhankelijk is van het gevoerde beleid, maar ook één die er van uitgaat dat een sector tevens beschikt over een intrinsieke opstelling.

De modelgebruiker kan bij de vraag ‘wordt de opstelling louter door het beleid veroorzaakt? (ja/nee)’ aangeven welke theorie volgens hem of haar van toepassing is. Is het antwoord ‘nee’, dan speelt dus zowel het beleid als de intrinsieke opstelling een rol:

$$DK(OS) = \frac{DK_{\text{opstelling, beleidsgestuurd}} + (5 \times (IO - 1))}{3}$$

- $DK_{\text{opstelling, beleidsgestuurd}}$ opstelling van de sector ten gevolge van de ingezette beleidsmix (waarde tussen 0 en 10);
- IO intrinsieke opstelling van een sector ten aanzien van milieu- en energie-vraagstukken (score op een 5-puntsschaal, van ‘zeer negatief’ tot ‘zeer positief’, corresponderend met 1 t/m 5);

Als het antwoord ‘ja’ is, dan is $DK(OS)$ gelijk aan $DK_{\text{opstelling, beleidsgestuurd}}$. Deze wordt bepaald door de mix van instrumenten met bijbehorende instrumentkenmerken. De formule is:

$$DK_{\text{opstelling, beleidsgestuurd}} = \frac{A + B + C + 3}{16} \times 10$$

A, B en C staan achtereenvolgens voor de doorwerking van beleidsinstrumenten met een reductiedoelstelling (A), en van instrumenten zonder doelstelling, te weten subsidies (B) en heffingen (C). De berekening van de parameters A, B en C wordt hieronder toegelicht:

- A. Instrumenten waar een concrete reductiedoelstelling voor bestaat zijn MJA's, Benchmarking, vergunningen en emissiehandel. De instrumentkenmerken die invloed hebben op de opstelling van een sector zijn dwingendheid (negatieve invloed), afstand van het energie-efficiëntieniveau van de sector tot het doel (hoe groter deze afstand, hoe negatiever de invloed op de opstelling), rechtvaardigheid ten opzichte van binnen- en buitenland (positief), openbaarheid (negatief) en uni- of multilateraliteit (multilateraal positief, unilateraal is negatief).

Bij de berekening van de opstelling wordt gebruik gemaakt van de complementariteit van emissiehandel aan de ene kant (cluster B) en de overige instrumenten met beleidsdoel aan de andere kant (cluster A). Er geldt dus dat het toepassingsbereik van cluster A en B samen 100% is. A wordt dan:

$$A = \frac{1}{1,5} \times \left(\begin{aligned} & TB_B \times [(5 - DW) + (5 - dtt) + 2 \times ((RV_{bu} - 1) + (RV_{bi} - 1) + (OH - 1)) + (UM - 1)] \\ & + (1 - TB_B) \times \sum_{i=1}^n (TB_i) \times [(5 - DW) + (5 - dtt) + 2 \times ((RV_{bu} - 1) + (RV_{bi} - 1) + (OH - 1)) + (UM - 1)] \end{aligned} \right)$$

met

TB_B = toepassingsbereik cluster B

TB_i = toepassingsbereik instrument i uit cluster A

DW = dwingenheid; scores tussen 1 en 5

dtt = 'distance to target' ofwel afstand tot doel; scores tussen 1 en 5

RV_{bu} en RV_{bi} = rechtvaardigheid buitenland en binnenland; scores 1 of 2

OH = openbaarheid; scores 1 of 2

UM = uni - of multilateraliteit; scores 1 of 2

De totale score van A ligt tussen 0 en 10.

- B. Naast deze instrumenten beïnvloeden subsidies de opstelling positief, terwijl heffingen op weerstand kunnen rekenen. Gesteld is dat bij subsidiesverlening van 30% of meer, toegepast op de hele sector, de maximale stimulering van de opstelling van de sector wordt bereikt. Het bereik van B ligt dus tussen 0 en 3.

$$B = \text{MIN} \left(3, \frac{1}{10} \times TB_{\text{subsidies}} \times S \right)$$

$TB_{\text{subsidies}}$ = toepassingsbereik (fractie dat van subsidies gebruik maakt)

S = hoogte subsidies (%)

- C. De veronderstelling is dat bij een heffing van 100% op de geldende energieprijzen de maximale negatieve beïnvloeding van een heffing op de opstelling van een sector bereikt is¹².

$$C = -\text{MIN} \left(3, \frac{(3 \times H)}{100} \right)$$

H = heffing (%)

Het bereik van C ligt tussen -3 en 0.

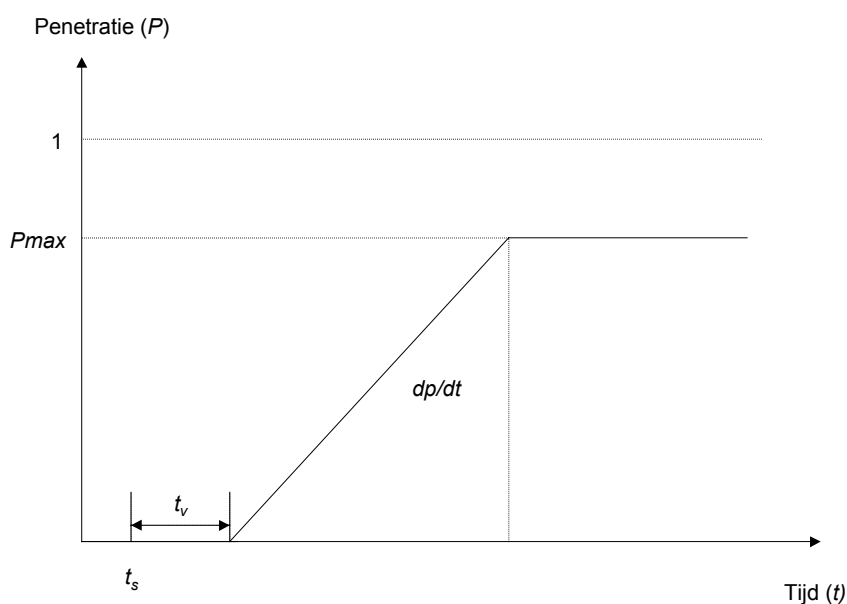
¹² Heffingen worden in MEI-Energie in 4 categorieën gesplitst (gas- en elektriciteitsheffing, beide voor zowel grote als kleine bedrijven). De formule grijpt alleen aan op de gas-heffingen voor grote bedrijven. Bij de $P_{\text{max,econ}}$ berekening worden wel alle categorieën meegenomen.

4 De berekening van de penetratie en besparing van maatregelen

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de in voorgaande hoofdstukken besproken delen van het model met elkaar samenhangen. De economische afweging, de bedrijfseigenheid en de drijvende krachten bepalen gezamenlijk de uiteindelijke waarde voor de verschillende modelparameters waarmee de penetratie van maatregelen uit de ICARUS database wordt berekend.

Figuur 4.1 geeft een gestileerde basispenetratiecurve van individuele technieken weer. De curve bestaat uit 3 afzonderlijke delen. De voorbereidingstijd (t_v) vormt het eerste deel. De voorbereidingstijd is de tijd die verstrijkt vanaf het moment dat een ondernemer onder invloed van een bedrijfseconomische afweging en/of drijvende krachten besluit een bepaalde energiebesparende maatregel te nemen, tot het moment dat deze daadwerkelijk geïmplementeerd is.



Figuur 4.1: Basisdiffusiepad bestaande uit voorbereidingstijd (t_v), snelheid (dp/dt) en stabilisatie (P_{max})

Nadat een techniek voor de eerste maal geïmplementeerd is penetreert deze met een zekere snelheid. Dit is weergegeven in het tweede deel van de curve (dp/dt).

Het derde deel van de curve geeft de stabilisatiefase weer. Dit is de fase waarin de techniek zijn maximale penetratie P_{max} heeft bereikt.

ICARUS onderscheidt drie verschillende typen technieken, elk met een eigen penetratieprofiel. De verschillende typen technieken zijn:

- goodhousekeeping-maatregelen (paragraaf 4.2);
- retrofit-technieken (paragraaf 4.3);
- nieuwe en/of vervangende technieken (paragraaf 4.4).

De van t_v , dp/dt en P_{\max} (voor zover van toepassing bij het desbetreffende type techniek) wordt in navolgende paragrafen toegelicht.

4.2 Goodhousekeeping maatregelen

Maatregelen van het type goodhousekeeping zijn in het algemeen geen technische maatregelen maar gedragsmaatregelen. Deze zijn zonder uitzondering kosteneffectief: ze kosten geen geld (misschien alleen moeite of inspanning), maar leveren wel besparing op in energie en geld. De penetratiegraad wordt via een bepaalde weging bepaald door een aantal drijvende krachten, met name de complexiteit van de maatregel, de opstelling van de sector en de beleidsdruk. De waarde van deze krachten wordt in MEI-Energie vertaald naar een rangewaarde, rw_{ghk} , tevens de penetratiegraad van de maatregel. De formule voor goodhousekeeping maatregelen luidt:

$$P_{\max} = rw_{ghk_t}$$

waarbij

$$rw_{ghk_t} = \frac{2DK_{\text{compl}} + DK_{\text{marktdruk}} + 2DK_{\text{beleidsdruk}} + 3DK_{\text{opstelling}} + DK_{\text{maatschapp.druk}}}{90}$$

Goodhousekeeping-maatregelen hebben in MEI-Energie geen voorbereidingstijd en penetreren momentaan tot de waarde P_{\max} .

4.3 Retrofit-technieken

4.3.1 Voorbereidingstijd van retrofit-technieken

Tussen het moment dat een bedrijf besluit energiebesparende maatregelen te nemen en het moment dat het daadwerkelijk een retrofit-techniek installeert kan een periode van enkele jaren liggen. Die tijd is nodig om zich te oriënteren op de markt, om eventueel het huidige proces aan te passen en om de installatie te installeren. MEI-Energie is weliswaar een sectormodel, maar een oplopende penetratiecurve weerspiegelt in feite individueel ondernemersgedrag en dus afzonderlijke investeringen. Voor elke investering speelt de voorbereidingstijd een rol. De voorbereidingstijd wordt aangestuurd door drijvende krachten die jaarlijks kunnen veranderen. Verondersteld is dat de voorbereidingstijd voor grote bedrijven (tussen 1 en 8 jaar) kleiner is dan voor kleine bedrijven (tussen 2 en 10 jaar). De minimale voorbereidingstijd wordt bereikt als alle drijvende krachten de waarde 10 hebben, de minimale als zij alle de waarde 0 hebben.

De formule waarmee de t_v wordt berekend is:

$$t_v = t_{v \max} + (t_{v \min} - t_{v \max}) \times \frac{\sum_{i=1}^7 (WF(DK_i) \times DK_i)}{150}$$

waarbij :

$t_{v \max}$ = maximale voorbereid ingstijd

$t_{v \min}$ = minimale voorbereid ingstijd

DK_i = waarde drijvende kracht (i)

$WF(DK_i)$ = weegfactor behorend bij drijvende kracht (i)

Tabel 4.1 geeft de weegfactoren van de drijvende krachten.

Tabel 4.1: Weegfactoren van de drijvende krachten voor de berekening van t_v

DRIJVENDE KRACHT	WEEGFACITOR
Beleidsdruk	3
Complexiteit van de techniek	3
Financieel-economische druk	1
Marktdruk	3
Kennisniveau	1
Maatschappelijke druk	2
Opstelling van de sector	2

4.3.2 Penetratiesnelheid van retrofit-technieken

Zelfs retrofit-technieken die economisch gezien zeer aantrekkelijk zijn worden in de praktijk niet in korte tijd door alle bedrijven binnen een sector geïmplementeerd: normaal gesproken duurt dat verscheidene jaren. Onderzoeken geven aan dat onbekendheid van technieken in dat geval de belangrijkste remmende factor is bij adoptieprocessen van retrofit-technieken (Gillissen, 1995; Velthuisen, 1995; De Groot, 2001). Het uitgangspunt dat in MEI-Energie is gehanteerd, is dat bekendheid, voorbereidingstijd en de maximale penetratiegraad van een techniek binnen een sector bepalend zijn voor de snelheid waarmee retrofit-technieken binnen die sector penetreren. Anders gezegd: de penetratie van de techniek ‘volgt’ de diffusie van de bekendheid met een vertraging t_v en een tempo dat evenredig is met de maximale penetratiegraad van de techniek. Als dus de diffusiecurve van de bekendheid gedefinieerd is, ligt ook de penetratiecurve van de techniek vast.

Geredeneerd is dat de bekendheid van een techniek – in dat deel van de sector dat op een zeker moment nog niet op de hoogte is van het bestaan daarvan – in één jaar hoogstens met 50% (grote bedrijven) respectievelijk 40% (kleine bedrijven) kan toenemen. Dit wordt in MEI-Energie tot uitdrukking gebracht met een rangewaarde rw_{BK} , met een bereik van 0 t/m 0,5 (grote bedrijven), of 0 t/m 0,4 (kleine bedrijven). De diffusie van de bekendheid is een functie is van rw_{BK} ; de

waarde van rw_{BK} wordt bepaald door de drijvende krachten marktdruk, beleidsdruk, opstelling van de sector, maatschappelijke druk en kennisniveau, met respectievelijk weegfactoren 2, 2, 1, 1 en 3.

$$bk_t = bk_{t-1} + \frac{d(bk_t)}{dt} \text{ waarbij}$$

$$\frac{d(bk_t)}{dt} = (1 - bk_{t-1}) \times rw_{BKt}$$

$$bk_t = bk_{t-1} + (1 - bk_{t-1}) \times rw_{BKt}$$

hierin is :

bk_t = bekendheid in jaar t

$$rw_{BKt} = \left(\frac{2DK_{\text{marktdruk}} + 2DK_{\text{beleidsdruk}} + DK_{\text{opstelling}} + DK_{\text{maatschapp.druk}} + 3DK_{\text{kennisniveau}}}{90} \right)_t$$

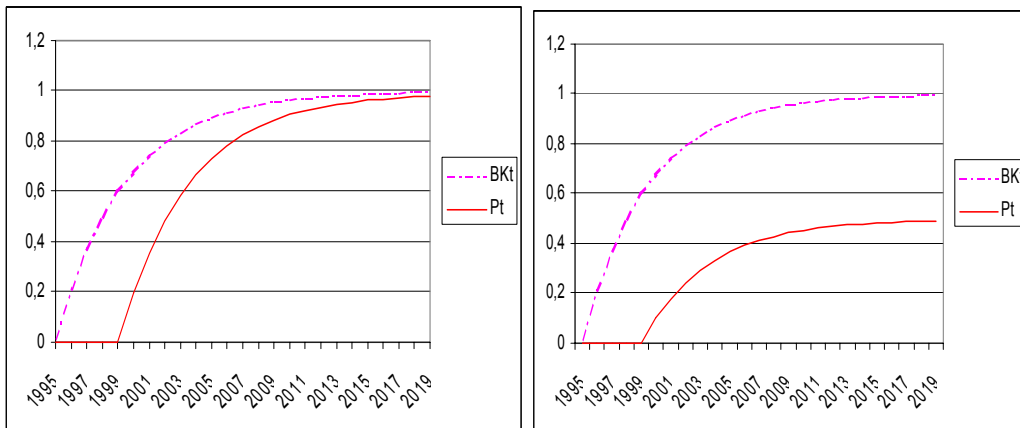
De formule voor de penetratie van een retrofittechniek wordt dan:

$$P_t = P_{t-1} + \frac{d(P_t)}{dt} \text{ waarbij}$$

$$\frac{d(P_t)}{dt} = \frac{d(bk_{t-t_v})}{dt} \times P_{\max}$$

$$\frac{d(bk_{t-t_v})}{dt} = (1 - bk_{t-t_v-1}) \times rw_{t-t_v} \text{ en dus}$$

$$P_t = P_{t-1} + (1 - bk_{t-t_v-1}) \times rw_{t-t_v} \times P_{\max}$$



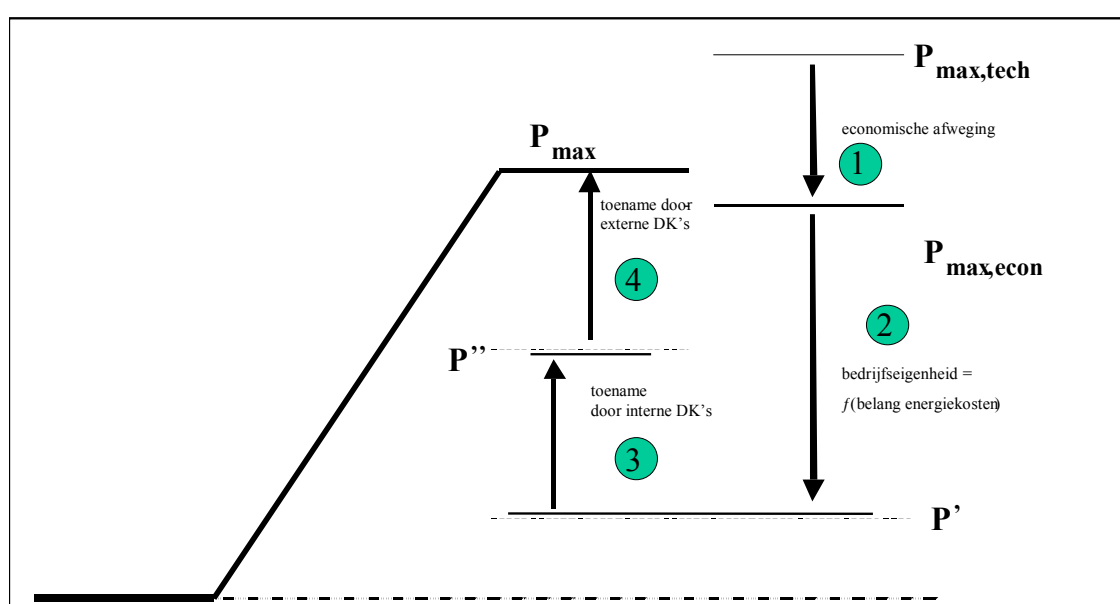
Figuur 4.2: Illustratie van de diffusiesnelheid van retrofit-technieken, als functie van bekendheid van technieken. De linker figuur illustreert een maximale maatregelenpenetratie van 100%, rechts van 50%.

