

Van Mourik Broekmanweg 6
Postbus 49
2600 AA Delft

www.tno.nl

T +31 15 276 30 00
F +31 15 276 30 10
wegwijzer@tno.nl

TNO-rapport

TNO-034-DTM-2010-02210

**Second opinion plausibiliteit referentieramingen
gebouwde omgeving ECN**

Datum 1 april 2010

Auteur(s) Martin van de Lindt, Linda van Oeffelen, Leo Hendriksen
m.m.v. Bart Poel

Opdrachtgever VROM/WWI

Projectnummer 034.22583

Rubricering rapport

Titel
Samenvatting
Rapporttekst
Bijlagen

Aantal pagina's 33 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen 2

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	4
1.1	Achtergrond en doelstelling.....	4
1.2	Leeswijzer.....	4
2	Werkwijze second opinion	6
3	Kennis en uitkomsten in het algemeen.....	8
3.1	Woningen.....	8
3.2	Utiliteitsgebouwen	8
3.3	Uitkomsten in het algemeen	8
4	Woningbouw: autonome besparing.....	10
4.1	Rekenmethodiek ECN	10
4.2	Vergelijking methodiek ECN en TNO	11
4.3	Vergelijking uitkomsten ECN en TNO.....	14
5	Utiliteitsgebouwen: autonome besparing.....	16
5.1	Rekenmethodiek ECN	16
5.2	Vergelijking methodiek ECN en TNO	17
5.3	Vergelijking uitkomsten ECN en TNO.....	19
6	Meer met Minder	21
6.1	Woningen.....	21
6.2	Utiliteitsgebouwen	24
7	Samenvatting, conclusies en aanbevelingen.....	26
7.1	Samenvatting en conclusies	26
7.2	Aanbevelingen	29
	Bijlage(n)	
	A Bijlage 1. Geraadpleegde literatuur	31
	B Bijlage 2. Parameters die de S-curve beschrijven	32
	Tabellen	
	Tabel 1: Rekenmethodiek ECN en TNO	12
	Tabel 2: Rekenmethodiek ECN en TNO	18
	Tabel 3: ECN raming, onder- en bovengrens en TNO raming	23
	Tabel 4: ECN raming, onder- en bovengrens en TNO raming	24
	Tabel 5: ECN raming, onder- en bovengrens en TNO raming	28
	Tabel 6: ECN raming, onder- en bovengrens en TNO raming	28
	Figuren	
	Figuur 1: Validatie opties second opinion	6
	Figuur 2: Voorbeelden van energiebesparingstudies.....	9
	Figuur 3: Autonome energiebesparing tot 2020 volgens ECN en TNO-model	14
	Figuur 4: Autonome energiebesparing tot 2020 per categorie volgens het ECN- en het TNO-model	15

Figuur B2.1: Effect van de kalibratiefactor $q_{i,t}$ op het marktaandeel $F_{i,t}$ als functie van de kosten/baten-verhouding bij een gegeven waarde voor $v_{i,t}$ ($v_{i,t} = 0$)	32
Figuur B2.2: Effect van de kalibratiefactor $v_{i,t}$ op het marktaandeel $F_{i,t}$ als functie van de kosten/baten-verhouding bij een gegeven waarde voor $q_{i,t}$ ($q_{i,t} = 3$)	33

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en doelstelling

Het programmabureau Schoon en Zuinig van het ministerie van VROM heeft TNO Bouw en Ondergrond gevraagd een second opinion uit te voeren van de referentieramingen voor de Gebouwde Omgeving uitgevoerd door ECN in het kader van het programma “Schoon en Zuinig”. Deze ramingen zijn van belang voor het vaststellen van het beleid en dienen als basis waartegen het effect van het beleid wordt afgezet. Het effect wordt uitgedrukt in grootheden als energie, CO₂ emissie, etc.

Bovenstaande algemene vraag is vertaald in de volgende twee onderzoeksdoelstellingen:

- Het in kaart brengen van de ontwikkeling van het energiegebruik en de directe CO₂ emissies voor de periode tot 2020 onder de veronderstelling dat er geen sprake is van Schoon en Zuinig beleid. Dit wordt aangeduid als ‘autonome ontwikkeling’.
- Het inschatten van het effect van bestaand en voorgenomen Schoon en Zuinig beleid op het energiegebruik en de directe CO₂ emissies en de besparingsdoelstelling van 2% van huishoudens en in utiliteitsgebouwen tot 2020.¹ Dit wordt aangeduid als ‘Meer met Minder beleid’ (MmM beleid).

Wellicht ten overvloede wordt benadrukt dat het onderzoek geen oordeel geeft in termen van ‘goede’ of ‘foute’ berekeningen en uitkomsten, maar bezielt in hoeverre de uitkomsten van de door ECN uitgevoerde berekening plausibel zijn. Onderliggende aannamen en uitgangspunten zo veel als mogelijk in beschouwing nemend. De doorlooptijd van het project was kort, waardoor de analyses beperkt moesten worden. De consequentie is, dat voor de conclusies de restrictie geldt dat zij met een hoge mate van waarschijnlijkheid valide zijn.

Als afbakening geldt dat het onderzoek omvat:

- de directe emissies: het gebouwgebonden gasverbruik van huishoudens (woningen) en in utiliteitsgebouwen;
- het gebouwgebonden elektriciteitsverbruik van huishoudens en in utiliteitsgebouwen;
- het effect van de Convenanten Meer met Minder en Energiebesparing Corporatiesector;
- de energiebesparing voor huishoudelijke apparaten en voor bedrijfsprocessen in utiliteitsgebouwen worden als randvoorwaarden meegenomen, zonder hier nadere analyses op uit te oefenen.

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 gaat nader in op de gehanteerde aanpak, bestaande uit een combinatie van modelanalyse, model to model comparison en een plausibiliteitcheck. In het volgende hoofdstuk wordt aandacht besteed aan de kwaliteit van de basisgegevens, die relevant zijn voor deze studie, zoals kwantiteit en kwaliteit van de bouwvoorraad, represen-

¹ In de referentieraming hanteert ECN de categorieën huishoudens en handel, diensten en overheid die overeenkomen met de hier gehanteerde ‘huishoudens’ en ‘utiliteitsgebouwen’.

tativiteit van gegevens, penetratiegraden, kostenkengetallen, energiebesparingsgedrag, etc. De hoofdstukken vier en vijf hebben de autonome ontwikkeling, dat wil zeggen de ontwikkeling zonder Schoon en Zuinig beleid, voor respectievelijk de woning- en de utiliteitsbouw als onderwerp. In beide hoofdstukken wordt eerst een vergelijking gemaakt tussen de rekenmethodiek van ECN en TNO en vervolgens worden op de modeluitkomsten geanalyseerd. In hoofdstuk zes staan de beleidseffecten van Meer met Minder voor de woningbouw en de utiliteitsbouw centraal. Voor zowel de woning- als de utiliteitsbouw zijn de uitgangspunten van ECN en de hieruit resulterende beleids-effecten vergeleken met die van het TNO-model. Het laatste hoofdstuk vat alles nog eens samen en geeft enkele aanbevelingen ter verbetering van toekomstige ramingen voor de Gebouwde Omgeving.

.

2 Werkwijze second opinion

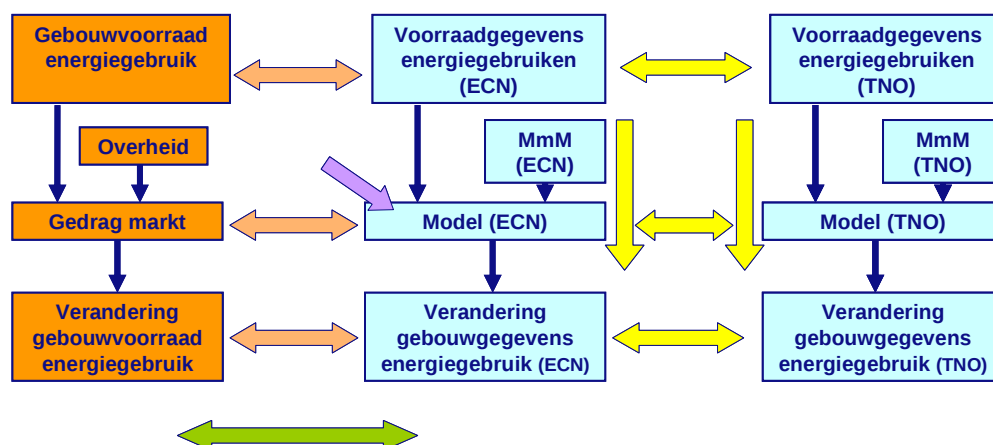
De referentieramingen van ECN voor de huishoudens en de utiliteitsbouw zijn gebaseerd op modelberekeningen. ECN heeft een onderling gekoppelde set van rekenmodellen ingezet. Voor de vraagstelling van deze second opinion is met name het SAWEC model voor de woningbouw en het model SAVE voor de utiliteitsbouw van belang; beide modellen zijn ontwikkeld door ECN. Beide modellen zijn, simpel gezegd, sets van samenhangende rekenregels, waarin een combinatie van technische en financiële aspecten wordt verdisconteerd evenals marktmechanismen die spelen bij de beslissing om gebouwen energetisch te verbeteren. De input voor de modellen bestaat over het algemeen uit registraties (bijvoorbeeld aantal huishoudens, woningvoorraad), steekproefonderzoek (bijvoorbeeld de kwaliteit van de woningvoorraad, besparingscijfers, penetratiegraad van maatregelen), fitten van de constanten in de rekenregels op historische gegevens en aannamen van experts (bijvoorbeeld inzake het gedrag van huishoudens en bedrijven met betrekking tot energiebesparende maatregelen en beleid, de effecten van veranderingen in levensstijl). Kortom, de uitkomsten van modelberekeningen worden omgeven door onzekerheidsmarges, voortkomend uit de rekenregels zelf (het model) en de verschillende soorten input en aannamen hieromtrent. Terecht heeft ECN dan ook in de uitkomsten van de berekeningen bandbreedtes gehanteerd.