Figuur 4.2 geeft een illustratie van het modelgedrag. De figuur beschrijft een gemiddelde diffusie van bekendheid ($rw_{BK} = 0,2$). Het duurt dan 7 jaar voordat 80% van de sector de techniek kent. De daadwerkelijke penetratie van maatregelen ijlt in dit voorbeeld met een t_v van 4 jaar na op de

diffusie van bekendheid. Wanneer de maximale penetratie van de techniek (P_{max} , paragraaf 4.3.3) kleiner is dan 100%, blijft de penetratie van de techniek uiteraard verder achter bij de bekendheid. Een deel van de sector is dan weliswaar bekend met de techniek, maar gaat niet tot implementatie over. Dit wordt in de rechter figuur geïllustreerd.

4.3.3 Maximale penetratie van retrofit-technieken

De maximale penetratiegraad die een techniek theoretisch kan bereiken wordt aangeduid als P_{max} . P_{max} wordt in een aantal stappen berekend, die in figuur 4.3 schematisch zijn weergegeven en vervolgens worden toegelicht.



Figuur 4.3: Bepaling maximale penetratie in 4 stappen

$P_{max,tech}$

De maximale technische implementatie is voor veel technieken 100%. Er kunnen echter technische belemmeringen zijn die er voor zorgen dat $P_{max,tech}$ lager is. In ICARUS wordt voor elke techniek $P_{max,tech}$ gegeven.

$P_{max,econ}$

De economisch gezien maximale penetratie volgt uit de NCW-bepaling zoals in hoofdstuk 2 is beschreven.

P'_{max}

Vervolgens wordt het penetratiemaximum verlaagd op basis van de zogenoemde bedrijfseigenheid (BE) tot P'_{max} . Voor de bepaling van bedrijfseigenheid wordt verwezen naar paragraaf 3.1.

$$P'_{\max} = P_{\max, \text{econ}} \times \text{BE}$$

Na de verlaging van de penetratie op basis van bedrijfseigenheid vindt er weer een verhoging onder invloed van drijvende krachten plaats. Dit gebeurt in twee stappen. De eerste stap is een verhoging onder invloed van 'interne drijvende krachten', de tweede een verhoging onder invloed van 'externe drijvende krachten'. De interne krachten zijn de krachten die afhankelijk zijn van de techniek en/of de sector: complexiteit van de techniek, financieel-economische druk, marktdruk, opstelling van de sector en kennisniveau. De externe krachten zijn: beleidsdruk en maatschappelijke druk.

$$P''_{\max} \text{ (verhoging onder invloed van interne drijvende krachten)}$$

Onder invloed van interne krachten kan de penetratie tot maximaal $P_{\max, \text{econ}}$ toenemen. Deze waarde wordt bereikt als alle krachten een waarde 10 krijgen. Als daarentegen alle krachten een waarde 0 hebben blijft de penetratie gelijk aan P'_{\max} . De gedachte hierachter is dat bij maximale interne krachten het economische potentieel benut wordt, ongeacht de waarde van de 'bedrijfseigenheid':

$$P''_{\max} = P'_{\max} + (P_{\max, \text{econ}} - P'_{\max}) \times rw_{\text{intern}}$$

rw_{intern} wordt berekend met de formule (waarde tussen 0 en 1):

$$rw_{\text{intern}} = \frac{2DK_{\text{compl.}} + 3DK_{\text{fin.ec.druk}} + 3DK_{\text{marktdruk}} + 3DK_{\text{opstelling}} + DK_{\text{kennisniveau}}}{120}$$

$$P_{\max} \text{ (verhoging onder invloed van externe drijvende krachten)}$$

In deze stap wordt de uiteindelijke penetratie berekend. Onder invloed van de externe drijvende krachten kan de penetratie verder toenemen tot maximaal $P_{\max, \text{tech}}$. De gedachte hierachter is dat als de externe drijvende krachten groot genoeg zijn, bedrijven ook gedwongen kunnen worden om energiebesparingsmaatregelen te treffen die niet rendabel zijn. Hierbij wordt een parallel getrokken met klassieke milieumaatregelen (zoals lucht- en waterzuivering), die in het algemeen alleen maar geld kosten maar desondanks genomen worden.

$$P_{\max} = P''_{\max} + (P_{\max, \text{tech}} - P''_{\max}) \times rw_{\text{extern}}$$

rw_{extern} wordt berekend met de formule (waarde tussen 0 en 1):

$$rw_{\text{extern}} = \frac{3DK_{\text{beleidsdruk}} + DK_{\text{maatschappelijke druk}}}{40}$$

4.4 Nieuwe en/of vervangende technieken

4.4.1 Voorbereidingstijd van vervangende technieken

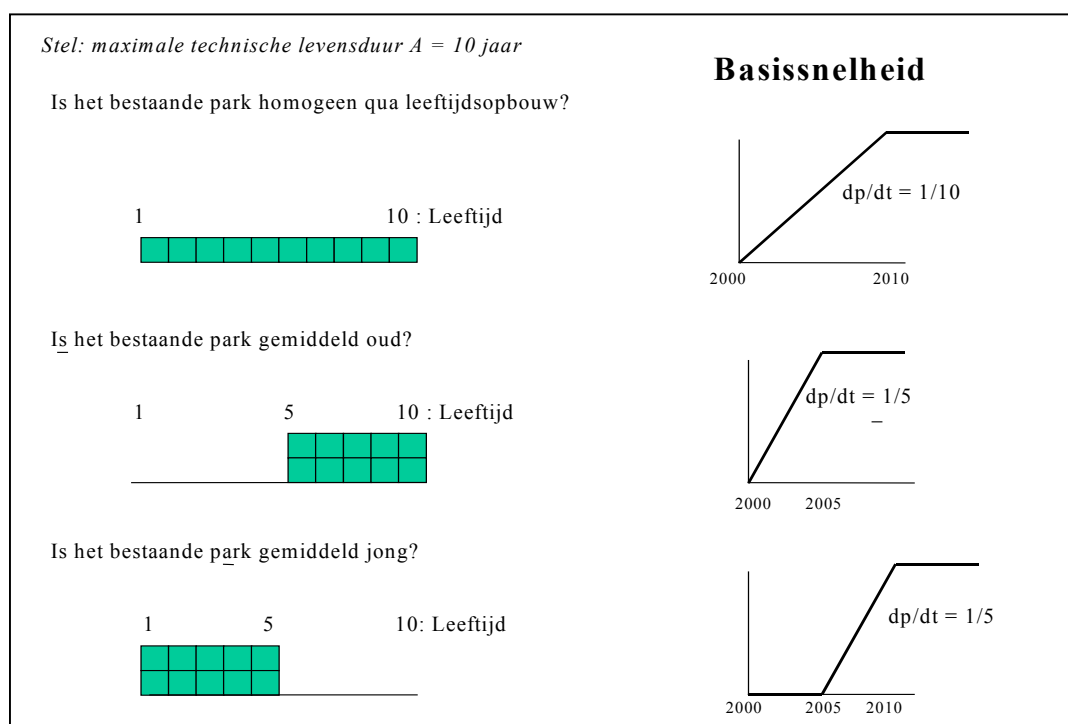
Deze parameter komt voor nieuwe/vervangende technieken te vervallen ($t_v = 0$). De motivatie hiervoor is dat de voorbereidingstijd in de levensduur van de bestaande voorziening valt. Om verzekerd te zijn van een continue procesvoering zal een bedrijf immers niet afwachten totdat een bestaande voorziening de geest geeft voordat het zich gaat oriënteren op de markt voor een vervangende techniek.

4.4.2 Penetratiesnelheid van vervangende technieken

Basissnelheid

Bij vervangende technieken zijn in eerste instantie de *leeftijd* en *technische levensduur* van de bestaande installatie bepalend voor de vervangingsnelheid. Onder omstandigheden dat er geen sterke druk is – vanuit beleid, maatschappij en/of markt – om oude installaties versneld te vervangen door energie-efficiëntere versies, is de veronderstelling dat deze pas worden vervangen zodra deze aan het einde van zijn technische levensduur is gekomen. De daarbij behorende vervangingsnelheid wordt hier de basissnelheid genoemd.

Figuur 4.4 illustreert de basissnelheid in respectievelijk een park dat een uniforme leeftijdsopbouw heeft (boven), dat ‘oud’ is (midden) en dat ‘jong’ is (onder).



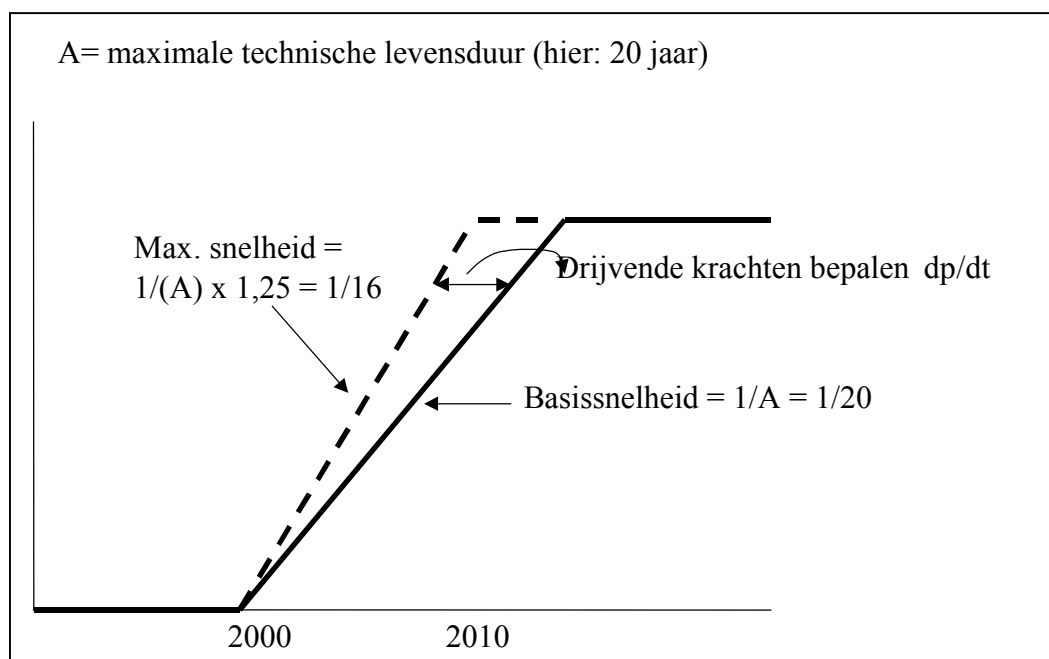
Figuur 4.4: Drie voorbeelden van de leeftijdsopbouw van het bestaande park en de effecten voor de penetratiesnelheid van nieuwe/vervangende technieken

Een optimale situatie zou zijn dat de basissnelheid berekend kan worden op basis van een bekende feitelijke leeftijdsopbouw van het bestaande installatiepark. In het algemeen is hier echter weinig informatie over beschikbaar, maar er mag verondersteld worden dat hoe groter het aantal bedrijven in een sector is, hoe homogener de leeftijdsopbouw van het installatiepark is¹³. De basissnelheid voor vervangende technieken wordt derhalve standaard omgekeerd evenredig verondersteld met de technische levensduur van de bestaande technieken¹⁴.

Omdat oude installaties niet per se worden vervangen door energie-efficiëntere technieken (uit het ICARUS-bestand) is de basissnelheid bovendien evenredig met de P_{\max} van de desbetreffende technieken.

Versnelling onder invloed van drijvende krachten

In MEI-Energie kan de vervangingsnelheid tot op zekere hoogte verhoogd worden onder invloed van drijvende krachten. Verondersteld is dat wanneer de beleids-, maatschappelijke en/of marktdruk op bedrijven groot worden en de financiële mogelijkheden bovendien optimaal zijn (investeringsruimte en afwentelingmogelijkheden), er vervroegde vervanging kan gaan plaatsvinden, leidend tot een maximaal 25% hogere vervangingsnelheid (zie figuur 4.5).



Figuur 4.5: Illustratie van versnelde vervanging van technieken

¹³ Als het model wordt toegepast op een sector met weinig bedrijven, waarvan de leeftijdsopbouw van installaties wel bekend is, dan kan de modelgebruiker de 'default' snelheid o.b.v de technische levensduur zoals gegeven in ICARUS handmatig bijstellen.

¹⁴ Daarbij is de veronderstelling dat de levensduur van de bestaande voorziening gelijk is aan die van de nieuwe installatie. Dit is een parameter die in het ICARUS bestand is opgenomen.

De formule voor de penetratiesnelheid van vervangende technieken wordt daarmee:

$$dp/dt = \frac{P_{\max} \times rw_{\text{versnelling}}}{A}$$

hierin is

$$rw_{\text{versnelling}} = \frac{2DK_{\text{fin.ec.druk}} + KD_{\text{compl.}} + 3KD_{\text{marktdruk}} + 2KD_{\text{beleidsdruk}} + KD_{\text{opstelling}} + 2KD_{\text{maatsch.druk}}}{110}$$

Er is weinig directe onderbouwing beschikbaar voor de kwantificering van versnelde vervanging. Wel kan worden verondersteld dat er sprake zal kunnen zijn van versnelde vervanging wanneer de externe druk voldoende wordt opgevoerd. In het milieubeleid zijn voorbeelden te vinden waarbij zeer dure vervangingsinvesteringen door middel van scherpe taakstellingen zijn afgedwongen: denk aan de omschakeling naar minder milieubelastende processen voor de productie van titaanoxide (1990) en zink (2000).

4.4.3 Maximale penetratie van vervangende technieken

De maximale penetratie van vervangende technieken wordt op dezelfde manier berekend als die van retrofit-technieken. Voor de beschrijving wordt verwezen naar paragraaf 4.3.3.

4.5 Berekening energiebesparing in MEI-energie

4.5.1 Inleiding

In de vorige paragrafen is behandeld op welke manier penetratiepaden van individuele energiebesparende maatregelen worden berekend. Deze penetratiepaden vormen de basis voor de berekening van de energiebesparing die in een sector gerealiseerd wordt. In deze paragraaf wordt dit toegelicht.

4.5.2 Berekening energiebesparing sector

De penetratiegraad van een maatregel is gedefinieerd als de fractie van het energiegebruik in het basisjaar (1995) die door die maatregel wordt aangegrepen (dus niet de fractie van het aantal bedrijven). De meeste maatregelen hebben geen betrekking op het totale energiegebruik van een sector maar slechts op één van de processtappen binnen de sector. Zo'n processtap – bijvoorbeeld het drogen van papier in de papierproductie – wordt in ICARUS en MEI-Energie een energiefunctie genoemd. De som van de energieverbruiken van alle onderscheiden energiefuncties is gelijk aan het sectorale verbruik uit de NEH in basisjaar 1995. In ICARUS is per techniek aangegeven hoeveel procent op het energiegebruik van een energiefunctie bespaard wordt bij volledige penetratie van de techniek.