Om uitkomsten uit een model te valideren tegen de werkelijkheid zijn een aantal benaderingen mogelijk:

1. Toetsen aan de werkelijkheid (oranje pijlen in figuur 1). Aanleiding is de vraag of de uitkomst klopt met de werkelijkheid. Dit wordt getoetst aan de werkelijkheid door berekende waarden te vergelijken met in de realiteit gemeten waarden. Dit geldt voor zowel de modelinput als de modeloutput.
2. Analyse van het model (paarse pijlen in figuur 1). Hierbij worden de rekenregels in het model getoetst op hun kwaliteit en representativiteit voor de werkelijkheid.
3. Model to model comparison (gele pijlen in figuur 1). Twee modellen worden vergeleken, door meerdere situaties door te rekenen en de uitkomsten te vergelijken; dit bij een zo goed mogelijke afstemming van de invoer (schaduw-berekeningen). Bij discrepanties kan in meer of mindere mate worden geanalyseerd hoe de verschillen zijn te verklaren.
4. Plausibiliteittoets (groene pijl in figuur 1). Hierbij worden de uitkomsten op basis van expert judgement en aan de hand van de resultaten van vergelijkbare studies beoordeeld op hun plausibiliteit.

In het schema zijn deze opties weergegeven. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de feitelijke situatie (gebouwvoorraad, energieverbruik) en de modelmatige benadering ervan door ECN en TNO.

Figuur 1: Validatie opties second opinion



Deze methodische aanpak is in de jaren tachtig ontwikkeld vanuit internationaal onderzoek (artikel "Toetsing van simulatiemodellen voor energieberekeningen" in Klimaatbeheersing nr. 10 uit 1987; A. Poel). Vervolgens is deze aanpak breed toegepast bij de validatie van energieberekeningen en het ontwikkelen van rekenmethodieken en het toetsen van software. Bijna alle complexe en versimpelde energiemodellen zijn op basis van deze inzichten ontwikkeld, zo ook het huidige Energie Prestatie Advies (EPA) en de Energie Prestatie Norm (EPN). De Beoordelingsrichtlijn voor de toetsing van EPA-software is volledig op deze aanpak gestoeld. Met name de "model to model comparison" is een krachtige aanpak.

Over het algemeen is het niet mogelijk elk van de genoemde benaderingen ten volle vorm te geven, omdat veelal praktijkgegevens onvolledig zijn, budgetten en tijd beperkt zijn voor uitgebreide analyses en het opzetten van cases. Daarom wordt er een pragmatische insteek gekozen die neerkomt op een intelligente mix van de genoemde opties. Voor de second opinion zijn drie zaken bepalend voor de benadering die is gekozen: de beperkte kennis van de bouwvoorraad (vooral de utiliteitsbouw) en het gedrag van de actoren in de markt; de complexiteit van de modellering; de beperkte doorlooptijd van het project.

Dit heeft er toe geleid dat er gekozen is voor een combinatie van modelanalyse (2) en model to model comparison (3), waarbij de plausibiliteitcheck (4) voornamelijk op het niveau van de modelaannames is uitgevoerd en minder op het niveau van de einduitkomsten. Dit laatste vanwege de beperkte referenties die er zijn; er zijn nauwelijks of geen praktijkgegevens over de impact van marktmechanismen en overheidsbeleid ten aanzien van energiebesparing die voldoende inzicht geven in voorspellende uitspraken. De modelanalyse heeft zich met name gericht op het verkrijgen van inzicht in de beschouwingswijze en de rekenmechanismen die door ECN zijn gehanteerd, een volwaardige analyse is in het korte tijdsbestek niet mogelijk. Gezien de tijdsdruk en de complexiteit van de ECN-modellering is het effectiever inzicht te verkrijgen door model to model comparison. Voor deze model tot model benadering is een bestaand model door TNO aangepast om een zo goed mogelijke aansluiting te krijgen bij de vraagstelling van VROM.

In de navolgende hoofdstukken komen de verschillende onderdelen van de methodiek aan bod en uiteindelijk worden de resultaten van deze drie exercities in onderling verband gebracht en worden conclusies ten aanzien van de plausibiliteit van de uitkomsten van de referentieberekeningen getrokken.

3 Kennis en uitkomsten in het algemeen

3.1 Woningen

In zijn algemeenheid mag worden gesteld dat de kennis van de woningvoorraad op een hoog niveau ligt voor het uitvoeren van berekeningen. Er is aan de hand van registraties (CBS), representatieve steekproefonderzoeken als KWR en Woon 2006, en modelberekeningen (SYSWOV) een goed beeld van de opbouw van de woningvoorraad naar een aantal kenmerken zoals bouwjaarklasse, eigendomsverhouding, toepassing van energiebesparende maatregelen, bouwtechnische kwaliteit. Ook ontwikkelingen als sloop en nieuwbouw naar een aantal kenmerken zijn goed in kaart gebracht.

Ten aanzien van het gedrag rondom energiebesparende maatregelen is de kennis beperkt. Weliswaar is en wordt er onderzoek gedaan naar de motieven en drijfveren om al of niet over te gaan tot energiebesparende maatregelen, maar zelden of nooit worden de effecten ervan gekwantificeerd. Er is dan ook veel onzekerheid omtrent de effecten van zaken als publiekscampagnes, opleiding van aanbieders, subsidies, financieringsconstructies, etc.

3.2 Utiliteitsgebouwen

Allereerst moet worden opgemerkt dat de voorraad utiliteitsgebouwen en de kennis erover vele malen diffuser is dan de woningvoorraad. Er is dan ook geen eenduidig beeld van de totale omvang van de voorraad utiliteitsgebouwen en van onderliggende categorieën, zoals ziekenhuizen, scholen, kantoren, horeca, etc. Daar komt nog eens bij dat er binnen de verschillende categorieën een enorme diversiteit aan verschijningsvormen is.

Mede als consequentie hiervan zijn er geen algemeen geaccepteerde standaardbronnen voor utiliteitsbouw gegevens. Veelal wordt er teruggegrepen op een zeer beperkt aantal bronnen en/of incidentele studies. Een voorbeeld van het eerste is het U-bouwpanel van Agentschap NL voor het verkrijgen van onder meer penetratiegraden per bouwtype. In hoeverre dit betrouwbare gegevens oplevert, blijft echter de vraag. Immers, de omvang van het panel (ca. 1.100 gebouwen) is aan de kleine kant, terwijl het verloop in het panel aanzienlijk is. Anderzijds moeten we ons realiseren dat er, zoals reeds gesteld, geen eenduidig beeld van de populatie naar omvang en samenstelling is, zodat het bijna onmogelijk is een representatief panel samen te stellen, tenzij een dergelijk panel een enorme hoeveelheid gebouwen omvat. Vooralsnog zal derhalve met deze gegevens gewerkt moeten worden. Een voorbeeld van een incidentele studie is de inschatting van de omvang van de verschillende sectoren naar m² bruto vloeroppervlak (BVO), zoals gebruikt in onder meer rapporten van EBM en BuildDesk.