De energiebesparing voor een individuele techniek wordt als volgt berekend:

$$\text{Besparing}_{\text{techniek}} \text{ (GJ)} = \text{penetratie}_{\text{techniek}} \text{ (\%)} \times \text{besparingspotentieel}_{\text{techniek}} \text{ (\%)} \times \text{energiegebruik functie}_{1995} \text{ (GJ)}$$

Zolang verschillende besparingstechnieken aangrijpen op verschillende energiefuncties kan de totale energiebesparing voor de sector worden berekend door sommatie van de besparingen die met de afzonderlijke technieken wordt gerealiseerd. In het geval dat meerdere technieken betrekking hebben op dezelfde energiefunctie is echter de redenatie gevolgd dat het besparingseffect van elk van die technieken beïnvloed wordt (d.w.z. kleiner wordt) door de andere technieken.

De berekening van het totale effect vindt in dat geval plaats door de som van de individuele effecten te vermenigvuldigen met een correctiefactor. Deze factor brengt tot uitdrukking dat de technieken feitelijk niet meer op het energiegebruik van 1995 aangrijpen, maar op een – vanwege de inmiddels gerealiseerde energiebesparing – lager energiegebruik.

$$\text{Totale besparing energiefunctie}_{\text{techniek 1} \dots \text{techniek n}} = \sum_{\text{techniek 1}}^n (\text{besparing}_{\text{techniek n}}) \times \text{correctiefactor}$$

waarbij

$$\text{correctiefactor} = \frac{\text{energiegebruik functie}_{1995} - \sum_{\text{techniek 1}}^n (\text{besparing}_{\text{techniek n}})}{\text{energiegebruik functie}_{1995}}$$

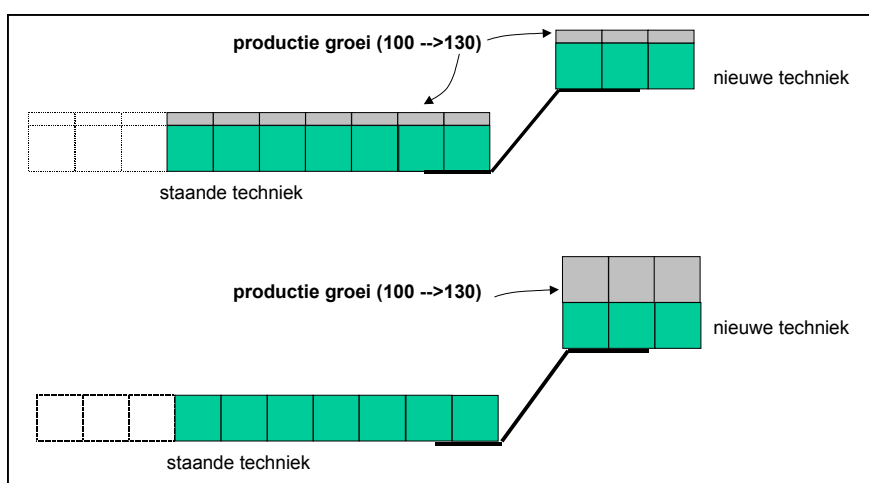
De totale energiebesparing voor de gehele sector wordt tenslotte berekend door de besparingen per energiefunctie te sommeren.

4.5.3 Doorwerking van productiegroei op energiebesparing en -gebruik

In sommige modellen wordt verondersteld dat productiegroei volledig wordt gerealiseerd in nieuwe 'jaargangen'. In deze benadering heeft groei van een sector een positief effect op het energiebesparingstempo, omdat deze niet alleen meer wordt veroorzaakt door vervanging van oude door nieuwe – doorgaans energie-efficiëntere – installaties, maar ook door uitbreiding van de productie met nieuwe installaties.

In MEI-Energie is echter voor de benadering gekozen waarbij productiegroei gerealiseerd wordt door een stijging van de benuttinggraad of de productiecapaciteit van zowel bestaande als nieuwe installaties. In dat geval heeft productiegroei geen invloed op de penetratiegraad van de nieuwe techniek. De energiebesparing (in GJ), maar ook het energiegebruik vóór besparing nemen toe met het groeipercentage van de sector.

In figuur 4.6 worden beide manieren van productiegroei geïllustreerd. Uiteraard zal groei in de 'echte wereld' op beide manieren plaatsvinden. De keuze voor de bovenste variant in de figuur berust op het vermoeden dat deze manier van groei dominant is, zeker bij bescheiden groeipercentages.



Figuur 4.6: 2 Manieren waarop productiegroei en vervanging gesimuleerd kunnen worden. In de bovenste route wordt groei verdeeld over alle jaargangen. In de onderste situatie vindt groei alleen in nieuwe jaargangen plaats. In beide gevallen wordt jaarlijks 10% van de oude productiecapaciteit vervangen.

5 Validatie en gevoeligheidsanalyse

5.1 Inleiding

In de vorige hoofdstukken is beschreven op welke wijze bedrijfseconomische parameters, bedrijfseigenheid en de drijvende krachten doorwerken op de penetratie (snelheid en maximum) van energiebesparende technieken. De vraag is nu hoe bruikbaar het model is om toekomstige ontwikkelingen in het energiegebruik van industriële sectoren te prognosticeren, en als expert ondersteunend model bij het analyseren van de invloed van beleid, energieprijzen etc. op besparingsgedrag.

Er moet worden onderkend dat slechts één rekenstap in MEI-Energie een sterke empirische onderbouwing heeft. Dit betreft de berekening van het maximale economische potentieel ($P_{\max, \text{econ.}}$), welke is gebaseerd op de berekende terugverdientijd en onderzoek van Ecofys (zie paragraaf 2.1). De gegevens die nodig zijn om de terugverdientijd van technieken te berekenen (kosten en besparingen) worden vermeld in ICARUS.

De andere rekenstappen (op basis van bedrijfseigenheid en drijvende krachten) zijn vooral op basis van ‘expert judgement’ en beperkte empirische informatie tot stand gekomen. Dit geldt vooral voor de kwantificering van de relaties. In kwalitatieve zin is in de literatuur echter wel ruim voldoende onderbouwing gevonden voor de invloed die bedrijfseigenheid en de in MEI-Energie onderscheiden drijvende krachten hebben op het ondernemersgedrag ten aanzien van energiebesparing.

Door de uitkomsten van MEI-Energie te confronteren met ‘waargenomen’ historische energiebesparingscijfers (validatie), en door de gevoeligheid van de uitkomsten voor elk van de afzonderlijke invoerparameters te bepalen (gevoeligheidsanalyse), wordt in dit hoofdstuk nagegaan hoe goed de kwantitatieve relaties in MEI-Energie ‘de werkelijkheid’ beschrijven. In deze fase is alleen gekeken naar besparing op finaal energiegebruik. In een latere fase zal nog onderzocht moeten worden in hoeverre MEI-Energie ook toegerust is om besparingen op primair energiegebruik door onder andere warmtekrachtkoppeling te simuleren. De validatie en de gevoeligheidsanalyse zijn uitgevoerd voor een drietal industriële sectoren: de bouwmaterialenindustrie, de papierindustrie en de organische basischemie. De werkwijze en de resultaten worden in dit hoofdstuk beschreven.

5.2 Validatie

5.2.1 Periode

Een vuistregel voor validatie is dat de historische periode waarvoor de validatie wordt uitgevoerd minstens even lang moet zijn als de periode die men met het model vooruit wil kunnen kijken. MEI-Energie is in opzet bedoeld om prognoses te doen tot 2020. Dit zou betekenen dat de validatie zich moet uitstrekken over de periode 1980-1999. Dit was echter niet mogelijk. De reden is dat MEI-Energie volledig geënt is op het ICARUS-bestand. Eerdere versies dan ICARUS-4 hebben

1990 als vroegste basisjaar. De validatie is dus noodgedwongen beperkt tot de periode 1990-1999. Daarbij is gebruik gemaakt van het ICARUS-3 bestand.

5.2.2 Berekening energiebesparing 1990-1999 op basis van monitoringsgegevens

De meest voor de hand liggende bron voor de feitelijk gerealiseerde energiebesparing in deze periode zijn de monitoringsgegevens die in het kader van de meerjarenafspraken (MJA-1) zijn gepubliceerd. Deze gegevens beslaan de periode 1989 tot en met 2000. De gegevens zijn echter niet in alle gevallen zonder meer bruikbaar. De MJA-1 verstrekt geen monitoringsgegevens voor de organische basischemie, maar alleen voor de gehele chemische industrie. De MJA-afbakening omvat niet alleen de organische basischemie, maar ook de anorganische basischemie, de chemische producten- en de kunstmestindustrie. Dit betekent dat de besparingscijfers niet met elkaar te vergelijken zijn.

Hoewel de afbakeningen van de papier- en de bouwmaterialenindustrie wel min of meer samenvallen met die welke gehanteerd is bij de berekeningen met MEI-energie, is hier het probleem dat de MJA-besparingscijfers betrekking hebben op primair energiegebruik. Dat wil zeggen dat in de cijfers niet alleen de besparing op finaal energiegebruik tot uiting komt, maar ook de besparing ten gevolge van warmtekrachtkoppeling (WKK). De berekeningen die met MEI-Energie zijn uitgevoerd hebben daarentegen alleen betrekking op finaal energiegebruik. Met name bij de papierindustrie is de bijdrage van WKK aan de totale besparing aanzienlijk (50%). Alleen voor de bouwmaterialenindustrie, met een min of meer samenvallende afbakening en een klein opgesteld WKK-vermogen, zouden de MJA-gegevens over energiebesparing rechtstreeks bruikbaar kunnen zijn.

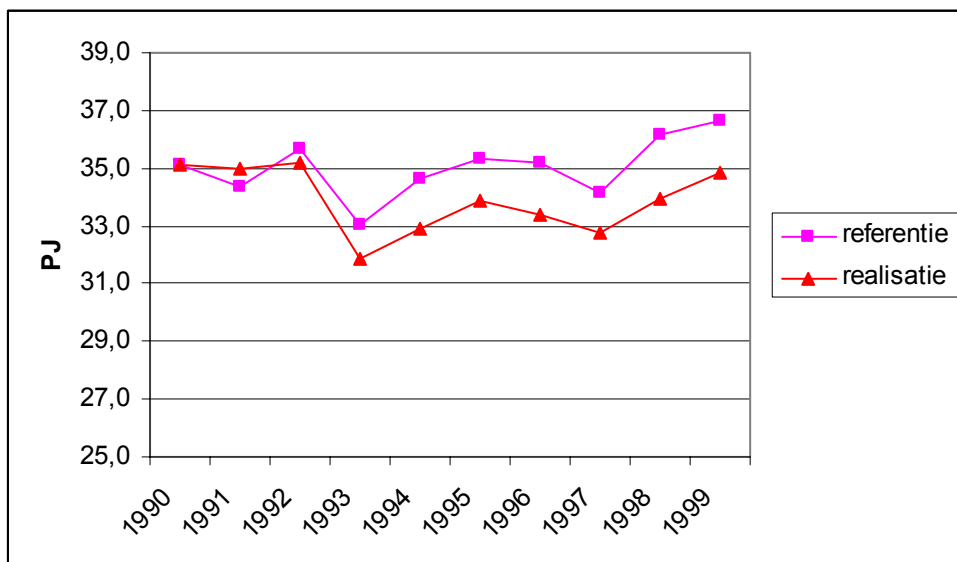
Er is echter vanwege de beperkte bruikbaarheid van de MJA-besparingscijfers in eerste instantie voor gekozen om de referentiecijfers voor alle drie de sectoren af te leiden van CBS-gegevens over energiegebruik. Energiebesparing is daarbij berekend als het verschil tussen het feitelijke energiegebruik en het gebruik dat wordt berekend op basis van de energie-efficiëntie in het basisjaar 1990 en de ontwikkeling van de fysieke productie¹⁵.

Voor de *bouwmaterialenindustrie* is het frozen efficiency-energiegebruik voor de jaren tussen 1990 en 1999 berekend op basis van het energiegebruik in 1990 van de subsectoren (uit tabel 9.5.2. van de NEH, deel 2), vermenigvuldigd met de procentuele fysieke groei van de productie van de subsectoren. Er is voor deze 'subsectorbenadering' gekozen om te vermijden dat de berekende besparing 'vervuild' is met zogenaamde structureffecten¹⁶. De groei van de fysieke pro-

¹⁵ Dit wordt verder aangeduid als het gebruik op basis van 'frozen efficiency'.

¹⁶ Dit zijn veranderingen in het energiegebruik die het gevolg zijn van ongelijke productiegroei van producten binnen een sector. Wanneer bij de berekening van het frozen efficiency-energiegebruik één (gemiddelde) groeireeks voor de hele sector wordt gebruikt wordt geen zuivere besparing berekend.

ductie van de subsectoren in de periode 1990-1999 is berekend op basis van MJA-cijfers¹⁷. De ontwikkeling van het feitelijke energiegebruik (realisatie) is eveneens gebaseerd op gegevens uit deel 2 van de NEH. Op deze manier wordt voor 1999 een energiebesparing van 1,8 PJ berekend (zie figuur 5.1).



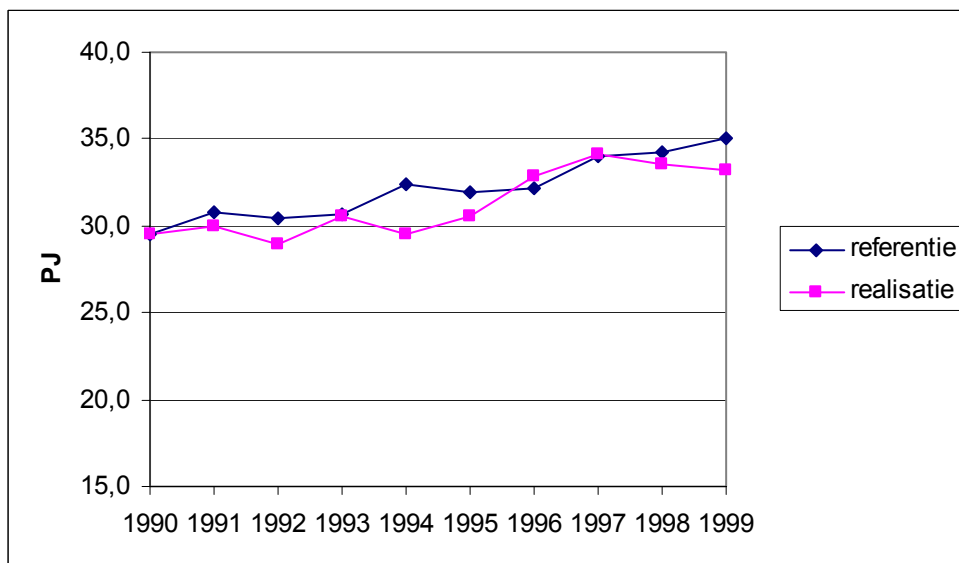
Figuur 5.1 Feitelijk versus frozen efficiency finaal energiegebruik van bouwmaterialenindustrie

Er is echter geconstateerd dat de gegevens die betrekking hebben op de subsectoren (uit NEH, deel 2 en Statline) in absolute zin, maar ook qua ontwikkeling aanzienlijk verschillen van de cijfers die in deel 1 van de NEH voor de gehele sector worden gegeven. Ook de berekende besparing is daardoor verschillend: indien gebruik wordt gemaakt van de gegevens uit deel 1, dan wordt een energiebesparing van meer dan 6 PJ berekend.

Voor de *papierindustrie* is het frozen efficiency gebruik berekend op basis van productiecijfers uit de jaarverslagen van de Vereniging van Nederlandse papier- en kartonfabrieken (VNP). Vastgesteld is dat de groeivoeten van de verschillende papier- en kartonsoorten nauwelijks afwijken van het gemiddelde, zodat verondersteld kan worden dat het structureffect klein is.

Het feitelijke finale energiegebruik is daarom – anders dan bij de bouwmaterialenindustrie – overgenomen uit deel 1 van de NEH van het CBS. De cijfers hebben in de NEH vanaf 1993 betrekking op zowel de papier- als de grafische industrie. Hiervoor is gecorrigeerd door hier het energiegebruik van de grafische industrie (uit tabel 9.5.2. van NEH deel 2) van af te trekken. Op deze manier wordt voor 1999 een energiebesparing van 1,8 PJ berekend (zie figuur 5.2).