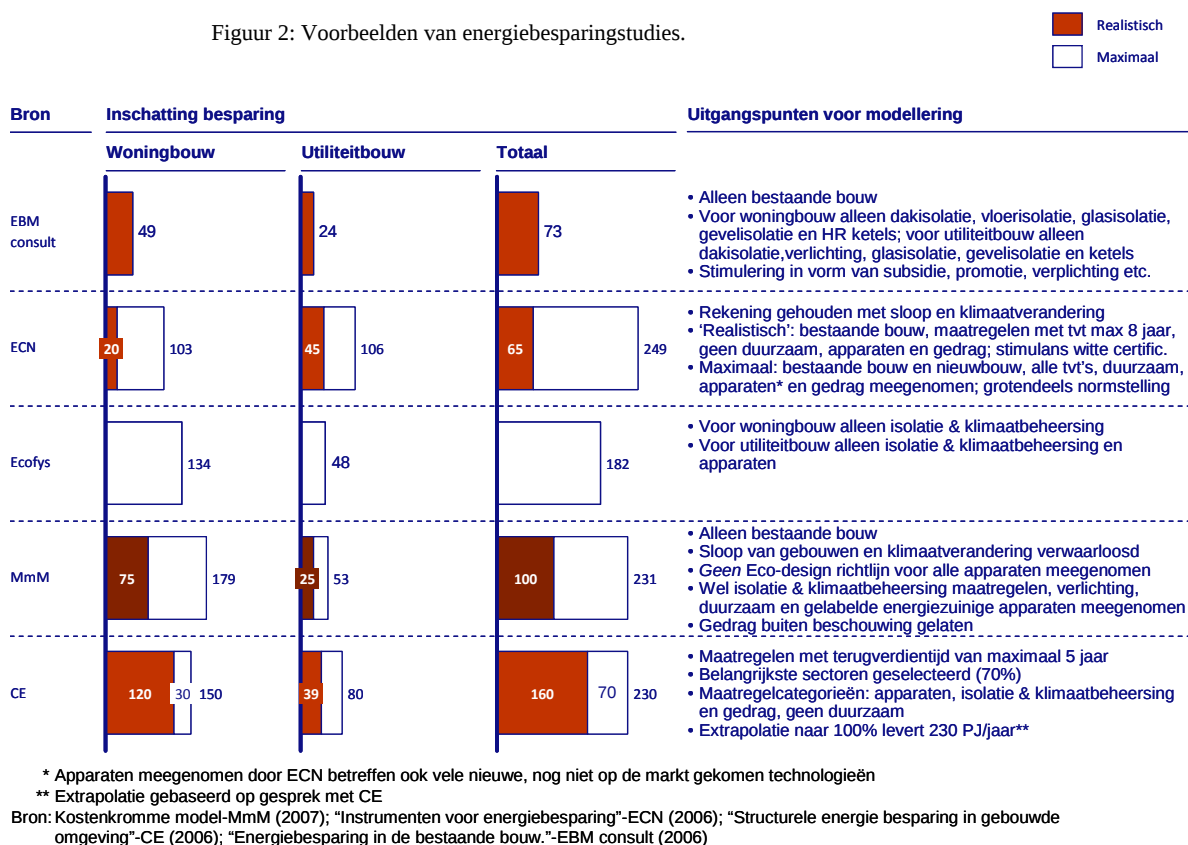
3.3 Uitkomsten in het algemeen

Vanuit verschillende vraagstellingen is er de afgelopen jaren een flink aantal studies verricht om inzicht te krijgen in de omvang en potenties van energiebesparing in de gebouwde omgeving. Natuurlijk leiden de verschillen in doelstelling tot uitkomsten die lastig onderling vergelijkbaar zijn. Dit wordt echter versterkt doordat er geen standaard

inzichten voorhanden zijn en er een scala aan verschillende uitgangspunten, aannamen, bronnen en definities mogelijk is. Nu al worden energiebesparende maatregelen niet enkel op basis van een beperkte energetische kosten-batenanalyse gemaakt, maar spelen nevenbaten als comfort een belangrijke rol. Zeker bij meer ambitieuze besparingen in de bestaande bouw zal dit sterker spelen en zullen er nieuwe consortia in de markt ontstaan. Wat zijn bijvoorbeeld realistische maatregelen, technische (on)mogelijkheden, acceptabele terugverdientijden, redelijke omvang van voorraden en penetratiegraden, etc.?

Figuur 2 is een illustratie van de uiteenlopende uitspraken waarmee de niet ingewijde wordt geconfronteerd. De figuur zegt niets over de betrouwbaarheid van de resultaten, maar laat wel een forse spreiding in de uitkomsten zien. Nadere analyse is nodig om de verschillen te duiden. Het is dus niet mogelijk om zondermeer een uitspraak te doen omtrent de plausibiliteit van de referentieramingen. In de navolgende hoofdstukken wordt dan ook nader ingegaan op de in de referentieramingen gehanteerde rekenmethode teneinde meer grip op de plausibiliteit van de uitkomsten te krijgen.

Figuur 2: Voorbeelden van energiebesparingstudies.



4 Woningbouw: autonome besparing

Om inzicht te krijgen in de modellering van ECN en de plausibiliteit van de uitkomsten van de ramingen wordt in dit hoofdstuk ingegaan op de rekenmethodiek gehanteerd door ECN in relatie tot het TNO-model en worden de uitkomsten van ECN vergeleken met de schaduwberekening van TNO.

4.1 Rekenmethodiek ECN

Het ECN-model is op een aantal aspecten tamelijk gedetailleerd dit geldt vooral ten aanzien van de opsplitsing in energiebesparende maatregelen. Het model gaat uit van 60 woningtypen (bouwjaarklasse, bouwtype, beheervorm).

Om de ramingen van het ECN-model zo goed mogelijk in overeenstemming te laten zijn met de werkelijke cijfers is gebruik gemaakt van kalibratie. Kalibreren houdt in dat de parameters van een model op basis van statistische procedures zo worden ingesteld dat de uitkomsten ervan (zo veel mogelijk) overeenkomen met empirische gegevens. Het ECN-model is gekalibreerd op het historisch energieverbruik conform de CBS statistiek voor de periode 1985-2010 en op de ontwikkeling van de penetratiegraad van maatregelen, gebaseerd op de KWR 1995, KWR 2000 en Woon 2006. De gasprijs wordt in een separaat model berekend en de besparingen worden door het ECN-model berekend, rekening houdend met penetratiegraden en de (ontwikkeling van) technieken.

Een essentieel element van het ECN-model wordt gevormd door de zogenoemde S-curve, die onder meer is gebruikt om het model te kalibreren voor de ontwikkeling van de penetratiegraad van energiebesparende maatregelen in de periode 1985-2010. De door ECN gehanteerde S-curve moet niet verward worden met de S-curve uit de Innovatietheorie van Rogers. De S-curve van ECN beschrijft niet de ontwikkeling van de penetratiegraad van een techniek in de tijd, maar de relatie tussen de rentabiliteit van een besparingsmaatregel en de penetratiegraad. Met behulp van de S-curve wordt bepaald in welke mate besparingsopties worden toegepast bij een bepaalde kosten-batenverhouding en wordt rekening gehouden met effecten van bijvoorbeeld het Energie Prestatie Advies (EPA), het energielabel of eigendomsverhouding. In feite vormt de S-curve zo een soort simulatie van het aankoopgedrag van de consument. Voor een meer gedetailleerde uitleg van de door ECN gebruikte S-curve wordt verwezen naar bijlage 1.

De conclusie luidt dat het door ECN gehanteerde model gedetailleerd en complex is. Enerzijds zijn de gehanteerde bronnen betrouwbaar en in brede kring geaccepteerd, bijvoorbeeld woningvoorraad, kostenkengetallen en vervangingsmomenten. Anderzijds zijn er een aantal moeilijk te doorgronden aspecten, zoals de expert judgements voor de besparingscijfers, de inschatting van de effecten van niet direct maatregel gerelateerde aspecten als het Energie Prestatie Advies (EPA), het energielabel etc.

Vanwege het kalibreren met de S-curve is het niet meer goed mogelijk om de effecten van het aankoopgedrag te bestuderen. Voor het doorrekenen van de referentieraming is dit overigens geen probleem. Het bestuderen van de effecten van het aankoopgedrag door beleid is niet goed mogelijk, vandaar de noodzaak om voor de Meer met Minder effecten een aparte doorrekening te gebruiken.

Vanwege de hiervoor beschreven door ECN gekozen modelopzet is het onzes inziens niet goed mogelijk over het model te oordelen in termen van plausibiliteit. Schaduw-berekeningen (model to model comparison) vormen in dit geval een betere basis en zijn het onderwerp van de volgende paragraaf.

4.2 Vergelijking methodiek ECN en TNO

Een volgende stap is dan ook de modeluitkomsten van ECN² te vergelijken met die van een ander model, in casu een model dat door TNO wordt gehanteerd om besparingen te berekenen. Tussen het model van ECN en dat van TNO zijn een aantal overeenkomsten en verschillen te benoemen. In zijn algemeenheid zou je kunnen zeggen dat het TNO-model minder gedetailleerd is dan het ECN-model. Waar bijvoorbeeld het ECN-model uitgaat van 60 verschillende woningcategorieën (onderscheiden naar eigendomsverhouding, woningtype en bouwjaarklasse) en van gemiddelde woningen daarbinnen, is in het TNO-model de woningvoorraad onderscheiden naar sociale huur, particuliere huur en koop. In het TNO-model is de benodigde input voor elk van deze categorieën beperkt tot het totale oppervlak voor de verschillende bouwdelen en de penetratiegraad van isolerende maatregelen en energiezuinige ketels. Deze gegevens zijn bekend uit WoON 2006. ECN maakt in haar model een verdergaande opsplitsing naar maatregelen, waarbij verschillende isolatieniveaus en typen ketels worden onderscheiden. Daarnaast wordt in het ECN-model rekening gehouden met sloop en nieuwbouw (gebaseerd op SYSWOV). In het TNO-model worden deze mutaties niet meegenomen.

In tegenstelling tot het ECN-model wordt in het model van TNO niet op gas-verbruikgegevens van het CBS uit het verleden gekalibreerd, maar worden de besparingen puur berekend op basis van besparingscijfers. Een reden hiervoor is dat gegevens uit het verleden niet zonder meer kunnen worden doorgetrokken naar de toekomst. Immers, het aankoopgedrag speelt hierbij een belangrijke rol. De wijze waarop het aankoopgedrag in de modellen is verwerkt, vormt het belangrijkste verschil tussen het ECN-model en het TNO-model. In het ECN-model is het aankoopgedrag impliciet opgenomen in de S-curve (zie vorige paragraaf). In het TNO-model wordt het aankoopgedrag zo veel mogelijk expliciet gemaakt door middel van de variabele bereidheid, dat wil zeggen de bereidheid om een maatregel toe te passen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar doelgroep: eigenaar bewoners, sociale verhuurders en overige verhuurders. De bereidheid, die tussen 0 (geen bereidheid) en 1 (maximale bereidheid) ligt, wordt bepaald door de bekendheid van de gebouweigenaar met de maatregel, de meer- of minderwaarde van de maatregel, de terugverdientijd en de investeringsbereidheid. In de tekstbox aan het eind van deze paragraaf wordt nader op de details ingegaan.

In beide modellen worden energiebesparende maatregelen overwogen op vervangingsmomenten. Het aankoopgedrag is vervolgens bepalend of de energiebesparende maatregel ook daadwerkelijk wordt uitgevoerd. In het TNO-model wordt hierbij gerekend

² Een modelbeschrijving van het SAWEC model van ECN is te vinden in:

Jeeninga, H., Volkers, C.H. *Ontwikkeling van SAWEC. Een Simulatie en Analyse model voor verklaring en voorspelling van het Woninggebonden Energieverbruik en CO₂-emissie*. Rapportnr. ECN-C--03-067, Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), Petten, 2003.

met een tijdstap van één jaar. In het ECN-model wordt gewerkt met tijdstappen van vijf jaar.

De kostenkengetallen voor de verschillende maatregelen zijn in beide modellen gebaseerd op de kostenkengetallen ontwikkeld door PRC Kostenmanagement. De energiebesparing die door toepassing van de verschillende maatregelen wordt gerealiseerd is in het ECN-model gebaseerd op verschillende bronnen en expert judgements. In het TNO-model zijn deze besparingsgetallen ontleend aan studies van BuildDesk. De gasprijs is in het ECN-model een variabele, deze wordt bepaald in een apart energieprijzenmodel waarin alle sectoren zijn meegenomen. In het TNO-model is de gasprijs constant verondersteld. In figuur 3 zijn de kenmerken van beide modellen in beknopte vorm op een rijtje gezet.

Tabel 1: Rekenmethodiek ECN en TNO

Aspect	ECN	TNO
Voorraadgegevens, bv penetratiegraad, woningtypen, gasverbruik	60 Referentiewoningen gebaseerd op woon2006 en KWR, gasverbruik CBS, nieuwbouw en sloop SYSWOV	3 Eigendoms categorieën opgesplitst naar componenten, besparing: gasverbruik geen input, minder opsplitsing maatregelen dan ECN, geen nieuwbouw, sloop en omzetting huur-koop (gebaseerd op WoON 2006)
Meerkosten / opbrengsten maatregelen	PRC kostenkengetallen, opbrengsten uit verschillende bronnen en expert judgement	PRC kostenkengetallen, opbrengsten BuildDesk
Dynamiek	5 Jaarperiode, S-curve, vervangingsmoment, geen prijsindexatie	Jaarlijks, vervangingsmoment, geen prijsindexatie, bereidheid
Aankoopgedrag	Gebaseerd op kostenbaten / terugverdientijd, expert judgement, fitten op verleden	Gebaseerd op bereidheid als functie van de bekendheid met de maatregel, de meer- of minderwaarde van de maatregel, de terugverdientijd en de investering (per doelgroep en maatregel)

Om de modeluitkomsten van het ECN-model en TNO-model met elkaar te kunnen vergelijken, zijn de invoergegevens van beide modellen zo veel mogelijk op elkaar afgestemd. In de eerste plaats betrof dit de omvang van de woningvoorraad. Uitgangspunt vormt de bestaande voorraad. In het ECN-model is dit de voorraad gebouwd voor 1995 en in het TNO-model de voorraad per 2006. Voor de woningen gebouwd tussen 1995 en 2006 wordt verondersteld dat deze aan de energiebesparingseisen voldoen. Het volume van het te verbeteren deel van de woningvoorraad is hierdoor in beide modellen

gelijk, of in elk geval nagenoeg gelijk. Ten tweede zijn de gedetailleerde penetratiegegevens uit het ECN-model door ECN teruggebracht tot het niveau van de bouwdeelen, zoals opgenomen in het TNO-model: glas, vloer, gevel en dak. Verder is uitgegaan van nagenoeg dezelfde kostenkengetallen, onderhoudscycli en vervangingsmomenten.

Bereidheid = bekenheid x investeringsbereidheid x terugverdiëntijd gecorrigeerd voor de meer- of minderwaarde

- Alle waarden liggen tussen 0 en 1
- Bekendheid met de maatregel is de eerste stap om de maatregel te overwegen
- 
 Investeringsbereidheid. Voor de investeringbereidheid gelden per doelgroep andere grenswaarden. Bij investeringen onder de grenswaarde is de bereidheid hoog, bij investeringen boven de grenswaarde neemt de bereidheid volgens een te definiëren verloop af. Als de investering overeenkomt met de grenswaarde dan is de investeringsbereidheid 0,9, bij twee maal de grenswaarde 0,7, bij drie maal de grenswaarde 0,4 en bij vier maal de grenswaarde 0,1.
- De grenswaarden zijn:
 - ✓ Sociale verhuurders: 10.000 euro
 - ✓ Eigenaar bewoners: 2.000 euro
 - ✓ Overige verhuurders: 5.000 euro
- Rendement = terugverdiëntijd gecorrigeerd voor meer- / minderwaarde
 - ✓ Meer- / minderwaarde: in hoeverre biedt de toepassing van de maatregel niet energetische voor- en/of nadelen. Zo wordt comfort, bijvoorbeeld bij dubbelglas, gezien als een meerwaarde. Overlast bij het aanbrengen van bijvoorbeeld vloerisolatie wordt daarentegen beschouwd als een minderwaarde. Voor dubbelglas wordt het rendement dan positief gecorrigeerd, voor vloerisolatie negatief.
 - ✓ Terugverdiëntijd: enkelvoudig, verschillend per doelgroep:
 - Sociale verhuurder: huuropbrengst / investering
 - Eigenaar bewoners: investering / eigenschap
 - Huurder: huurverhoging / energiebesparing
 - ✓ Voor de terugverdiëntijd gelden per doelgroep andere grenswaarden. Bij terugverdiëntijden onder de grenswaarde is de bereidheid hoog, bij terugverdiëntijden boven de grenswaarde neemt de bereidheid volgens een te definiëren verloop af. Als de gecorrigeerde terugverdiëntijd overeenkomt met de grenswaarde dan is de investeringsbereidheid 0,9, bij twee maal de grenswaarde 0,7, bij drie maal de grenswaarde 0,4 en bij vier maal de grenswaarde 0,1. Deze investeringsbereidheid wordt vervolgens gecorrigeerd voor de meer- / minderwaarde van de maatregel.
 - ✓ Terugverdiëntijd: verschillend per doelgroep:
 - Sociale verhuurders: =< 20 jaar
 - Eigenaar bewoners: =< 5 jaar
 - Overige verhuurders: =< 3 jaar

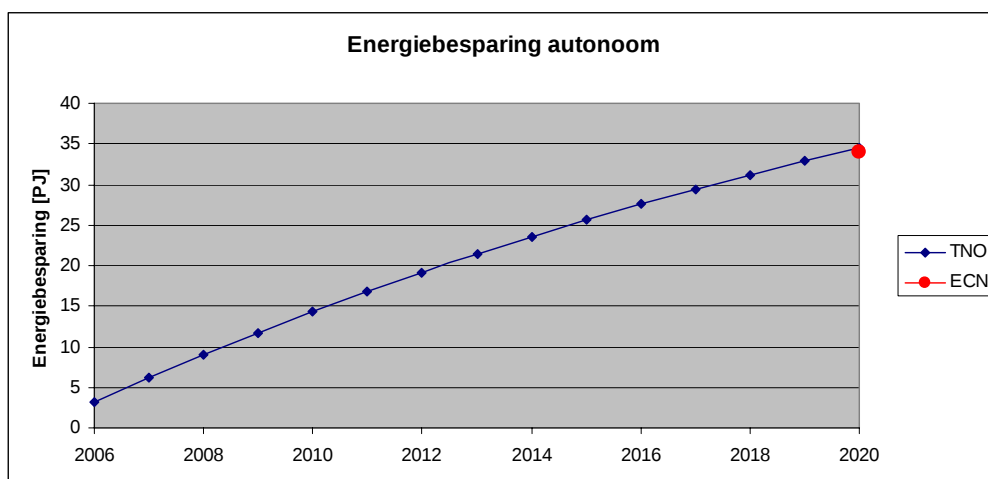
4.3 Vergelijking uitkomsten ECN en TNO

Met behulp van beide modellen is de autonome besparing (voor de bestaande woningvoorraad) doorgerekend voor de periode tot 2020. De uitkomsten blijken dan nagenoeg overeen te komen. Volgens het ECN-model bedraagt de autonome energiebesparing in 2020 33,9 PJ en volgens het TNO-model 34,5 PJ. (figuur 4). Ten aanzien van de verdeling van de besparing over met name de sociale huur en koopsector verschillen de modeluitkomsten (figuur 5). Een (gedeeltelijke) verklaring ligt in het feit dat het TNO-model in tegenstelling tot het ECN-model geen rekening houdt met ontwikkelingen in de bestaande voorraad, zoals verkoop van huurwoningen en sloop. In het SYSWOV model wordt voorzien dat een aanzienlijk deel van sociale huurwoningen wordt verkocht. Daarnaast vindt sloop vaker in de huursector dan in de koopsector plaats. Hierdoor is het aandeel van de koopsector in het ECN-model groter en daarmee dus ook de besparing.