¹⁷ In de MJA wordt het frozen-efficiency energiegebruik berekend als $EEI_{1990} \times \text{groei fysieke productie} \times \text{correctiefactor}$. Omdat de correctiefactoren slechts een beperkte invloed hebben is geredeneerd dat de groei van het frozen efficiencygebruik een goede benadering is van de groei van de productie.

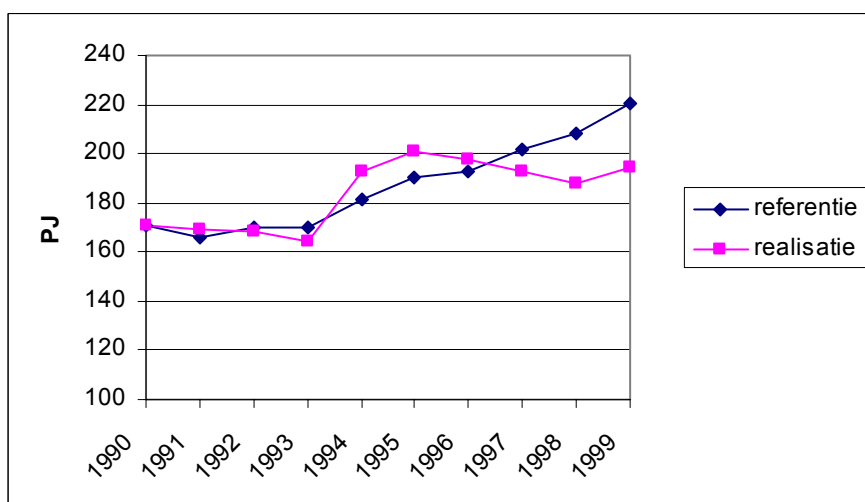


Figuur 5.2 Feitelijk versus frozen efficiency finaal energiegebruik van papierindustrie

Voor de *organische basischemie* is het frozen efficiency gebruik berekend conform de methodiek die wordt gehanteerd in het Protocol Monitoring Energiebesparing (Boonekamp, 2001). De groeireeksen die in dat kader worden gebruikt zijn afkomstig van de MJA-monitoring. Aangezien de organische basischemie beschouwd kan worden als een subsector met een duidelijk hoofdproduct (etheen) is het structureffect waarschijnlijk beperkt. Het feitelijke finale energetische energiegebruik is overgenomen uit deel 1 van de NEH van het CBS. Een probleem is dat de cijfers in de NEH in de periode 1990-1992 betrekking hebben op de gehele overige chemische industrie¹⁸: dat wil zeggen dat er voor die periode geen afzonderlijke gegevens voor de organische basischemie beschikbaar zijn. Deze zijn daarom zelf geschat, namelijk door het verschil in energiegebruik tussen de organische basischemie en de gehele overige chemische industrie voor 1993 (60 PJ) in mindering te brengen op de cijfers voor de periode 1990-1992.

Op deze manier wordt voor 1999 een energiebesparing van 26 PJ berekend (zie figuur 5.3). Evenals bij de papierindustrie vertoont de energiebesparing echter een grillig verloop. In de periode 1991 – 1993 wordt een kleine besparing gerealiseerd, vervolgens is er gedurende drie jaren sprake van ontsparing. In de laatste drie jaren neemt de besparing weer sterk toe.

¹⁸ Samengesteld uit organische basischemie, anorganische basischemie, overige basischemie en chemische productenindustrie.



Figuur 5.3 Feitelijk versus frozen efficiency finaal energiegebruik van organische basischemie

5.2.3 Berekening van energiebesparing met MEI-Energie

Om met MEI-Energie de energiebesparing te kunnen berekenen dient voor elke sector een groot aantal gegevens te worden ingevoerd. Dit dient te gebeuren in de werkbladen (sheets) 'Icarus', 'Algemeen' en 'Veranderjaren'. In bijlagen 1 tot en met 3 wordt voor de drie onderzochte sectoren een overzicht gegeven van de gegevens die in de respectievelijke werkbladen voor de validatieberekeningen zijn ingevuld. Hieronder wordt toegelicht welke gegevens worden gevraagd, en welke bronnen daarvoor worden gebruikt.

Werkblad 'Icarus' (bijlage 1)

Als maatregelbestand is ICARUS-3 gebruikt. De meeste gegevens zijn één op één overgenomen. Opgemerkt wordt dat alleen de meest relevante gegevens (kolommen) hier worden besproken en in bijlage 1 worden weergegeven. Het werkblad bevat daarnaast nog een aantal kolommen waarin wordt aangegeven op welke sector de maatregelen betrekking hebben, in hoeverre een maatregel leidt tot een toename van het gebruik van een andere energiedrager dan waar de maatregel betrekking op heeft, en welke maatregelen elkaar uitsluiten.

- Energiefuncties. Deze (en het bijbehorende energiegebruik in 1990) zijn op basis van beschrijvingen in het ICARUS-3 rapport gedefinieerd.
- Energiegebruik van de sector in het basisjaar (1990), onderverdeeld in elektriciteit, brandstof en stoom. Hiervoor zijn gegevens van de Nederlandse Energiehuishouding (CBS) gebruikt.
- Het jaar waarop een maatregel voor het eerst geïmplementeerd is, de penetratiegraad in respectievelijk 1990 en 1994 en de maximale penetratie ($P_{\max, \text{tech.}}$). Voorzover het ICARUS-3 rapport hier geen informatie over verschaft zijn er eigen schattingen gemaakt.
- Procentuele besparing per maatregel bij volledige penetratie, onderscheiden naar elektriciteit, brandstof en stoom. Het percentage geldt t.o.v. het energiegebruik van de functie waar de maatregel betrekking op heeft (paragraaf 4.5.2).
- Meerkosten, onderscheiden naar investeringskosten en operationele en onderhoudskosten. Voor vervangingsinvesteringen wil dit zeggen dat alleen de meerkosten ten opzichte van een

conventionele, niet-besparende voorziening zijn gedefinieerd. Voor retrofittechnieken geldt dat ze over het algemeen additioneel zijn: in dat geval zijn de meerkosten gelijk aan de totale investeringskosten. Deze gegevens worden gebruikt bij de NCW-berekening (paragraaf 2.1).

- Levensduur van de maatregel. Dit gegeven wordt gebruikt bij de NCW-berekening (paragraaf 2.1), en bij de berekening van de penetratiesnelheid van vervangende technieken (zie paragraaf 4.2.2). De daarbij gebruikte veronderstelling is dat de levensduur van de te vervangen installatie gelijk is aan die van de vervangende installatie.
- Maatregelclassificatie. In de kolom maatregelcategorie (measure category) worden de maatregelen via nummering ingedeeld volgens de ICARUS-taxonomie (zie tabel 2.1). Bij deze indeling hoort een schaalfactor, die wordt gebruikt bij de berekening van de specifieke kosten (kosten per bespaarde eenheid energie) van respectievelijk grote en kleine bedrijven (zie paragraaf 2.1). In de kolom 'maatregeltipe' (measure type) worden de maatregelen ingedeeld in N (nieuwe en/of vervangende technieken), R (retrofit) en G (goodhousekeeping). Deze indeling heeft invloed op de maximale penetratie en de penetratiesnelheid van maatregelen (zie hoofdstuk 4).
- Implementatiekarakteristieken (implementation characteristics). Per maatregel is aangegeven of deze betrekking heeft op het core productieproces (ja = 1, nee = 0), of deze een standaardtechniek is (idem) en in hoeverre de implementatie inbreuk pleegt op het productieproces (productie kan doorgaan (0), plaatsing kan tijdens onderhoud ($\frac{1}{2}$), of de productie moet langere tijd worden stilgelegd (1)). Deze karakteristieken worden gebruikt voor de berekening van de drijvende kracht 'complexiteit' (zie paragraaf 3.2.2).

Werkblad 'Algemeen' (bijlage 2)

Gegevens die hier moeten worden ingevuld:

- Aantal bedrijven, onderverdeeld naar grote en kleine bedrijven. Hiervoor is gebruik gemaakt van CBS-gegevens; de grens tussen groot/klein is 20 werknemers. Voor beide groepen moet het energiegebruik in 1990 worden ingevuld. Deze gegevens worden gebruikt bij de berekening van de specifieke kosten voor respectievelijk grote en kleine bedrijven (zie paragraaf 2.1).
- Aandeel van de energiekosten in de productiekosten, en de op basis daarvan berekende bedrijfseigenheid (zie paragraaf 3.1). Deze gegevens zijn afkomstig van het CBS (NEH deel 2, tabel 9.5.2, Statline).
- Fysieke groei van de desbetreffende sector. De manier waarop deze voor de periode 1990-1999 is berekend, is beschreven in paragraaf 5.2.2. De groeivoet wordt in MEI-Energie lineair doorberekend in zowel energiebesparing als energiegebruik (zie paragraaf 4.5.3).
- Elektriciteit- en gasprijzen voor zowel grote als kleine bedrijven, voor alle jaren in de periode 1990-1999. Hiervoor is gebruik gemaakt van gegevens uit NEH deel 2 (t/m 1995) en van Statline (vanaf 1996). Bij de validatie is gebruik gemaakt van prijzen inclusief eventuele hef-

fingen (REB)¹⁹. De prijzen van energiedragers worden gebruikt om op basis van de energetische besparing de kostenbesparing te kunnen berekenen (zie paragraaf 2.1).

- Gegevens over rentabiliteit van het totale vermogen (RTV), solvabiliteit (SOLV), exportquote (EQ) – alle met een waarde tussen 0 en 1 - en prijselasticiteit (PE), met een waarde 1, 2 of 3. Voor de eerste drie parameters zijn gegevens van het CBS gebruikt, de prijselasticiteit is door de ontwerpers van MEI-Energie ingeschat. De vier parameters worden gebruikt bij de berekening van de drijvende kracht ‘financieel-economische druk’ (zie paragraaf 3.2.3).
- Gegevens over het aantal bedrijven (AB) en de energie-intensiteit (EI). AB en EI (door de ontwerpers van MEI-Energie gescoord op een driepuntschaal) worden gebruikt bij de berekening van de drijvende kracht ‘kennisniveau’ (zie paragraaf 3.2.5).
- Tenslotte kan door de gebruiker nog een keuze worden gemaakt uit een viertal verdelingscurves. Deze curves geven weer welk percentage van de bedrijven bereid is op economische gronden een maatregel met een bepaalde terugverdientijd te implementeren (zie paragraaf 2.1). Er kan gekozen worden tussen een curve die een rechtstreekse weergave is van de onderzoeksgegevens van Ecofys (De Beer, 2000), en een drietal ‘gefitted’ curves die gebaseerd zijn op verschillende verdelingsfuncties (weibull, gamma en normaal). Standaard zijn de parameters van de verdelingsfuncties zo gekozen dat de curves zo goed mogelijk ‘fitten’ met de curve die gebaseerd is op de onderzoeksgegevens. De gebruiker heeft echter de mogelijkheid andere waarden te kiezen.

Werkblad ‘Veranderjaren’ (bijlage 3)

- Vigerende energiebeleidsinstrumenten, onderscheiden naar ‘klassieke’ instrumenten (cluster A) en instrumenten die onder emissiehandel vallen (cluster B). In de periode 1990-1999 zijn alleen klassieke instrumenten ingezet, met name meerjarenafspraken en vergunningen. De gebruiker kan voor de ingezette beleidsinstrumenten voor alle jaren tussen 1990 en 1999 de instrumentkenmerken ‘toepassingsbereik’, ‘hardheid’, ‘niveau van uitvoering en handhaving’ en ‘afstand tot het doel’ aangeven. De instrumentkenmerken ‘reikwijdte’, ‘hulpbronnen maatregelkennis’, ‘dwingendheid’ en ‘handhaafbaarheid’ zijn door de ontwerpers van MEI-Energie gescoord²⁰. De scores van deze beleidsinstrumentkenmerken bepalen (mede) de waarde van de drijvende krachten ‘beleidsdruk’ (paragraaf 3.2.1), ‘kennisniveau’ (paragraaf 3.2.5) en ‘opstelling van de sector’ (paragraaf 3.2.7).
- Subsidies en heffingen (rubriek ‘flankerend beleid’). De gebruiker moet de hoogte van investeringssubsidies en de mate waarin er van gebruik is gemaakt aangeven. De vraag naar het heffingspercentage op energiedragers is onderscheiden naar elektriciteit en gas, beide voor zowel kleine als grote bedrijven. Deze gegevens worden gebruikt bij de NCW-berekening (zie paragraaf 2.1) en bij de berekening van de drijvende kracht ‘opstelling van de sector’ (paragraaf 3.2.7).

¹⁹ Er kan ook voor worden gekozen om hier prijzen exclusief heffingen, en in het werkblad ‘veranderjaren’ het heffingspercentage in te vullen.

²⁰ De overige kenmerken (‘rechtvaardigheid’, ‘openbaarheid’ en ‘uni-/multilateraliteit’) moeten door de gebruiker in de rubriek ‘beleid algemeen’ worden gescoord.

- Productbeleid (rubriek ‘flankerend beleid’). Er moet op een vijfpuntsschaal worden aangegeven in hoeverre er sprake is geweest van gericht productbeleid om energiezuinige producten te ontwerpen. Het antwoord op deze vraag bepaalt rechtstreeks de waarde van de drijvende kracht ‘marktdruk’ (paragraaf 3.2.4)
- De prioriteit die aan energiebesparing wordt gegeven t.o.v. overig milieubeleid (rubriek ‘beleid algemeen’). Het antwoord op deze vraag heeft geen invloed op de modelberekeningen. De vraag kan dus verwijderd worden.
- De reductiedoelstelling van de beleidsinstrumenten (rubriek ‘beleid algemeen’). Alleen zo lang de berekende besparing kleiner is dan de waarde die hier wordt ingevuld is er beleidsdruk. Zodra de berekende besparing deze waarde overschrijdt (dat wil zeggen dat de doelstelling is gerealiseerd), dan wordt de drijvende kracht ‘beleidsdruk’ gelijk aan nul (zie paragraaf 3.2.1).
- Is de gedragsnorm in samenspraak met de sector vastgesteld, is deze wel of niet openbaar en in hoeverre worden in binnen- en buitenland vergelijkbare eisen gesteld (rubriek ‘beleid algemeen’). Deze vragen kunnen met ja of nee worden beantwoord. Het antwoord bepaalt de scores van de instrumentkenmerken uni-/multilateraliteit, openbaarheid en rechtvaardigheid. Deze kenmerken bepalen op hun beurt mede de drijvende kracht ‘opstelling ten aanzien van milieu- en energieproblematiek’ (paragraaf 3.2.7).
- Hoe (groot) is de institutionalisatie van kennis, en wat is de intrinsieke opstelling van de sector t.a.v. energiebesparing en milieu (rubriek ‘sector’). Tevens moet worden aangegeven of de opstelling louter door het beleid wordt veroorzaakt²¹. De mate waarin kennis is geïnstitutionaliseerd is van invloed op de drijvende kracht ‘kennisniveau’ (paragraaf 3.2.5). De intrinsieke opstelling van de sector, en het antwoord op de vraag of de opstelling louter door het beleid wordt veroorzaakt bepalen mede de drijvende kracht ‘opstelling’ (paragraaf 3.2.7)
- Hoe (groot) is het energie- en klimaatbewustzijn binnen de maatschappij, in welke mate zorgt de overheid voor kennisoverdracht aan de maatschappij omtrent de energie- en klimaatproblematiek (rubriek ‘omgeving’)? De antwoorden op deze vragen (beide op een vijfpuntsschaal) bepalen de waarde van de drijvende kracht ‘maatschappelijke druk’ (paragraaf 3.2.6).
- De vraag wat de invloed is van ICT binnen de kennisontwikkeling (rubriek ‘omgeving’) heeft geen invloed op de modelberekeningen. De vraag kan dus verwijderd worden.