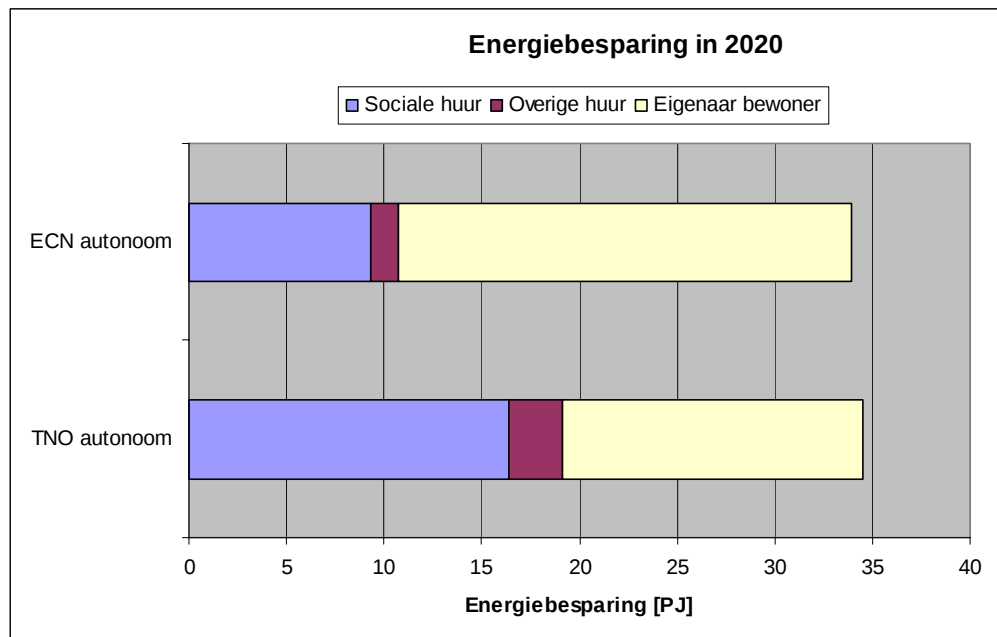
Opgemerkt wordt dat de autonome ontwikkeling door ECN berekend wordt op basis van ontwikkelingen in het verleden. Dit betekent dat het effect van stimulerend beleid in het verleden impliciet is meegenomen in de autonome ontwikkeling in de toekomst. Strikt genomen zou hiervoor gecorrigeerd moeten worden. Een dergelijke correctie is echter niet mogelijk, aangezien het effect ervan niet of nauwelijks te kwantificeren is, vanwege de diversiteit van het beleid.

Verder wijzen wij erop dat er op onderliggende detailniveaus elkaar compenserende afwijkingen mogelijk zijn. Door de beperkte doorlooptijd van het project was het niet mogelijk hier nadere analyses op uit te voeren. Echter de open en intensieve uitwisseling tussen TNO en ECN maakt dat er voldoende vertrouwen is in de aanpak van ECN. Er is derhalve geen reden de plausibiliteit van de door ECN berekende autonome besparingen in de woningvoorraad in twijfel te trekken.

Figuur 3: autonome energiebesparing tot 2020 volgens ECN en TNO-model



Figuur 4: Autonome energiebesparing tot 2020 per categorie volgens het ECN- en het TNO-model



5 Utiliteitsgebouwen: autonome besparing

Analoog aan het vorige hoofdstuk wordt ook voor de utiliteitsbouw inzicht verkregen in de ECN-modellering en de uitkomsten door middel van schaduwberekeningen. Beide modellen worden besproken en de rekenresultaten van beide worden vergeleken.

5.1 Rekenmethodiek ECN

Voor de referentieraming dient ECN aan te sluiten bij de CBS gegevens over het energiegebruik in de utiliteitsbouw. Voor de berekening is het van belang om ook het volume van de voorraad vast te stellen. Daartoe zijn de energiegebruiken per m² bruto vloeroppervlak (BVO) uit het U-bouwpanel van Agentschap NL (voorheen SenterNovem) ingezet; het quotiënt van de CBS en de panelgegevens geeft immers het bruto vloeroppervlak. Gelet op het ontbreken van zicht op de representativiteit van het U-bouwpanel (zie H 3.2) is het de vraag in hoeverre de oppervlaktegegevens representatief zijn. Dit heeft overigens geen invloed op de energetische uitkomsten, omdat in de berekening het oppervlak wordt ‘weggedeeld’. Wel kan dit effect doorwerken in de financiële uitkomsten.

Wat betreft de voorraadontwikkeling van de verschillende sectoren is uitgegaan van groei-indicatoren, zoals de geschatte ontwikkeling van het aantal leerlingen, het aantal verpleeghuiszorg behoevende ouderen etc.

Voor de inschatting van de penetratiegraden, besparingen en opbrengsten heeft ECN zich in hoge mate gebaseerd op het rapport ‘Energiebesparingsmaatregelen voor SAVE Utiliteit in opdracht van ECN’ van Meijer Energie en Milieumanagement B.V. (2008). In deze studie zijn voor vier branches het huidige energiegebruik en de besparingen van 65 maatregelen uitgewerkt. Hierbij zijn drie bouwperiodes (< 1975, 1975 – 1995 en >1995) en de volgende vier referentiegebouwen onderscheiden:

- verpleeghuis van 4.800 m² BVO
- kantoorgebouw van 6.000 m² BVO
- school voor V.O. van 9.600 m² BVO
- supermarkt van 4.800 m² BVO.

De penetratiegraden van maatregelen per 2005 zijn inschattingen van Meijer Energie en Milieumanagement B.V. Een uitzondering vormen de cijfers voor koeling: deze zijn gebaseerd op gegevens uit het U-bouwpanel van Agentschap NL. De toe of afname van de penetratiegraad van maatregelen in de periode 2005-2008 is zoveel mogelijk gebaseerd op cijfers van het U-bouwpanel uit 2004, 2006 en 2008. Voor de overige technieken heeft ECN ook een eigen inschatting gemaakt op basis van expert judgement. Zo is bijvoorbeeld verondersteld dat na-isolatie van vloer, dak en gevel autonoom niet gebeurt. Voor wat betreft de vervangingsdynamiek is uitgegaan van de onderhoudscyclus en een ‘jaarlijkse boekhouding’ hieromtrent. De S-curve (zie paragraaf 4.1) is gebruikt om de gegevens vanuit het verleden te kalibreren en de autonome ontwikkeling in te schatten.

Ten aanzien van de bovenstaande methodiek zijn een aantal opmerkingen te maken. Voor wat betreft het kalibreren met de S-curve gelden dezelfde overwegingen als genoemd bij de woningbouw (H 4.1). Bij de rapportage van “Meijer Energie en Milieumanagement B.V.” waaraan ECN een deel van zijn input gegevens ontleent, zijn een

aantal kanttekeningen te plaatsen. Zo zijn de referentiegebouwen wel illustratief, maar niet representatief voor de variatie in verschijningsvormen in de U-bouw. Het kan goed zijn dat de oppervlakken van de delen van de gebouwschil niet in de juiste verhouding zijn geschat. Meer specifieke gegevens over het oppervlak van de schildelen zijn overigens nauwelijks voor handen, maar meer aandacht voor de representativiteit zou aan te raden zijn (bijvoorbeeld door het effect met gevoeligheidsstudies te kwantificeren). Veel aannamen in de genoemde rapportage zijn gebaseerd op doorrekening met NEN 2916. Echter, de EPN is geen energieberekeningsmethode, maar een rekenmethode om de EPC te berekenen. Zo is bijvoorbeeld een aantal aannamen (bedrijfstijden, temperatuur- en ventilatieniveaus) anders dan wanneer je energieverbruik zou willen berekenen. Gegeven de bovenstaande opmerkingen en het eerder geconstateerde ontbreken van algemeen erkende basisgegevens voor de utiliteitsbouw is het van belang om meer inzicht te verkrijgen door het uitvoeren van schaduwberekeningen.