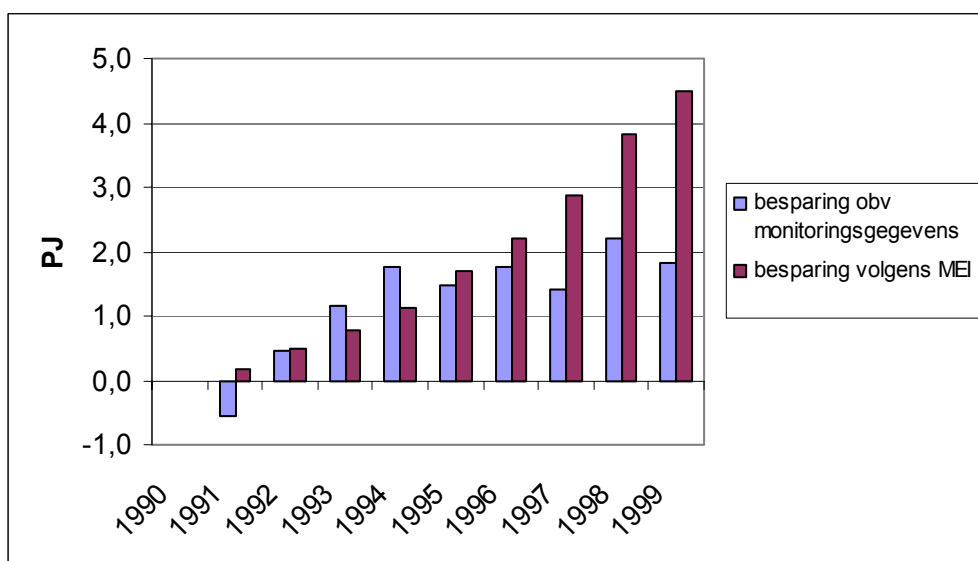
5.2.4 Vergelijking ‘waargenomen’ en met MEI-Energie berekende energiebesparing

Bouwmaterialenindustrie

In figuur 5.4 worden de met MEI-Energie en de op basis van monitoringsgegevens (deel 2 NEH) berekende energiebesparingscijfers met elkaar vergeleken. De besparing volgens MEI-Energie bedraagt in 1999 ruim 4,5 PJ²², de besparing op basis van monitoringsgegevens 1,8 PJ. De ‘MEI-besparing’ is dus meer dan twee maal zo hoog.

²¹ Deze vraag is abusievelijk onder de rubriek ‘beleid algemeen’ ondergebracht.

²² Overeenkomend met 11,8% in 9 jaar, oftewel 1,2% per jaar.



Figuur 5.4 Vergelijking energiebesparing van de bouwmaterialenindustrie (in PJ) volgens berekening met MEI-Energie en volgens berekening op basis van monitoringsgegevens (CBS)

Indien echter gebruik zou zijn gemaakt van gegevens uit deel 1 (in plaats van die uit deel 2) dan zou de voor 1999 berekende besparing 6 PJ bedragen. Het is dus in dit geval onduidelijk of de met MEI-energie berekende besparing een over- of een onderschatting van de werkelijke besparing is.

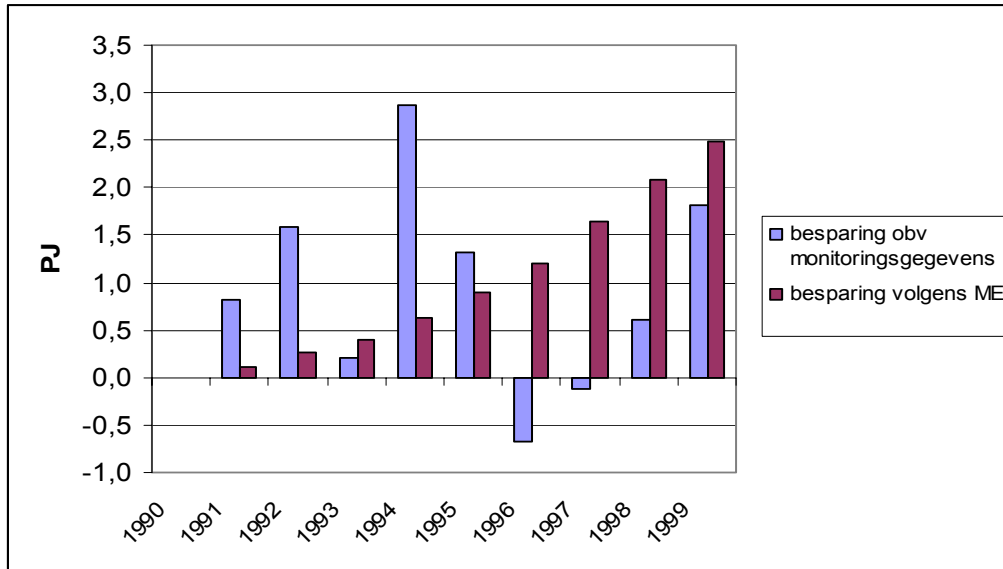
Daarom is tevens een vergelijking gemaakt met de energiebesparing die in het kader van de MJA-monitoring voor 1999 gerapporteerd wordt (EZ, 2000). De besparing voor de subsectoren cement-, glas-, keramische en kalkzandsteenindustrie bedraagt volgens deze bron 4,7 PJ, en komt dus redelijk overeen met het resultaat van MEI-Energie. Dit cijfer heeft echter betrekking op een enigszins andere periode (vanaf 1989 in plaats van 1990) en populatie (exclusief beton- en cementwarenindustrie) en is daarom niet helemaal vergelijkbaar met de MEI-Energieberekening.

Papierindustrie

Voor de papierindustrie geldt dat de met MEI-Energie berekende besparing voor het jaar 1999 (2,5 PJ²³) groter is dan de op basis van CBS-gegevens berekende besparing (1,8 PJ). In figuur 5.5 is echter te zien dat de waargenomen besparing sterk fluctueert. De uitkomst van de vergelijking (te hoog of te laag) is dus afhankelijk van het jaar waarvoor de vergelijking plaatsvindt. De fluctuaties zijn niet te verklaren op grond van bekende ontwikkelingen binnen de papierindustrie, en ook niet in overeenstemming met de besparingscijfers die in het kader van de MJA zijn gerapporteerd: deze hebben een tamelijk gelijkmatig oplopend verloop (EZ, 2000). Hoewel de MJA-cijfers niet rechtstreeks kunnen worden gebruikt (aangezien ze betrekking hebben op besparing op primair energiegebruik en niet – zoals hier – op finaal energiegebruik), kunnen ze wel gebruikt worden voor een globale schatting. De totale besparing (incl. WKK) in 1999 bedroeg volgens (EZ, 2000) 6,3 PJ, waarvan 55% (3,5 PJ) ten gevolge van WKK. De besparing op finale toepassingen bedroeg dus circa 2,8 PJ, ofwel 0,3 PJ hoger dan de met MEI-Energie berekende bespa-

²³ Overeenkomend met 7,5% in 9 jaar, oftewel 0,8% per jaar.

ring. Dit kan beschouwd worden als een redelijk goede overeenkomst. De vergelijkingsbasis (in casu het gecorrigeerde MJA-besparingscijfer) is echter te zwak om te kunnen concluderen dat MEI-Energie voor deze sector 'dus' correcte berekeningsresultaten geeft.



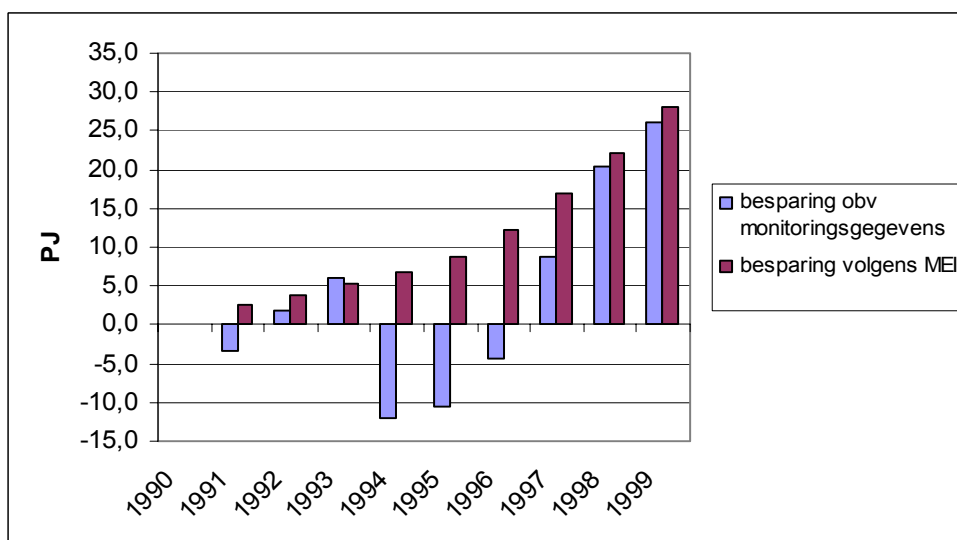
Figuur 5.5 Vergelijking energiebesparing van de papierindustrie (in PJ) volgens berekening met MEI-Energie en volgens berekening op basis van monitoringsgegevens (CBS)

Organische basischemie

In 1999 is het verschil tussen de op basis van CBS-gegevens (26 PJ) en de met MEI-Energie berekende besparing (28 PJ²⁴) slechts 2 PJ. Dit lijkt een goed resultaat, maar is in feite een toevalstreffer aangezien het verschil in de jaren vóór 1998 erg groot is. Evenals bij de papierindustrie is de reden dat de waargenomen besparing sterk fluctueert.

Opgemerkt wordt dat het in dit geval (anders dan bij de bouwmaterialen- en papierindustrie) niet mogelijk is een controleberekening uit te voeren op basis van MJA-resultaten. De MJA-cijfers hebben namelijk betrekking op de gehele chemische industrie (incl. kunstmestindustrie), en kunnen dus niet gebruikt worden om de besparing voor de organische basischemie te schatten.

²⁴ Overeenkomend met 12,8% in 9 jaar, oftewel 1,3% per jaar.



Figuur 5.6 Vergelijking energiebesparing van de organische basischemie (in PJ) volgens berekening met MEI-Energie en volgens berekening op basis van monitoringsgegevens (CBS)

5.3 Gevoeligheidsanalyse

5.3.1 Werkwijze

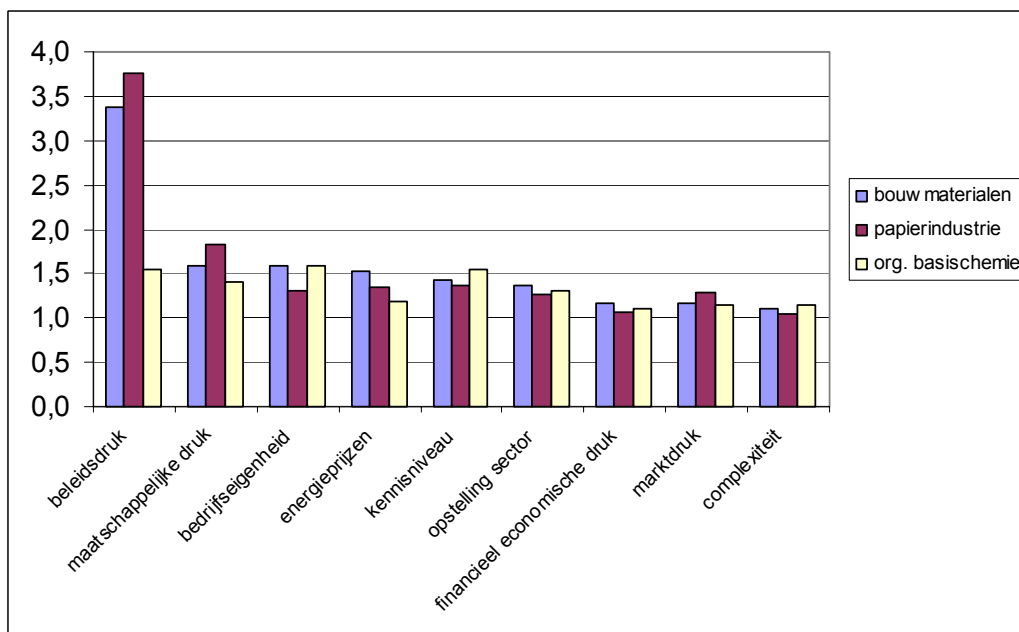
In deze paragraaf wordt nagegaan welke invloed de drijvende krachten, de bedrijfseigenheid en de energieprijzen hebben op de met MEI-Energie berekende besparing. De gevolgde procedure is dat telkens één parameter gevarieerd is; alle andere parameters hebben dezelfde waarden als bij de validatieberekening. Voor de drijvende krachten en de bedrijfseigenheid zijn de berekeningen uitgevoerd voor zowel een minimale als een maximale waarde²⁵. De energieprijzen zijn respectievelijk gehalveerd en verdubbeld.

Het grootste knelpunt bij de beoordeling van de resultaten van de gevoeligheidsanalyse is dat er voor de meeste parameters te weinig empirische informatie beschikbaar is om goed te kunnen vaststellen in hoeverre de met MEI-Energie berekende invloed overeenkomt met de werkelijkheid. Alleen voor de drijvende kracht 'beleidsdruk' en de energieprijzen konden in de literatuur aanknopingspunten worden gevonden voor deze beoordeling. Ook daarbij was strikt genomen geen sprake van empirische informatie, maar van gegevens die op basis van een modelmatige aanpak tot stand zijn gekomen. Bij de andere parameters heeft de beoordeling noodgedwongen plaatsgevonden op basis van expert judgement: wat lijkt logisch of plausibel. Dit knelpunt vloeit voort uit het feit dat 'de werkelijkheid' nu eenmaal geen systeem is waarin netjes telkens slechts één van de omstandigheden verandert terwijl alle andere gelijk blijven. In de praktijk veranderen alle omstandigheden in meer of meerdere mate continu. Dat de gevoeligheid voor de meeste parameters alleen op grond van expert judgement beoordeeld kan worden, wordt dus niet veroorzaakt doordat er over de jaren heen te weinig onderzoek is verricht naar het besparingsgedrag van

²⁵ Voor drijvende krachten respectievelijk 0 en 10, voor bedrijfseigenheid respectievelijk 0 en 1.

bedrijven, maar door de problemen om de effecten van individuele invloedfactoren op dit gedrag vast te stellen.

5.3.2 Resultaten en discussie



Figuur 5.7 Verhouding energiebesparing (1999) bij maximum- en minimumwaarde van bedrijfseigenheid, drijvende krachten en energieprijzen voor de bouwmaterialen-, papierindustrie en de organische basischemie

In figuur 5.7 is voor elk van de genoemde parameters het quotiënt van de besparing in 1999 bij respectievelijk een maximale en een minimale waarde weergegeven. Een waarde van 1 zou betekenen dat de desbetreffende parameter geen invloed heeft, een waarde van 2 betekent dat de energiebesparing bij een maximale waarde 2 maal zo groot is als bij een minimale waarde, enzovoorts.

Voor elk van de invoerparameters wordt nu besproken in hoeverre de gevoeligheid die MEI-Energie berekent overeenkomt met empirische gegevens en/of expert judgement.

Beleidsdruk

Bij de bouwmaterialen- en de papierindustrie is de invloed van beleidsdruk in vergelijking met die van de andere parameters verreweg het grootst. De energiebesparing is in een situatie met maximale beleidsdruk een factor 3,4 – 3,8 groter dan in een situatie met minimale beleidsdruk. Deze factor kan niet op basis van empirie worden geverifieerd, omdat een situatie met een maximale beleidsdruk voor het thema energiebesparing nog niet in de praktijk is voorgekomen²⁶. Wel

²⁶ Wel voor andere milieuthema's zoals CFK's in spuitbussen en dioxinen bij AVI's.

kan worden nagegaan of de invloed van het in de periode 1989-1999 vigerende MJA-beleid door MEI-Energie op een enigszins correcte manier wordt berekend. Volgens schattingen van de vakgroep NW&S van de Universiteit Utrecht is de bijdrage van MJA-beleid aan de besparing die in de periode 1990 – 1999 binnen de gehele industrie is bereikt 30 tot 50% (Rietbergen, 1999). Voor de chemische industrie schat NW&S een bijdrage van 20 tot 40% in, voor de overige industrie-sectoren een bijdrage van 40 tot 60%.

MEI-Energie berekent voor de bouwmaterialen- en de papierindustrie een bijdrage van het MJA-beleid van respectievelijk 60 en 50%²⁷. Dit is dus in overeenstemming met de inschatting van NW&S. Voor de organische basischemie berekent MEI-Energie voor de invloed van het MJA-beleid een waarde van 18%. Deze waarde is iets lager dan de 20 tot 40% die het MJA-beleid volgens NW&S heeft bijgedragen.

Maatschappelijke druk

De besparing bij een maximale maatschappelijke druk ligt in 1999 40 tot 80% hoger dan die bij een minimale waarde. Dit lijkt voor het thema energiebesparing vrij hoog, maar er zijn op andere terreinen voorbeelden te vinden waaruit blijkt dat maatschappelijke druk een grote invloed op het handelen van ondernemingen kan hebben (Brent Spar, kinderarbeid). Het is denkbaar dat ook energiebesparing in de toekomst grote maatschappelijke aandacht zal krijgen, bijvoorbeeld onder invloed van berichten over overstromingen die worden toegeschreven aan klimaatveranderingen. Net als bij beleidsdruk is de invloed bij de chemische industrie het kleinst.

Bedrijfseigenheid

Voor bedrijfseigenheid geldt dat de besparing bij een maximale waarde 30 tot 60% hoger ligt dan bij een minimale waarde. Dit lijkt aan de lage kant. Volgens onderzoek van NW&S is de jaarlijkse energiebesparing van sectoren met een zeer lage energierekening (en dus een zeer lage bedrijfseigenheid) zoals de lichte industrie en de dienstensector hoogstens enkele tienden van procenten; soms is er zelfs sprake van ontsparing. Voor sectoren met een hoge energierekening kan het tempo 1,5 tot 2% per jaar bedragen (EZ, 2000). Dit suggereert dat er in werkelijkheid een hogere gevoeligheid voor bedrijfseigenheid is dan MEI-Energie berekent. Vooral voor sectoren die tot de lichte industrie behoren berekent MEI-Energie een te hoog besparingstempo (1% per jaar); voor sectoren uit de energie-intensieve industrie zijn de verschillen ten opzichte van de genoemde 1,5 tot 2% veel kleiner (zie resultaten van validatie, paragraaf 5.2.4). Dit zou kunnen betekenen dat de huidige versie van MEI-Energie meer geschikt is voor berekeningen aan de energie-intensieve industrie dan voor berekeningen aan de lichte industrie.

Energieprijs

De energiebesparing stijgt bij een verviervoudiging van de energieprijzen met 20 tot 50%. Het is niet mogelijk dit op grond van empirie te verifiëren, omdat een dergelijke grote fluctuatie van de energieprijzen nooit voor langere tijd onder verder gelijkblijvende omstandigheden heeft plaatsgevonden. Voor de bouwmaterialen- en papierindustrie is de gevoeligheid wel min of meer in lijn met bevindingen van NW&S (De Beer, 1998). Op basis van onderzoeksgegevens over de bereid-

²⁷ Berekend als $(\text{besparing}_{\text{beleidsdruk conform validatie}} - \text{besparing}_{\text{beleidsdruk} = 0}) / \text{besparing}_{\text{beleidsdruk conform validatie}}$.

heid van ondernemers om maatregelen met een gegeven terugverdientijd te implementeren²⁸, wordt daarin voor de zware industrie geschat dat de energiebesparing bij een verdubbeling van de energieprijzen (100% heffing) met 30% toeneemt²⁹. MEI-Energie berekent voor de organische basischemie bij een verviervoudiging van de energieprijzen 18% toename van de energiebesparing. In het licht van de cijfers van NW&S – en ook gevoelsmatig – lijkt dit aan de lage kant.

Kennisniveau

De energiebesparing is bij een maximale waarde van het kennisniveau 35 tot 55% hoger dan bij een minimale waarde. Dit is volgens MEI-Energie het verschil in energiebesparing tussen een sector met een klein aantal bedrijven, een lage energie-intensiteit en geen kennisinstellingen, en een sector waar het tegenovergestelde voor geldt. Deze gevoeligheid kan niet op basis van empirie of literatuur worden geverifieerd, maar het lijkt plausibel dat het effect niet al te groot is. Er kan worden vermoed dat een laag kennisniveau vooral een negatieve invloed zal hebben op de penetratie van retrofit-technieken; voor vervangingsinvesteringen mag verwacht worden dat alle bedrijven – ook kleine met een lage energie-intensiteit – grondig de markt verkennen.

Opstelling van de sector

Het verschil in energiebesparing bij een minimale en een maximale waarde voor de opstelling van de sector bedraagt 25 tot ruim 35%. Deze drijvende kracht staat voor de intrinsieke en/of beleidsgestuurde bereidwilligheid die een sector heeft om energiebesparende maatregelen te treffen. Het is plausibel dat de hoogte van energiebesparing hier niet al te sterk van afhangt. Sectoren met een zeer negatieve opstelling zullen vanwege autonome vervangingsinvesteringen en beleidsdruk (MJA-taakstellingen) toch een redelijk energiebesparingstempo hebben gerealiseerd, terwijl sectoren met een zeer positieve opstelling in het algemeen geen investeringen zullen doen die buiten de normale rendementscriteria vallen.

Financieel economische druk

De financieel economische druk leidt bij een maximale waarde tot een 8 tot 16% hogere energiebesparing dan bij een minimale waarde. Deze drijvende kracht weerspiegelt het vermogen om investeringen te financieren (investeringsruimte) en om de kosten door te berekenen in de prijs van de producten. Het lijkt waarschijnlijk dat deze parameters in de praktijk een grotere invloed hebben dan MEI-Energie laat zien. Als er immers geen financiële middelen beschikbaar zijn (overeenkomend met lage waarden van deze drijvende kracht) kan er niet worden geïnvesteerd in energiebesparende maatregelen en zal het energiebesparingstempo zeer laag worden. Het tempo zal bij een 'normale' investeringsruimte dan al snel enkele malen hoger liggen. Aan de andere kant is te verwachten dat in het gebied waarin de rentabiliteit en de solvabiliteit tussen 'normaal'³⁰ en 'hoog' ligt, het energiebesparingstempo niet sterk beïnvloed wordt. Anders gezegd: een lage

²⁸ Het gaat hierbij om andere onderzoeken dan dat waarvan de resultaten in MEI-Energie worden toegepast (zie paragraaf 2.1).

²⁹ Het effect van een verviervoudiging wordt niet weergegeven, maar er kan op grond van het niet-lineaire verloop wel worden vastgesteld dat dit effect aanmerkelijk kleiner is dan 69% (twee maal 30%).

³⁰ Dit is het punt waarbij geldgebrek geen belangrijke reden is om gewenste investeringen niet te doen.

investeringsruimte heeft wel een remmende invloed, maar een (zeer) hoge investeringsruimte heeft nauwelijks of geen versnellende werking op het energiebesparingstempo. Wanneer dus met MEI-Energie gerekend wordt voor sectoren die financieel redelijk gezond zijn (en dat zal meestal het geval zijn) zal de geringe gevoeligheid een goede weerspiegeling zijn van de werkelijke situatie.

Marktdruk

De energiebesparing is bij een maximale waarde van de marktdruk 16 tot 30% hoger dan bij een minimale waarde. De score van de marktdruk wordt in MEI-Energie bepaald door de mate waarin er sprake is van gericht productbeleid om energiezuinige producten te ontwerpen. Het lijkt niet logisch dat dergelijk beleid per definitie (een positieve) invloed zal hebben op de energie-efficiëntie van het productieproces. Het is ook denkbaar dat voor de productie van een energiezuinig product per eenheid meer energie nodig is.

Complexiteit

Het verschil in energiebesparing bij een minimale en een maximale waarde voor de complexiteit bedraagt 6 tot 15%. Deze drijvende kracht heeft in MEI-Energie vooral een vertragende werking, aangezien het verschil in de jaren vóór 1999 aanmerkelijk groter is. De invloed van deze drijvende kracht wordt kleiner naarmate de periode waarvoor gerekend wordt langer is. Of dit mechanisme in werkelijkheid ook optreedt is niet op basis van empirie vast te stellen, maar lijkt niet geheel onlogisch. Een minimale waarde van deze drijvende kracht weerspiegelt namelijk de situatie waarbij implementatie wel bemoeilijkt wordt (bijvoorbeeld omdat de productie moet worden stilgelegd), maar niet minder aantrekkelijk wordt.

5.4 Conclusies

5.4.1 Validatie

Het uiteindelijke doel van de validatie was na te gaan in hoeverre MEI-Energie bruikbaar is om toekomstige ontwikkelingen op het gebied van energiebesparing te prognosticeren.

Allereerst moet worden vastgesteld dat de vraag in hoeverre de met MEI-Energie berekende energiebesparingsreeksen overeenstemmen met de werkelijkheid moeilijk kan worden beantwoord. Het is duidelijk dat besparingscijfers die berekend zijn op basis van CBS-energiegegevens en productiegegevens eigenlijk geen goede referentie zijn. Voor de bouwmaterialenindustrie geldt dat het een groot verschil maakt of gebruik wordt gemaakt van de sectorgegevens uit deel 1 van de NEH, dan wel van de subsectorgegevens uit deel 2. Voor de papierindustrie en de organische basischemie geldt dat de reeksen een dermate grillig verloop hebben dat ernstig getwijfeld moet worden aan de juistheid van de berekende besparingscijfers. Deze grilligheid is niet op basis van bekende ontwikkelingen binnen de sectoren te verklaren, en strookt ook niet met het veel gelijkmatigere verloop van de MJA-monitoringsgegevens voor de papierindustrie en de chemie. Gezien de meer gedetailleerde en doorwrochte monitoring van productie-ontwikkelingen die aan de MJA-besparingscijfers ten grondslag ligt, zijn deze mogelijk betrouwbaarder dan de cijfers die

gebaseerd zijn op de CBS-gegevens. Voor de bouwmaterialen- en papierindustrie blijkt dat de met MEI-Energie berekende besparing in 1999 redelijk goed overeenkomt met de MJA-cijfers³¹. Voor de organische basischemie komen MJA-cijfers echter helaas niet in aanmerking als referentie, aangezien ze betrekking hebben op de gehele chemie. Gezien het belangrijke aandeel van de chemische industrie in het energiegebruik van de industrie zal MEI-Energie ook voor deze sector gevalideerd moeten worden: de afbakening dient dan wel afgestemd te worden op de MJA-afbakening.

Vooropgesteld dat MEI-Energie ook voor de chemie gevalideerd kan worden, is het model desondanks nog niet zonder meer bruikbaar om toekomstige ontwikkelingen op het gebied van energiebesparing te prognosticeren. De reden is dat de belangrijke invloed die Europese CO₂-emissiehandel in de toekomst – wellicht al vanaf 2005 – zal gaan hebben op het besparingsgedrag van ondernemingen nog niet is onderzocht. MEI-Energie biedt al wel de mogelijkheid om emissiehandel als beleidsinstrument te kiezen (zie bijlage 3), maar er is nog niet vastgesteld welke uitkomsten het model dan geeft. Feitelijk kan deze activiteit pas goed worden uitgevoerd als bekend is welke taakstellingen de industrieën in de 15 Europese lidstaten krijgen opgelegd. Er kan dan een inschatting worden gemaakt van de verwachte prijs van emissierechten. Deze prijs zal in hoge mate bepalen welke investeringen Nederlandse bedrijven nog zelf zullen treffen, en welke investeringen ze zullen vermijden door emissierechten te kopen. Volgens de theorie zullen bedrijven namelijk geen investeringen doen die per eenheid gereduceerde CO₂ duurder zijn dan deze prijs. Vooruitlopend op het beschikbaar komen van informatie over feitelijke taakstellingen kunnen wellicht met MEI-Energie al berekeningen worden uitgevoerd die gebaseerd zijn op een veronderstelde prijs van emissierechten. De uitkomsten kunnen dan alleen op basis van expert judgement worden beoordeeld, omdat nog nergens op grote schaal ervaring is opgedaan met CO₂-handelssystemen.

5.4.2 Gevoeligheidsanalyse

Het doel van de gevoeligheidsanalyse was om na te gaan in hoeverre het model bruikbaar is als expert-ondersteunend systeem. Aan een dergelijk systeem kunnen andere eisen worden gesteld dan aan een prognosemodel. Het hoeft niet per definitie in staat te zijn om het toekomstige energiebesparingtempo exact uit te rekenen, maar moet wel de invloed van een aantal belangrijke parameters – zoals beleid en energieprijzen – op dat tempo correct kunnen berekenen. Het antwoord op de vraag of MEI-Energie bruikbaar is voor deze toepassing is niet met een eenduidig ja of nee te beantwoorden. Voor de meeste parameters berekent MEI-Energie een gevoeligheid die in lijn – of in ieder geval niet strijdig – is met gegevens uit de literatuur of expert judgement. Het gaat om beleidsdruk, maatschappelijke druk, kennisniveau, opstelling en complexiteit. Er is vooralsnog geen aanleiding om de gevoeligheid voor deze parameters aan te passen.

³¹ Voor de papierindustrie was het nodig te corrigeren voor de WKK-bijdrage aan de gerapporteerde besparing.

Voor ‘bedrijfseigenheid’ en ‘financieel economische druk’ is geconstateerd dat het model bij lage waarden een hogere besparing berekent dan op grond van empirie (bedrijfseigenheid) of logica (financieel economische druk) verwacht mag worden. De energiebesparing die MEI-Energie bij hogere waarden berekent is in lijn met monitoringsgegevens. Om het model geschikt te maken voor berekeningen aan sectoren die tot de lichte industrie behoren en/of weinig investeringsruimte hebben, dient het op deze punten te worden aangepast.

De gevoeligheid van het model voor de ‘energieprijs’ is voor de sectoren bouwmaterialen- en papierindustrie in lijn met literatuurgegevens, maar voor de organische basischemie aan de lage kant. Modeltechnisch is dit als volgt te verklaren: een lage energieprijs heeft voor deze sector weliswaar een sterk verlagende invloed op het bedrijfseconomisch potentieel ($P_{\max \text{ econ}}$, zie figuur 4.3), maar dit effect wordt voor een belangrijk deel teniet gedaan door de externe drijvende krachten beleidsdruk en maatschappelijk druk. Deze situatie lijkt niet erg plausibel. Dit zou namelijk betekenen dat maatregelen die niet voldoen aan de rentabiliteitscriteria van bedrijven, vanwege beleids- en/of maatschappelijke druk toch genomen worden. Dit strookt niet met het gegeven dat het MJA-beleid er niet op gericht is geweest om bedrijven aan te zetten tot het nemen van onrendabele maatregelen, en dit effect in de praktijk ook niet heeft gehad. Een aanpassing van het model lijkt hier op zijn plaats.

Dat ‘marktdruk’ altijd een (weliswaar kleine) positieve invloed heeft op energiebesparing lijkt niet erg plausibel. Marktdruk weerspiegelt de druk die van het beleid uitgaat om energiezuiniger producten te produceren. Dit hoeft niet per definitie tot verbetering van de energie-efficiëntie van het productieproces te leiden. Deze drijvende kracht kan daarom beter uit het model worden verwijderd.

5.5 Aanbevelingen

Aanpassingen

Het model dient zodanig te worden aangepast dat:

- de dempende invloed van lage energieprijzen op de rentabiliteit van maatregelen bij de organische basischemie meer dan nu tot uiting komt in een lager energiebesparingstempo.
- het voor sectoren uit de lichte industrie en voor sectoren met een kleine financiële investeringsruimte een lager energiebesparingstempo berekent dan nu het geval is.

Uitbreiden om besparing op primair energiegebruik mogelijk te maken

De berekeningen met het model hebben tot nu toe alleen betrekking gehad op besparingen op finaal energiegebruik. Vanuit beleidsoogpunt zijn besparingen op primair energiegebruik echter relevanter. Hierin is namelijk ook de brandstofinzet betrokken voor de opwekking van elektriciteit en stoom (bijvoorbeeld in elektriciteitscentrales of warmtekrachtinstallaties). Om de besparing op primair energiegebruik te kunnen berekenen moet MEI-Energie worden uitgebreid met de techniek warmtekrachtkoppeling (in het werkblad icarus, zie bijlage 1) en met beleidsinstrumenten die specifiek op deze techniek zijn toegesneden (in het werkblad veranderjaren, zie bijlage 3).

Ook zal onderzocht moeten worden in hoeverre MEI-Energie de ontwikkeling van het finale elektriciteit- en stoomgebruik van sectoren juist berekent. In het hier gerapporteerde onderzoek is geen onderscheid gemaakt naar energiedragers.

Onderzoeken welke aanpassingen nodig zijn voor 'CO₂-emissiehandel'

Het instrument CO₂-emissiehandel zal vanaf 2005 – het beoogde startjaar - een steeds belangrijker invloed gaan hebben op het besparingsgedrag van bedrijven. Emissiehandel is reeds als beleidsinstrument opgenomen in het werkblad 'veranderjaren', maar het is zeer de vraag of MEI-Energie zonder aanpassing plausibele berekeningsresultaten kan geven. Op voorhand is duidelijk dat het besparingsgedrag van bedrijven sterk bepaald zal worden door de prijs van emissierechten. Deze prijs is afhankelijk van de totale reductietaakstelling die de Europese industrie krijgt opgelegd en van de kosteneffectiviteit van de maatregelen die zij kan nemen om aan de taakstelling te voldoen. Deze informatie zal op enige wijze in het model moeten worden ingevoerd wil het betrouwbare resultaten voor het instrument emissiehandel kunnen berekenen. In paragraaf 2.1 is al een voorzet gegeven voor mogelijke manieren om emissiehandel te modelleren.