5.2 Vergelijking methodiek ECN en TNO

Een volgende stap is de modeluitkomsten van ECN te vergelijken met die van een model dat door TNO wordt gehanteerd om besparingsscenario's door te rekenen. Wanneer beide modellen met elkaar worden vergeleken blijkt dat de methoden aanzienlijk van elkaar verschillen, de overeenkomsten zijn slechts beperkt.

De gebouwvoorraad wordt voor de utiliteitsbouw gekarakteriseerd door middel van het aantal vierkante meter bruto vloeroppervlakte (BVO). In het TNO-model wordt hierbij uitgegaan van een schatting van het werkelijke aantal m^2 BVO per gebruiksfunctie: detailhandel, horeca, kantoren, onderwijs, sport/recreatie/cultuur en zorg (o.a. gebaseerd op de Kompasstudie van SenterNovem). In het ECN-model wordt het aantal m^2 BVO afgeleid uit het energiegebruik volgens het CBS en het energiegebruik per m^2 BVO volgens het U-bouwpanel (SenterNovem). Hierbij worden door ECN vier gebouwtypen gehanteerd (kantoor, supermarkt, school, verpleeghuis), onderverdeeld in drie bouwjaarklassen. Alle overige gebouwtypen zijn een middeling van deze vier gebouwtypen. Het energiegebruik per gebouwtype wordt door ECN verder uitgesplitst naar energiefunctie en vervolgens naar type maatregel. Hieraan koppelt ECN vervolgens de penetratiegraden, die grotendeels gebaseerd zijn op inschattingen van Meijer en gedeeltelijk op het U-bouwpanel en expert judgements. Het TNO-model omvat een beperkter aantal maatregelen (dak-, gevel-, glasisolatie, ketel en verlichting), waarbij de penetratiegraden zijn ontleend aan het U-bouwpanel. In het ECN-model wordt, in tegenstelling tot het TNO-model, rekening gehouden met sloop en nieuwbouw; leegstand wordt in beide modellen niet meegenomen. In het ECN-model wordt tevens rekening gehouden met groei. Voor ieder gebouwtype is een koppelfactor gezocht op basis waarvan de groei kan worden bepaald. Voor scholen is dit bijvoorbeeld het aantal m^2 BVO per leerling. Op basis van prognoses van de groei van het aantal leerlingen kan hieruit vervolgens de groei van het aantal m^2 BVO van het gebouwtype worden bepaald.

Kalibratie op cijfers uit het verleden vormt in het ECN-model een belangrijk uitgangspunt; het model moet hierbij altijd overeenkomen met het gasverbruik volgens het CBS.

Het belangrijkste verschil tussen beide modellen zit hem, evenals voor de woningbouw, in de benadering van het aankoopgedrag. In het ECN-model is het aankoopgedrag impliciet opgenomen in de S-curve (zie paragraaf 4.1). In het TNO-model wordt het zo veel mogelijk aankoopgedrag expliciet gemaakt door middel van de variabele

bereidheid, waarbij onderscheid wordt gemaakt naar de verschillende gebruiksfuncties. De bereidheid, die tussen 0 (geen bereidheid) en 1 (maximale bereidheid) ligt, wordt bepaald door de bekendheid van de gebouwde omgeving met de maatregel, de meer- of minderwaarde van de maatregel, de terugverdientijd en de investeringsbereidheid. In de tekstbox aan het eind van deze paragraaf wordt nader op de details ingegaan.

In beide modellen worden energiebesparende maatregelen overwogen op vervangingsmomenten. Het aankoopgedrag is vervolgens bepalend of de energiebesparende maatregel ook daadwerkelijk wordt uitgevoerd. Evenals bij de woningbouw wordt in het TNO-model gerekend met een tijdstap van één jaar; in het ECN-model wordt gewerkt met tijdstappen van vijf jaar.

Voor de kostenkengetallen en energiebesparinggetallen per maatregel baseert ECN zich op de studies van Meijer; de opbrengsten worden hierbij procentueel verrekend. In het TNO-model zijn de kostenkengetallen gebaseerd op de Kompasstudie van SenterNovem en de energiebesparingsgetallen op studies van BuildDesk. In het TNO-model zijn de kengetallen gegeven per m² BVO. De gasprijs is in het ECN-model een variabele, deze wordt bepaald in een apart energieprijzenmodel waarin alle sectoren zijn meegenomen. In het TNO-model is de gasprijs constant verondersteld.

In tabel 2 zijn de kenmerken van beide modellen beknopt weergegeven.

Tabel 2: Rekenmethodiek ECN en TNO

Aspect	ECN	TNO
Voorraadgegevens, bv penetratiegraad, gebouwtypen, gasverbruik	Gasverbruik CBS, gasverbruik / bvo geeft totaal m ² bvo, 4 gebouwtypen (illustratief) met 3 bouwjaarklassen, penetratiegraad Meijer en panel U-bouw, wel nieuwbouw en sloop, geen leegstand	Aantal bvo op basis van studies onderverdeeld naar gebruiksfuncties, penetratiegraad panel U-bouw, componentniveau, minder opsplitsing maatregelen dan ECN, geen nieuwbouw, sloop en leegstand
Meerkosten / opbrengsten maatregelen	Meijer rapport: kosten en opbrengsten. Opbrengsten via % verrekend	Kosten gebaseerd op Kompas, opbrengsten gebaseerd op BuildDesk. Alles per m ² bvo.
Dynamiek	Jaarlijks, omrekenfactoren economische groei, bijv. aantal leerlingen, S-curve, onderhoudscyclus, geen prijsindexatie	Jaarlijks, onderhoudscyclus, geen prijsindexatie, bereidheid
Aankoopgedrag	Gebaseerd op kostenbaten / terugverdientijd, expert judgement, fitten op verleden	Gebaseerd op bereidheid als functie van de bekendheid met de maatregel, de meer- of minderwaarde van de maatregel, de terugverdientijd en de investering (per doelgroep en maatregel)

Bereidheid = bekenheid x investeringsbereidheid x terugverdiëntijd gecorrigeerd voor de meer- of minderwaarde

- Alle waarden liggen tussen 0 en 1
- Bekendheid met de maatregel is de eerste stap om de maatregel te overwegen
- Investeringsbereidheid. Voor de investeringsbereidheid gelden per doelgroep andere grenswaarden. Bij investeringen onder de grenswaarde is de bereidheid hoog bij investeringen boven de grenswaarde neemt de bereidheid volgens een te definiëren verloop af. Als de investering overeenkomt met de grenswaarde dan is de investeringsbereidheid 0,9, bij twee maal de grenswaarde 0,7, bij drie maal de grenswaarde 0,4 en bij vier maal de grenswaarde 0,1.

De grenswaarden voor een gemiddelde gebouwgroote zijn:

- ✓ Detailhandel: 4.000 euro
- ✓ Horeca: 6.000 euro
- ✓ Kantoren: 10.000 euro
- ✓ Onderwijs: 50.000 euro
- ✓ Sport Recreatie Cultuur: 10.000 euro
- ✓ Zorg: 200.000 euro

- Rendement = terugverdiëntijd gecorrigeerd voor meer- / minderwaarde
 - ✓ Meer- / minderwaarde: in hoeverre biedt de toepassing van de maatregel niet energetische voor- en/of nadelen (zie box in paragraaf 4.2)
 - ✓ Voor de terugverdiëntijd gelden per doelgroep andere grenswaarden. Bij terugverdiëntijden onder de grenswaarde is de bereidheid hoog, bij terugverdiëntijden boven de grenswaarde neemt de bereidheid volgens een te definiëren verloop af. Als de gecorrigeerde terugverdiëntijd overeenkomt met de grenswaarde dan is de investeringsbereidheid 0,9, bij twee maal de grenswaarde 0,7, bij drie maal de grenswaarde 0,4 en bij vier maal de grenswaarde 0,1. Deze investeringsbereidheid wordt vervolgens gecorrigeerd voor de meer- / minderwaarde van de maatregel.
 - ✓ Terugverdiëntijd: verschillend per doelgroep:
 - Detailhandel: < 3 jaar
 - Horeca: < 3 jaar
 - Kantoren: < 6 jaar
 - Onderwijs: < 15 jaar
 - Sport Recreatie Cultuur: < 6 jaar
 - Zorg: < 15 jaar

5.3 Vergelijking uitkomsten ECN en TNO

In tegenstelling tot de woningvoorraad is het, vanwege de verschillen in modellering, voor de utiliteitsbouw met uitzondering van de gasprijs niet mogelijk de invoer van beide modellen op elkaar af te stemmen. Ondanks het verschil in benaderingswijze

blijken de uitkomsten van de twee modellen nagenoeg overeen te komen. Volgens het ECN-model bedraagt de autonome besparing 23 PJ en conform het TNO-model is dit 23,2 PJ.