Opnieuw testen

Na deze aanpassingen en uitbreidingen zal het model opnieuw getest moeten worden, zowel voor historische als voor toekomstige ontwikkelingen. Gezien het grote aandeel van de chemische industrie in het industriële energiegebruik dient deze sector in ieder geval opnieuw geselecteerd te worden. Om problemen met de beschikbaarheid van referentiedata te vermijden – zoals nu het geval was met de organische basischemie – dient de afbakening van sectoren hierop te worden afgestemd. Bij voorkeur wordt het testen door meerdere deskundigen van verschillende instituten (bijvoorbeeld Novem, ECN) gedaan. Op basis hiervan kan worden vastgesteld in hoeverre de uitkomsten van het model 'gebruikers-afhankelijk' zijn.

Evaluatie van MEI-Energie door andere instituten (ECN, CPB, Novem)

Het is noodzakelijk de modelstructuur en –resultaten aan deskundigen bij instituten als ECN, CPB en Novem te presenteren. Het doel is enerzijds om vast te stellen welke toegevoegde waarde MEI-Energie ten opzichte van SAVE en NEMO kan hebben, anderzijds om na te gaan welke verbeterpunten de externe deskundigen eventueel kunnen aandragen.

Prioriteren van door de gebruiker te beantwoorden vragen

Voor gebruikers die niet bij de ontwikkeling van het model betrokken zijn geweest is niet duidelijk welke invloed hun antwoorden op de vragen in de werkbladen 'algemeen' en 'veranderjaren' hebben op het berekeningsresultaat. Ook wordt niet aangegeven welke drijvende krachten met welke vragen samenhangen. De gebruiker kan daardoor niet bepalen hoe kritisch hij moet zijn bij het invullen van zijn antwoorden, en hoeveel inspanning hij dus moet verrichten om de gevraagde gegevens boven tafel te krijgen. Een oplossing kan zijn om toelichtingen in de desbetreffende werkbladen of in een beknopte handleiding op te nemen.

Literatuur

- Beer, J.G. de, Potential for industrial energy-efficiency improvement in the long term, Proefschrift Universiteit Utrecht, november 1998
- Beer, J. de, M. Kerssemeeckers, R. Aalbers, H.R.J. Vollebergh, I. Ossokina, P. Mulder en K. Blok, Effectiviteit energiesubsidies, Report for IBO Energiesubsidies, Utrecht, 2000
- Boonekamp, P.G.M., H. Mannaerts, H.H.J. Vreuls, B. Wesselink, Protocol monitoring energiebesparing, CPB, ECN, Novem en RIVM, december 2001
- Elzenga, H.E., R.F.J.M. Engelen, J.J. van Wijk, J.P.M. Ros, Energiebesparing industrie – naar een energiebesparingsmodel, RIVM-rapport 778011003, Bilthoven, maart 2000
- EZ, 2000, Meerjarenafspraken Energie-efficiency, Resultaten 1999, Ministerie van Economische Zaken, 2000
- Gillissen, M., H. Opschoor, J. Farla en K. Blok, Energy conservation and investment behaviour of firms, oktober 1995
- Groot, H.L.F. de, E.T. Verhoef, P. Nijkamp, Energy saving by firms, decision-making, barriers and policies, *Energy Economics*, 23 (6), pp. 717-740, 2001
- Rietbergen, M., K. Blok, The environmental performance of voluntary agreements on industrial energy efficiency improvement, Universiteit Utrecht, december 1999
- Velthuisen, J.W., Determinants of investment in energy conservation, Rijksuniversiteit Groningen, proefschrift, juni 1995
- Wijk, J.J. van, R.F.J.M. Engelen, J.P.M. Ros, Model effectiviteit instrumenten – energiebesparing industrie (MEI-Energie), RIVM-rapport 778011004, Bilthoven, februari 2001
- Wijk, J.J. van, R.F.J.M. Engelen, J.P.M. Ros, Beleidsinstrumenten en energiebesparing door bedrijven, *Beleidswetenschap*, 15e jaargang nr. 3, september 2001
- Wijk, J.J. van, R.F.J.M. Engelen, J.P.M. Ros, Modelling the relationship between energy-saving behaviour of industrial companies and the role of environmental policy instruments, Paper presented at the Open Meeting of the Global Environmental Change Research Community, Rio de Janeiro, October 6-8, 2001 (<http://sedac.ciesin.columbia.edu/openmeeting>)

Verzendlijst

- 1 Dr. M.J.W. Sprenger, Directeur-Generaal RIVM
- 2 Depot Nederlandse Publicaties en Nederlandse Bibliografie
- 3 Mw. A.C.M. Boel – VROM/DGM/SB/BM, den Haag
- 4 Drs. H. van der Wal – VROM/DGM/SB/BM, den Haag
- 5 Drs. R.F.A. Cuelenaere – VROM/DGM/KVI, den Haag
- 6 Drs. F. Vlieg – VROM/DGM/KVI, den Haag
- 7 Drs.P. Hofmeijer – VROM/DGM/KVI, den Haag
- 8 Ir. W.J. Bruring – VROM/DGM/KVI, den Haag
- 9 Ing. L. de Jonge – VROM/DGM/KVI/PM, den Haag
- 10 Drs. N. Verheul – VROM/DGM/KVI/I, den Haag
- 11 Drs. A. Kwak – VROM/DGM, den Haag
- 12 Dhr. E.J.W. Schmersal – VROM/DGM, den Haag
- 13 Drs. C.J. Sliggers – VROM/DGM, den Haag
- 14 Drs. K.J.M. Koops – EZ, den Haag
- 15 Drs. P. Aubert – EZ, den Haag
- 16 Ir. L. van Damme – EZ, den Haag
- 17 Dr. M.J.P. Botman – EZ, den Haag
- 18 Drs. R.P. Tops – EZ, den Haag
- 19 Drs. P.T.M. van Slobbe – EZ, den Haag
- 20 Ir. J.R. Ybema – ECN/Beleidsstudies, Amsterdam
- 21 Drs. ir. A.W.N. van Dril – ECN/Beleidsstudies, Amsterdam
- 22 Ir. P.G.M. Boonekamp – ECN/Beleidsstudies, Amsterdam
- 23 Dr. B.W. Daniëls – ECN/Beleidsstudies, Amsterdam
- 24 Ir. P. Kroon – ECN/Beleidsstudies, Amsterdam
- 25 Dr. M. Mulder – CPB, den Haag
- 26 Drs. M. Lijesen – CPB, den Haag
- 27 Prof. dr. K. Blok – Copernicus Instituut/UU, Utrecht
- 28 Drs. ing. D.J. Treffers – Copernicus Instituut/UU, Utrecht
- 29 Drs. E.A. Alsema – Copernicus Instituut/UU, Utrecht
- 30 Dr. M.K. Patel – Copernicus Instituut/UU, Utrecht
- 31 Drs. P. Mulder – VU/IVM, Amsterdam
- 32 Prof. dr. H. Bressers – UT/CSTM, Enschede
- 33 Dr. M. Arentsen – UT/CSTM, Enschede
- 34 Prof. dr. P. Leroy – KUN, Nijmegen
- 35 Prof. dr. P. Glasbergen – Copernicus Instituut/UU, Utrecht
- 36 Dr. W. Vermeulen – Copernicus Instituut/UU, Utrecht
- 37 Dr. M. Hisschemöller – VU /IVM, Amsterdam
- 38 Dr. G.J.M. Phylipsen – Ecofys, Utrecht
- 39 Ir. M.J.M. Harmelink – Ecofys, Utrecht
- 40 Drs. D. Both – NOVEM, Utrecht
- 41 Ir. T.G.F. Nohlmans – NOVEM, Utrecht
- 42 Dr. M. Booij – NOVEM, Utrecht
- 43 Ing. W.A van Asselt – NOVEM, Utrecht
- 44 Drs. E. Everts – NOVEM, Utrecht
- 45 Dr. H. Verduin – CBS, Voorburg
- 46 Ir. J.W. Pouwelse – CBS, Voorburg
- 47 Drs. J. van Swigchem – CE, Delft

-
- 48 Ir. I. de Keizer – CE, Delft
49 Drs. J.A. Oude Lohuis – KMD
50 Drs. A. Gijsen – KMD
51 Drs. A.P.G. de Moor – KMD
52 Prof. dr.. H.J.M. de Vries – KMD
53 Mr. G.L. Duvoort – KMD
54 Dr. J.C.M. Farla – KMD
55 Ing. J.A.H.W. Peters – KMD
56 Ing. J.A. Montfoort – KMD
57 Drs. J.G.J. Olivier – KMD
58 Drs. R.A. van den Wijngaart – KMD
59 Ir. T. Kram – KMD
60 Drs. D.P. van Vuuren – KMD
61 Prof. ir. N.D. van Egmond – Directeur MNP
62 Dr. ir. B. Metz – teamleider KMD
63 Ir. K. Wieringa – teamleider LED
64 Drs. R.J.M. Maas – teamleider NMD
65 Dr. M.A.J. Kuijpers-Linde – teamleider RIM
66 Drs. O. van Gerwen – teamleider SCA
67 Ir. E.R. Soczo – NMD
68 Dr. ir. A.M. Idenburg – NMD
69 Dr. M.M.P. van Oorschot – NMD
70 Dr. H.C. Wilting – NMD
71 Ir. W.L.M. Smeets – LED
72 Ir. J.P. Beck – LED
73 Drs. M.W. van Schijndel – LDL
74 Drs. J.J. van Wijk – NMD
75 Ir. A. Faber – NMD
76 SBC/Communicatie
77-83 Auteurs
84 Bureau Rapportenregistratie
85 Bibliotheek RIVM
86-95 Bureau Rapportenbeheer

Bijlage 1 Validatiegegevens in werkblad 'Icarus'

Bouwmaterialen																							
Measure description	Measure identifiers	energy use (PJ) per SBI			energiegebruik per functie (PJ)			Penetration data				Energy savings (relative)			Cost data (relative)		Life-time	Measure classification			Implementation characteristics		
	Energy function	elec- tric	fuel	steam	elec- tric	fuel	steam	first year impl.	pene- tr. 1990	pene- tr. 1994	techn. max. penetr.	sav- ings elec- tr.	sav- ings fossil fuel	sav- ings stea m/h w	add. in- vest. costs	add. O& M costs	Econ- . life- time	scha- al-fac- tor	meas- ure type	meas- ure cate- gory	core prod- . pro- cess	stan- dard tech- n.	tech- n. impl. req.
	<i>name</i>							-	%	%	%	%	%	€/GJ	€/GJ	yr		N,R, G	0..15	0/1	0/1	P/M// S	
Machines	Power	5,40			3,46	-	-	1985	0		100	30		0	45,37	0,23	15	0,7	N	9	1	0	1
Fans	Cooling	5,40			1,08	-	-	1985	0		100	15		0	45,37	-	15	0,7	N	9	0	1	0,5
Lighting	Lighting	5,40			0,16	-	-	1985	0		100	40		0	34,03	-	15	0,9	N	7	0	1	0
Brick-heat loss	Firing		35,50		-	7,85	-	1985	0		100		40	0	24,05	0,23	20	0,9	R	3	0	0	1
Brick-kiln wagons	Firing		35,50		-	7,85	-	1985	0		100		8	0	36,30	-	20	0,9	R	3	0	1	1
Brick-heat recovery	Firing		35,50		-	7,85	-	1985	0		100		10	0	22,69	-	10	0,9	R	4	0	0	1
Brick-process control	Firing		35,50		-	8,91	-	1985	0		100		11	0	20,42	-	20	0,5	R	2	1	0	0,5
Pottery-housekeeping	General		35,50		-	2,80	-	1985	0		100		15	0	-	-	20	0,5	G	1	0	0	0
Pottery-drying	Drying		35,50		-	0,78	-	1985	0		100		50	0	15,88	0,23	20	0,7	N	11	1	0	1
Pottery-Kiln	Firing		35,50		-	1,92	-	1985	0		100		50	0	22,69	0,23	20	0,7	N	11	1	0	1
Cement-miscell.	Clinker production		35,50		-	5,18	-	1985	0		100		20	0	11,34	0,23	20	0,7	N	10	1	0	1
Mineralisers	Cement production		35,50		-	5,18	-	1985	0		100		3	0	-	2,27	20	0,7	G	10	1	1	0,5
Glass-kiln	Melting		35,50		-	8,09	-	1985	0		100		25	0	9,07	0,23	20	0,7	N	11	1	1	1
Glass-forehearth	Melting		35,50		-	0,96	-	1985	0		100		100	0	9,07	-	10	0,7	N	11	1	1	1
Glass-other	Melting		35,50		-	9,19	-	1985	0		100		5	0	13,61	-	20	0,7	R	10	1	0	0,5

Bouwmaterialen (vervolg)																							
	Measure identifiers	energy use (PJ) per SBI			energiegebruik per functie (PJ)			Penetration data				Energy savings (relative)			Cost data (relative)		Life-time	Measure classification			Implementation characteristics		
Measure description	Energy function	elec- tric	fuel	steam	elec- tric	fuel	steam	first year impl.	pene- tr. 1990	pene- tr. 1994	techn. max. penetr.	sav- ings elect- r.	sav- ings fossil fuel	sav- ings stea- m/h w	add. in- vest. costs	add. O& M costs	Econ- .life- time	scha- al-fac- tor	meas- ure type	meas- ure cate- gory	core prod- .pro- cess	stan- dard tech- n.	tech n. impl. req.
	<i>name</i>							-	%	%	%	%	%	%	€/GJ	€/GJ	yr		N,R, G	0..15	0/1	0/1	P/M// S
Glass-spaceheating	Space-heating		35,50		-	0,64	-	1985	0		100		100	0	8,17	0,23	10	0,9	R	4	0	1	0
Miscellaneous	General		35,50		-	7,81	-	1985	0		100		40	0	13,61	0,14	20	0,7	N	10	1	0	1

Papier																							
Measure description	Measure identifiers	energy use (PJ) per SBI			energiegebruik per functie (PJ)			Penetration data				Energy savings (relative)			Cost data (relative)		Life-time	Measure classification			Implementation characteristics		
	Energy function	electric	fuel	steam	electric	fuel	steam	first year impl.	pene tr. 1990	pene tr. 1994	tech n. max. penet r.	sav-ings elect r.	sav-ings fossil fuel	sav-ings steam/h w	add. in-vest. costs	add. O&M costs	Econ. life-time	scha al-fac tor	meas ure type	meas ure cate-gory	core prod . process	stan dard tech n.	tech n. impl. req.
	<i>name</i>						-	%	%	%	%	%	%	€/GJ	€/GJ	yr		N,R,G	0-15	0/1	0/1	P/M/S	
overall - energy management	All	8,50	7,70	13,40	8,50	7,70	13,40	1975	0	20	100	2	2	2	2,3	0,5	20	0,5	G	1	0	1	0,5
optimizing process control	All	8,50	7,70	13,40	8,42	7,62	13,27	1985	0	0	100	2	2	0	4,5	0,5	20	0,5	G	2	0	1	1
stock preparation - steam demand	Drying	8,50	7,70	13,40	0,85	0,77	1,34	1985	0	0	100	0	0	90	0	0	20	0,9	G	4	0	1	1
long nip press	Drying	8,50	7,70	13,40	-	6,93	12,06	1985	0	50	100	0	16	16	22,7	1,4	25	0,7	N	10	1	1	1
raising of the dew point	Drying	8,50	7,70	13,40	-	6,93	12,06	1985	0	10	100	0	5	5	34	0,9	20	0,9	R	3	1	0	1
completely covered drying section	Drying	8,50	7,70	13,40	-	6,93	12,06	1990	0	0	100	0	1	1	45,4	2,3	25	0,9	R	3	0	1	1
more efficient steam distribution	Drying	8,50	7,70	13,40	-	5,31	9,25	1985	0	0	100	0	5	5	22,7	0,5	20	0,9	R	3	0	1	0
waste heat recovery	Drying	8,50	7,70	13,40	-	5,08	8,84	1985	0	0	100	0	5	5	34	3,2	20	0,9	R	4	0	0	1
machines		8,50	7,70	13,40	4,59	-	-	1985	0	0	100	25	0	0	9,1	0,5	20	0,7	N	9	0	1	1
energy efficient motors and direct drives	Electrical drives	8,50	7,70	13,40	2,13	-	-	1980	0	50	100	12	0	0	22,7	0,5	20	0,7	N	9	0	1	1
pumps various	Drying	8,50	7,70	13,40	2,72	-	-	1985	0	0	100	40	0	0	18,1	0,5	20	0,7	N	9	0	1	1
lighting		8,50	7,70	13,40	0,43	-	-	1985	0	0	100	25	0	0	22,7	0,5	20	0,9	N	7	0	1	0
electricity - other		8,50	7,70	13,40	0,77	-	-	1985	0	0	100	25	0	0	22,7	0,5	20	0,7	R	9	0	1	0,5

Organische basischemie																							
	Measure identifiers	energy use (PJ) per SBI			energiegebruik per functie (PJ)			Penetration data				Energy savings (relative)			Cost data (relative)		Life-time	Measure classification			Implementation characteristics		
Measure description	Energy function	electric	fuel	steam	electric	fuel	steam	first year impl.	pene tr. 1990	pene tr. 1994	tech n. max. pene tr.	sav-ings elect r.	sav-ings fossil fuel	sav-ings stea m/h w	add. invest. costs	add. O& M costs	Econ . life-time	scha al-fac tor	meas ure type	meas ure cate-gory	core prod . process	stan dard tech n.	techn. impl. req.
	<i>name</i>							-	%	%	%	%	%	%	€/GJ	€/GJ	yr		N,R,G	0..15	0/1	0/1	P/M//S
Overall: house-keeping	Overall	13,10	320,20	50,10	-	320,20	50,10	1985	0		100	0	3	3	4,54		10	0,5	G	1	0	1	0
Overall: process integration	Overall	13,10	320,20	50,10	-	320,20	50,10	1985	0		100	0	7	7	9,08		15	0,5	G	2	0	1	0
Overall: other measures	Overall	13,10	320,20	50,10	-	320,20	50,10	1985	0		100	0	2	2	6,81		20	0,5	G	1	0	1	0
Overall: heat pumps	Overall	13,10	320,20	50,10	-	12,81	2,00	1985	0		100	0	90	90	13,61	0,45	20	0,9	N	4	0	1	0,5
Olefines: cracking furnace - selective cracking	Ole-fins/Aromatics	13,10	320,20	50,10	-	202,69	31,71	1985	0		100	0	4	4	0		20	0,7	R	11	1	1	1
Olefines: cracking furnace - misc.	Ole-fins/Aromatics	13,10	320,20	50,10	-	101,34	15,86	1985	0		100	0	4	4	45,38	0,45	20	0,7	R	11	1	1	1
Olefines: fractionation	Ole-fins/Aromatics	13,10	320,20	50,10	-	202,69	31,71	1985	0		100	0	4	4	0		20	0,7	N	10	1	1	1
Aromatics: reducing reflux ratio	Ole-fins/Aromatics	13,10	320,20	50,10	-	57,00	8,92	1985	0		100	0	10	10	0		20	0,5	G	1	1	1	0
Styrene: catalysts	other	13,10	320,20	50,10	-	7,36	1,15	1985	0		100	0	12,5	12,5	0,00	0,45	20	0,7	N	10	1	0	0
Styrene: packed columns	other	13,10	320,20	50,10	-	7,36	1,15	1985	0		100	0	12,5	12,5	11,34	0,23	20	0,9	R	4	1	1	0,5

Organische basischemie (vervolg)																							
Measure description	Measure identifiers	energy use (PJ) per SBI			energiegebruik per functie (PJ)			Penetration data			Energy savings (relative)			Cost data (relative)		Life-time	Measure classification			Implementation characteristics			
		elec- tric	fuel	steam	elec- tric	fuel	steam	first year impl.	pene- tr. 1990	pene- tr. 1994	tech- n. max. pene- tr.	sav- ings elec- tr.	sav- ings fossil fuel	sav- ings stea- m/h w	add. invest. costs		add. O& M costs	scha- al-fac- tor	meas- ure type	meas- ure cate- gory	core prod- . process	stan- dard tech- n.	techn. impl. req.
	<i>name</i>						-	%	%	%	%	%	%	€/GJ	€/GJ	yr		N,R, G	0..15	0/1	0/1	P/M/S	
MVC: EDC-cracker	other	13,10	320,20	50,10	-	3,20	0,50	1985	0		100	0	10	10	9,08	0,45	20	0,9	R	4	0	1	0
MeOH: hydrogen recovery	Methanol	13,10	320,20	50,10	-	23,05	3,61	1985	0		100	0	4	4	2,27		15	0,7	R	6	0	1	0,5
MeOH: Lurgi combined process	Methanol	13,10	320,20	50,10	-	23,05	3,61	1985	0		100	0	13	13	68,07	0,68	25	0,7	N	10	1	0	1
Elec: good house-keeping/maintenance	Overall	13,10	320,20	50,10	13,10	-	-	1985	0		100	10	0	0	0,00	0,45	10	0,5	G	1	0	1	0
Pumps: matching system and HE-pumps	Overall	13,10	320,20	50,10	1,69	-	-	1985	0		30	30	0	0	40,84		15	0,7	N	9	0	1	0,5
energy efficient motors	Overall	13,10	320,20	50,10	1,83	-	-	1985	0		100	3	0	0	40,84		15	0,7	N	9	0	1	0,5
Pumps: adjustable speed drives	Overall	13,10	320,20	50,10	3,94	-	-	1980	10		70	32,3	0	0	34,03		15	0,7	R	9	0	1	0,5
Fans: matching system and HE-fans	Overall	13,10	320,20	50,10	0,92	-	-	1985	0		100	10	0	0	45,38		15	0,7	N	9	0	1	0,5
Other components: adjustable speed drives	Overall	13,10	320,20	50,10	2,49	-	-	1985	0		50	30	0	0	34,03		15	0,7	R	9	0	1	0,5
Compressed air	Overall	13,10	320,20	50,10	1,97	-	-	1985	0		100	35	0	0	15,88		15	0,7	N	9	0	1	0,5
Lighting	Overall	13,10	320,20	50,10	0,39	-	-	1985	0		100	35	0	0	22,69		15	0,9	N	7	0	1	0

Bijlage 3 Validatiegegevens in werkblad ‘veranderjaren’

bouwmaterialenindustrie

		toepassingsbereik (%)	hardheid	niveau uitv + handh.	afstand tot doel
A. Welke instrumenten zijn van kracht en in welke mate?					
1	Convenant BM				
2	MJA eerste generatie	1990: 0% 1992: 30% 1993: 50% 1994: 60% 1997: 60% 1998: 90%	zacht	hoog	groot
3	MJA tweede generatie				
4	Concern-vergunning	1990: 100% 1992: 70% 1993: 50% 1994: 40% 1997: 40% 1998: 10%	zacht	laag	klein
5	Milieuvergunning op maat				
6	Milieuvergunning op hoofdlijnen				
	totaal	100%			
B. Verhandelbaarheid (nationaal en internationaal)					
9	Welk percentage van het energiegebruik (of CO ₂ emissies) valt onder een systeem van verhandelbare emissies?	0%			
27	Welk percentage van de CO ₂ reductie mag de sector in het buitenland halen?	0%			
C. Flankerend beleid.					

			Scores drijvende krachten						
			1990-1991	1992	1993	1994-1996	1997	1998-1999	
8	Hoe hoog is de subsidie (%) op de investeringsregeling?	1990-1996: 10% 1997-1999: 19%							
21	Welk deel van de doelgroep (gerekend in energiegebruik) maakt naar verwachting aanspraak op subsidies of fiscale voordelen?	1990-1996: 0% 1997: 50% 1998-1999: 70%							
11a	Wat is de heffing (%) voor grote bedrijven op elektriciteit?	0%							
11b	Wat is de heffing (%) voor kleine bedrijven op elektriciteit?	0%	fin. Ec	4,8	6,0	5,9	6,0	5,9	5,8
11c	Wat is de heffing (%) voor grote bedrijven op gas?	0%	complexiteit	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
11d	Wat is de heffing (%) voor kleine bedrijven op gas?	0%	marktdruk	-	-	-	-	-	-
13	In hoeverre is er sprake van gericht produktbeleid om energiezuinige producten te ontwerpen?	niet	beleidsdruk	-	5,7	5,9	6,0	6,0	6,3
D. Beleid algemeen.			opstelling	5,1	5,3	5,3	5,3	5,5	5,6
7	Wat is de prioriteit van energiebesparing t.o.v. overig milieubeleid?	1990-1999: laag	maatsch.druk	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4,2
10	Wat is de (gemiddelde) reductiedoelstelling (in dit jaar) van de onder A en B genoemde beleidsinstrumenten voor de sector?	1990-1991: 0% 1992-1999: 20%	kennisniveau	2,5	2,5	2,6	2,6	5,2	5,3
24	Is de gedragsnorm in samenspraak met de sector vastgesteld en vormgegeven?	1990: nee 1992-1999: ja							
25	Maakt de overheid de naleving van de gedragsnorm openbaar?	1990: nee 1992-1999: ja							
19	Worden er vergelijkbare eisen gesteld aan concurrerende bedrijven in het binnenland? - gelijke nationale behandeling	1990: ja 1992-1999: ja							
20	Worden er vergelijkbare eisen gesteld aan concurrerende bedrijven in het buitenland? - gelijke internationale behandeling	1990: nee 1992-1999: ja							
32	Wordt deze opstelling louter door het beleid veroorzaakt?	1990-1999: nee							
SECTOR									
15	Hoe is de institutionalisatie van kennis	1990-1994: matig 1995-1999: hoog							
17	Wat is de intrinsieke opstelling van de sector	1990-1999: neutraal							

OMGEVING

16	Hoe is het energie- en klimaatsbewustzijn binnen de maatschappij?	1990-1999: laag
14	In welke mate zorgt de overheid voor kennisoverdracht aan de maatschappij omtrent de energie- en klimaatproblematiek?	1990-1997: niet 1998-1999: matig
22	Wat is de invloed van ICT binnen de kennisontwikkeling	1990-1999: klein

Papierindustrie

		toepassingsbereik (%)	hardheid	niveau uitv + handh.	afstand tot doel
A. Welke instrumenten zijn van kracht en in welke mate?					
1	Convenant BM				
2	MJA eerste generatie	1990-1999: 100%	boterzacht	laag	niet
3	MJA tweede generatie				
4	Concern-vergunning				
5	Milieuvergunning op maat				
6	Milieuvergunning op hoofdlijnen				
	totaal	100%			
B. Verhandelbaarheid (nationaal en internationaal)					
9	Welk percentage van het energiegebruik (of CO ₂ emissies) valt onder een systeem van verhandelbare emissies?	0%			
27	Welk percentage van de CO ₂ reductie mag de sector in het buitenland halen?	0%			
C. Flankerend beleid.					
8	Hoe hoog is de subsidie (%) op de investeringsregeling?	1990-1996: 0% 1997-1999: 18%			
21	Welk deel van de doelgroep (gerekend in energiegebruik) maakt naar verwachting aanspraak op subsidies of fiscale voordelen?	1990-1996: 0% 1997-1999: 50%			
11a	Wat is de heffing (%) voor grote bedrijven op elektriciteit?	0%			
11b	Wat is de heffing (%) voor kleine bedrijven op elektriciteit?	0%		fin. Ec	1990-1992: 3,3 1993-1996: 2,8 1997-1999: 2,5
11c	Wat is de heffing (%) voor grote bedrijven op gas?	0%		complexiteit	1990-1992: 4,1 1993-1996: 4,1 1997-1999: 4,1
11d	Wat is de heffing (%) voor kleine bedrijven op gas?	0%		marktdruk	1990-1992: 2,5 1993-1996: 2,5 1997-1999: 2,5

13	In hoeverre is er sprake van gericht produktbeleid om energiezuinige producten te ontwerpen?	niet	beleidsdruk	-	4,7	4,7
D. Beleid algemeen.			opstelling	8,3	8,3	8,3
7	Wat is de prioriteit van energiebesparing t.o.v. overig milieubeleid?	1990-1999: laag	maatsch.druk	8,3	8,3	10,0
10	Wat is de (gemiddelde) reductiedoelstelling (in dit jaar) van de onder A en B genoemde beleidsinstrumenten voor de sector?	1990-1992: 0% 1993-1995: 14% 1996-1999: 20%	kennisniveau	3,1	3,1	3,1
24	Is de gedragsnorm in samenspraak met de sector vastgesteld en vormgegeven?	ja				
25	Maakt de overheid de naleving van de gedragnorm openbaar?	ja				
19	Worden er vergelijkbare eisen gesteld aan concurrerende bedrijven in het binnenland? - gelijke nationale behandeling	ja				
20	Worden er vergelijkbare eisen gesteld aan concurrerende bedrijven in het buitenland? - gelijke internationale behandeling	nee				
32	Wordt deze opstelling louter door het beleid veroorzaakt?	ja				
SECTOR						
15	Hoe is de institutionalisatie van kennis	1990-1999: matig				
17	Wat is de intrinsieke opstelling van de sector	1990-1999: neutraal				
OMGEVING						
16	Hoe is het energie- en klimaatbewustzijn binnen de maatschappij?	1990-1998: hoog 1999: zeer hoog				
14	In welke mate zorgt de overheid voor kennisoverdracht aan de maatschappij omtrent de energie- en klimaatproblematiek?	1990-1999: uitgebreid				
22	Wat is de invloed van ICT binnen de kennisontwikkeling	1990-1999: matig				

Organische basischemie

		toepassingsbereik (%)	hardheid	niveau uitv + handh.	afstand tot doel		
A. Welke instrumenten zijn van kracht en in welke mate?							
1	Convenant BM						
2	MJA eerste generatie	1990-1999: 100%	boterzacht	laag	niet		
3	MJA tweede generatie						
4	Concern-vergunning						
5	Milieuvergunning op maat						
6	Milieuvergunning op hoofdlijnen						
totaal		100%					
B. Verhandelbaarheid (nationaal en internationaal)							
9	Welk percentage van het energiegebruik (of CO ₂ emissies) valt onder een systeem van verhandelbare emissies?	0%					
27	Welk percentage van de CO ₂ reductie mag de sector in het buitenland halen?	0%					
C. Flankerend beleid.							
8	Hoe hoog is de subsidie (%) op de investeringsregeling?	1990-1996: 0% 1997-1999: 18%					
21	Welk deel van de doelgroep (gerekend in energiegebruik) maakt naar verwachting aanspraak op subsidies of fiscale voordelen?	1990-1996: 0% 1997-1999: 50%					
11a	Wat is de heffing (%) voor grote bedrijven op elektriciteit?	0%				1990-1992	
11b	Wat is de heffing (%) voor kleine bedrijven op elektriciteit?	0%		fin. Ec		4,7	
11c	Wat is de heffing (%) voor grote bedrijven op gas?	0%		complexiteit		4,3	1993-1996 1997-1999
11d	Wat is de heffing (%) voor kleine bedrijven op gas?	0%		marktdruk		-	4,0 3,9
13	In hoeverre is er sprake van gericht produktbeleid om energiezuinige producten te ontwerpen?	niet		beleidsdruk		-	4,3 4,3

D. Beleid algemeen.						
			opstelling	6,5	-	-
7	Wat is de prioriteit van energiebesparing t.o.v. overig milieubeleid?	1990-1999: laag	maatsch.druk	6,1	4,7	4,7
10	Wat is de (gemiddelde) reductiedoelstelling (in dit jaar) van de onder A en B genoemde beleidsinstrumenten voor de sector?	1990: 0% 1993: 20% 1997: 20%	kennisniveau	6,8	6,5	7,0
24	Is de gedragsnorm in samenspraak met de sector vastgesteld en vormgegeven?	ja			8,3	8,3
25	Maakt de overheid de naleving van de gedragnorm openbaar?	ja			6,8	7,3
19	Worden er vergelijkbare eisen gesteld aan concurrerende bedrijven in het binnenland? - gelijke nationale behandeling	ja				
20	Worden er vergelijkbare eisen gesteld aan concurrerende bedrijven in het buitenland? - gelijke internationale behandeling	nee				
32	Wordt deze opstelling louter door het beleid veroorzaakt?	ja				
SECTOR						
15	Hoe is de institutionalisatie van kennis	1990-1999: hoog				
17	Wat is de intrinsieke opstelling van de sector	1990-1999: neutraal				
OMGEVING						
16	Hoe is het energie- en klimaatsbewustzijn binnen de maatschappij?	1990-1992: matig 1993-1999: hoog				
14	In welke mate zorgt de overheid voor kennisoverdracht aan de maatschappij omtrent de energie- en klimaatproblematiek?	1990-1992: matig 1993-1999: uitgebreid				
22	Wat is de invloed van ICT binnen de kennisontwikkeling	1990-1999: matig				