Gelet op de grote onzekerheden rondom de uniformiteit van basisgegevens bestaat er geen reden om aan de plausibiliteit van de uitkomsten van de ECN berekeningen te twijfelen. Wel dient, maar dat geldt uiteraard ook voor de TNO uitkomsten, rekening te worden gehouden met een aanzienlijke bandbreedte rondom de hier gepresenteerde schattingen.

6 Meer met Minder

Een volgende stap in de second opinion betreft de berekeningen van het effect van Meer met Minder (MmM) voor zowel de woningen als de utiliteitsbouw.

6.1 Woningen

Vanwege het feit dat het effect van de door MmM ingezette beleidsinstrumenten niet in het ECN-model zijn weer te geven, heeft ECN ervoor gekozen de effecten van het programma buiten het voor de autonome ontwikkeling gehanteerde model te berekenen. In de notitie 'Effectschatting Meer met Minder' van ECN (18 september 2009) wordt ingegaan op de gehanteerde benaderingswijze en onderbouwing ervan. In feite wordt er door ECN gewerkt met twee scenario's. Dit zijn echter niet zo zeer scenario's in de zin van uitkomsten van modelberekeningen als wel vooraf gedefinieerde uitgangspunten en daarmee gegeven uitkomsten. In beide gevallen gelden de volgende aannamen:

- Meer met Minder is vooral succesvol op natuurlijke momenten:
 - Verhuismomenten in koopwoningen
 - Grootchalige renovatie bij sociale huurwoningen
- Alleen koopwoningen met een label C of slechter zullen verbeterd worden.
- Een woning wordt maar 1 keer verbeterd door MmM.
- Per verbeterde koopwoning geldt, afhankelijk van het scenario (zie hieronder), een besparing van 20%-30%.
- Corporaties zullen zoeken naar de goedkoopste mogelijkheid om de doelstelling uit het convenant te halen.
- Particuliere verhuurders hebben geen belang bij investering in energiebesparing.

In het eerste scenario ("Succesvolle Marktwerving") wordt verondersteld dat de particuliere verhuurders geen extra maatregelen als gevolg van MmM zullen nemen. Verder wordt aangenomen dat de markt zich succesvol ontwikkelt. Daarbij gaat ECN er van uit dat het aandeel deelnemers onder de eigenaar bewoners toeneemt van 25% naar 60 % en dat 30% energie per woning wordt bespaard. In totaal zullen in 2020 dus 800.000 woningen zijn aangepakt. Uiteraard neemt het aantal aan te pakken koopwoningen af, doordat over de jaren ook de verbeterde woningen weer verkocht worden. Voor de corporatiesector wordt aangenomen dat er 2,5 miljard extra in energiebesparing wordt geïnvesteerd, conform het afgesloten convenant.

Het tweede scenario wordt gekenmerkt door stagnerende marktwerving. Ook hier nemen de particuliere verhuurders geen extra maatregelen. Voor de koopsector wordt aangenomen dat slechts 10% van de woningbezitters zal deelnemen met een energiebesparing van 20% per woning. Uiteindelijk leidt dit tot extra energiemaatregelen bij 230.000 koopwoningen in 2020. Voor de corporatiesector is de aanname dat 1,25 miljard extra in energiebesparing wordt geïnvesteerd: de helft van wat er in het convenant is afgesproken.

In de genoemde notitie van ECN wordt aangegeven dat ECN vooralsnog het tweede scenario het meest waarschijnlijk acht, en het eerste scenario als bandbreedte hanteert. Hiervoor worden door ECN de onderstaande argumenten aangedragen:

1. Het is twijfelachtig of MmM in haar huidige opzet er in zal slagen om voldoende particuliere woningeigenaren te bereiken om het genoemde sneeuwbaaleffect op gang te brengen. De volgende waarnemingen liggen aan deze twijfel ten grondslag:

- a. MmM lijkt zich vooral op de aanbodkant van de markt te richten waardoor de vraagkant mogelijk achterblijft.
 - b. De proefprojecten gericht op woningeigenaren laten zien dat als woningeigenaren wel actief benaderd worden, slechts een beperkt deel van de aangeschreven woningeigenaren daadwerkelijk investeert in energiebesparende maatregelen. Naast BTW verlaging en subsidie op HR++ glas zijn er geen financiële prikkels om particuliere woningeigenaren over te halen om te investeren. Er zijn maar weinig aanbieders die een totaalpakket van uitvoering, financiering en ontzorgen aanbieden en het wordt niet huis aan huis verkocht³.
 - c. De kennis bij zowel marktpartijen als woningeigenaren over MmM is nog beperkt. Of dit in de toekomst verbetert is nog onzeker.
 - d. De energielabels worden maar door een beperkt aantal woningeigenaren aangevraagd. Deze labels zijn een belangrijke schakel in het MmM programma.
2. Het is onzeker of woningcorporaties zich voldoende in zullen spannen om de doelstellingen in het convenant te realiseren.
 - a. Het Centraal Fonds Volkshuisvesting heeft aangegeven dat veel corporaties op dit moment een gebrek aan liquide middelen hebben, en dat dit naar verwachting de komende jaren zal aanhouden. Dit kan een negatieve invloed op de investeringen van corporaties hebben.
 - b. Het landelijke convenant is nog onvoldoende omgezet in lokale afspraken en concrete plannen van aanpak.
 - c. Het is nog onzeker of corporaties er in zullen slagen om op tijd voldoende kennis en kunde te ontwikkelen om succesvol grootschalige energiebesparingprojecten te managen.
 3. Een conservatieve inschatting past beter bij het karakter van een referentieraming.
 - a. Een belangrijke functie van een raming is dat het dient als referentie voor aanvullende beleidsmaatregelen. Dergelijke aanvullende maatregelen zullen vooral worden onderzocht als de effecten van het beleid tegenvallen. Een conservatieve referentie sluit dan beter aan bij de werkelijke situatie.
 - b. Bij een optimistische referentieraming zal het additionele effect van aanvullend beleid klein zijn of zelfs negatief.

De vraag is in eerste instantie in hoeverre deze aannamen plausibel zijn. Wat betreft de keuze van ECN voor de uitgangspunten van het tweede scenario ziet TNO nu geen reden om dit positiever in te schatten. Op dit moment zijn bij de consument het MmM programma en subsidies nog altijd relatief onbekend en is er geen reden om aan te nemen dat het convenant nu wel in zijn geheel zal worden uitgevoerd. Wat dit laatste betreft, is de aanname dat de helft van de in het convenant overeengekomen investeringsbedrag van 2,5 miljard euro daadwerkelijk zal worden ingezet natuurlijk arbitrair. Juist vanwege de grote onzekerheid omtrent de uiteindelijke investeringen is een ruimte bandbreedte, in casu 50%, zeer verdedigbaar. Ten aanzien hiervan zijn wij overigens van mening dat de investeringen eerder in de buurt van de 50% zullen liggen dan in de buurt van de 100%.

Om, ondanks alle onzekerheden en aannames, toch een gevoel te krijgen voor de plausibiliteit van de ECN uitkomsten is met behulp van het TNO-model een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om het mogelijk effect van MmM te berekenen. De uitkomsten zijn vergeleken met die van het ECN-model. In tegenstelling tot de benadering van ECN is er geen eindsituatie gedefinieerd, maar zijn de effecten doorgerekend op basis

³ Zie ook "Impasse in isolatieplan" De ingenieur, augustus 2009.

van varianten aangaande de bereidheid per maatregel en doelgroep op basis van vervangingsmomenten conform de onderhoudscyclus, aangevuld met een ingreep-frequentie die anders dan onderhoud- gemotiveerd is (bijvoorbeeld spouwmuurvulling vanwege energiebesparing). In feite dus met de dezelfde modelmatige benadering als de autonome ontwikkeling is geschat⁴. TNO heeft daarbij de MmM impact met vier varianten benaderd:

1. Een toename van de bekendheid met de energiebesparende maatregelen per doelgroep van 10% t.o.v. autonome ontwikkeling en een subsidie van 15% op vloer-, dak-, gevel-, en glasisolatie (TNO_10+15)
2. De bereidheid om energetische maatregelen te treffen op vervangingsmomenten is zeer hoog is en bedraagt 0,8 (TNO_80): 80% van de potentiële investeerders neemt op het vervangingsmoment daadwerkelijk energiebesparende maatregelen.
3. De bereidheid om energetische maatregelen te treffen op vervangingsmomenten bedraagt het theoretische maximum van 1 (TNO_100): alle potentiële investeerders nemen op het vervangingsmoment daadwerkelijk energiebesparende maatregelen. Deze variant levert derhalve het maximale besparingspotentieel op.
4. Dezelfde bereidheid als bij autonoom, maar met 5% extra ingreepmomenten per bouwdeel waarop energiebesparing wordt overwogen (TNO_auto+5).

Al met al levert dit de uitkomsten op, zoals in figuur 7 worden weergegeven. De ECN uitgangspunten leveren een geraamde extra besparing van 11,9 PJ op met een zeer ruime bandbreedte: tussen 6 en bijna 32 PJ. Het door TNO berekende effect van 15% subsidie in combinatie met een toename van 10% van de bekendheid met energiebesparende maatregelen (TNO_10+15) is met iets meer dan 3 PJ zeer beperkt: ongeveer de helft van de ondergrens zoals deze door ECN is berekend. Het beperkte effect wordt veroorzaakt doordat de 15 % subsidie maar een beperkte verbetering van de terugverdientijd oplevert en ook de investeringsreductie beperkt is.

De TNO variant dat iedereen daadwerkelijk op de vervangingsmomenten energiebesparende maatregelen neemt (TNO_100), zou als een bovengrens kunnen worden gezien. Dit levert bijna 20PJ op: een soort gulden middenweg tussen de ECN raming en bovengrens. Het lijkt echter onwaarschijnlijk dat een dergelijke bereidheid wordt gehaald. Zelfs een bereidheid van 80% (TNO_80), waarmee een met ECN vergelijkbare besparing wordt gerealiseerd (13 PJ), is extreem optimistisch. De TNO variant (TNO_auto+15) met 5 % extra maatregelen zit iets onder de ECN uitkomsten. Er is echter wel extra inzet en budget nodig om deze 5 % daadwerkelijk te bereiken.

Tabel 3: ECN raming, onder- en bovengrens en TNO raming

MmM effect volgens	Raming (PJ)	Ondergrens (PJ)	Bovengrens (PJ)
ECN	11,9	6,0	31,7
TNO_10+15	3,2		
TNO_80	12,9		
TNO_100	19,7		
TNO_aut+5	10,9		

Alles overziend, lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat de besparingen, zoals berekend door ECN, plausibel zijn. TNO is echter van mening dat de besparing van bijna 12 PJ met de huidige beleidsinspanningen als een bovengrens kan worden beschouwd. Een

⁴ Zie tekstbox op pagina 14

aanzienlijke gecombineerde inspanning op communicatief en financieel gebied zal nodig zijn om deze 12 PJ te halen. Een dergelijke besparing staat overigens nog ver af van het Schoon en Zuinig doel van 76 PJ voor de woningvoorraad.

6.2 Utiliteitsgebouwen

Wat betreft de U-bouw heeft ECN voor MmM verondersteld dat alleen kantoren en zorginstellingen advies op maat krijgen en toepassingen van maatregelen met een terugverdientijd korter dan vijf jaar worden uitgevoerd. De bereidheid tot het nemen van deze rendabele maatregelen wordt door ECN verondersteld te liggen tussen de 50% en 100%, afhankelijk van de huidige penetratie en penetratiegraad zonder beleid. ECN hanteert daarbij de rekenregel dat de bereidheid tot het nemen van een maatregel op een vervangingsmoment twee keer zo hoog is als de penetratiegraad van de betreffende maatregel in 2020 zonder beleid. Uiteindelijk levert dit een extra besparing op van 11 PJ met een ondergrens van 6PJ en een bovengrens van 12 PJ (figuur 8). In het TNO-model zijn de effecten doorgerekend voor alle sectoren van de utiliteitsbouw, op basis van varianten omtrent de bereidheid per maatregel en sector uitgaande van vervangingsmomenten conform de onderhoudscyclus aangevuld met ingreepmomenten die niet onderhoudgemotiveerd zijn. In feite dus met de dezelfde modelmatige benadering als de autonome ontwikkeling is geschat⁵, met dien verstande dat TNO de MmM effecten met vier varianten heeft benaderd:

1. Een toename van de bekendheid met de energiebesparende maatregelen per doelgroep van 10% t.o.v. de autonome ontwikkeling (TNO_10)
2. De bereidheid om energetische maatregelen te treffen op vervangingsmomenten is zeer hoog en bedraagt 0,9 (TNO_90): 90% van de potentiële investeerders neemt op het vervangingsmoment daadwerkelijk energiebesparende maatregelen.
3. De bereidheid om energetische maatregelen te treffen op vervangingsmomenten bedraagt het theoretisch maximum van 1 (TNO_100): alle potentiële investeerders nemen op het vervangingsmoment daadwerkelijk energiebesparende maatregelen. Deze variant levert derhalve het maximale besparingspotentieel op.
4. Dezelfde bereidheid als bij autonoom, maar met 5% extra ingreepmomenten per bouwdeel waarop energiebesparing wordt overwogen (TNO_auto+5)

Ten opzichte van het ECN-model levert de eerste variant van TNO slechts een geringe besparing op: 2,6 PJ. Ongeveer 75% minder dan de ECN raming en bijna de helft van de ondergrens. Beschouwen we de TNO variant met maximale bereidheid als de bovengrens dan ligt die iets boven de raming van ECN. De versnellingsvariant komt met 7,6 PJ ongeveer tussen de hoogste en laagste TNO variant uit.

Tabel 4: ECN raming, onder- en bovengrens en TNO raming

MmM effect volgens	Raming (PJ)	Ondergrens (PJ)	Bovengrens (PJ)
ECN	11	6	12
TNO_10	2,6		
TNO_90	10,8		
TNO_100	12,8		
TNO_auto+5	7,6		

⁵ Zie tekstbox op pagina 22

Beide berekeningswijzen zijn niet goed te vergelijken vanwege het feit dat in het TNO-model aanzienlijk minder maatregelen zijn opgenomen, terwijl het TNO-model in tegenstelling tot dat van ECN wel alle sectoren omvat. Desondanks is TNO van mening dat de raming van ECN aan de hoge kant is. Voornamelijk vanwege de hoge schatting van de bereidheid. Bij de huidige Schoon en Zuinig inspanning achten wij het meer aannemelijk dat de besparing ongeveer in de orde van grootte van de door ECN berekende ondergrens zal liggen, wat een aanzienlijke afstand tot het Schoon en Zuinig doel voor de U-bouw (24 PJ) inhoudt.

7 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

7.1 Samenvatting en conclusies

Vraagstelling

Het programmabureau Schoon en Zuinig van het ministerie van VROM heeft TNO Bouw en Ondergrond gevraagd een second opinion uit te voeren van de referentieramingen voor de Gebouwde Omgeving uitgevoerd door ECN in het kader van het programma “Schoon en Zuinig”. Deze ramingen, en derhalve de second opinion, hebben zich gericht op de autonome ontwikkeling van het energiegebruik en op de effecten van het Meer met Minder (MmM) beleid hierop. Bij de second opinion is de energiebesparing voor huishoudelijke apparaten en voor bedrijfsprocessen in utiliteitsgebouwen als randvoorwaarde meegenomen, zonder hier nadere analyses op uit te voeren.

Benadrukt wordt dat de second opinion geen oordeel geeft in termen van ‘goede’ of ‘foute’ berekeningen en uitkomsten, maar bezielt in hoeverre de uitkomsten van de door ECN uitgevoerde berekening plausibel zijn. Hierbij worden de onderliggende aannamen en uitgangspunten zo veel als mogelijk in beschouwing genomen. De doorlooptijd van het project was kort, waardoor de analyses beperkt moesten worden. De consequentie is dat voor de conclusies de restrictie geldt dat zij met een hoge mate van waarschijnlijkheid valide zijn.

Aanpak

Wat betreft de aanpak is gekozen voor een combinatie van modelanalyse en model to model comparison, waarbij de plausibiliteitcheck voornamelijk op het niveau van de modelaannames is uitgevoerd en minder op het niveau van de einduitkomsten. Dit laatste vanwege de beperkte referenties die er zijn; er zijn nauwelijks of geen praktijkgegevens over de impact van marktmechanismen en overheidsbeleid ten aanzien van energiebesparing die voldoende inzicht geven in voorspellende uitspraken. De modelanalyse heeft zich met name gericht op het verkrijgen van inzicht in de beschouwingswijze en de rekenmechanismen die door ECN zijn gehanteerd, een volwaardige analyse is in het korte tijdsbestek niet mogelijk. Gezien de tijdsdruk en de complexiteit van de ECN-modellering is het effectiever inzicht te verkrijgen door model to model comparison. Voor deze model to model benadering is een bestaand model door TNO aangepast om een zo goed mogelijke aansluiting te krijgen bij de vraagstelling van VROM.

Uitkomsten en conclusies autonome besparing

- De autonome besparing voor de bestaande woningvoorraad doorgerekend voor de periode tot 2020 blijkt in beide modellen nagenoeg overeen te komen. Volgens het ECN-model bedraagt de autonome energiebesparing in 2020 33,9 PJ en volgens het TNO-model 34,5 PJ.
- De autonome besparing in de utiliteitsbouw bedraagt volgens het ECN-model 23 PJ en volgens het TNO-model 23,2 PJ.
- Er bestaat geen reden de plausibiliteit van de door ECN berekende autonome besparingen in de woningvoorraad in twijfel te trekken. Hetzelfde geldt voor de utiliteitsbouw. Wel dient, maar dat geldt uiteraard ook voor de TNO uitkomsten, rekening te worden gehouden met een aanzienlijke bandbreedte rondom de hier gepresenteerde schattingen.

Uitkomsten en conclusies Meer met Minder: woningbouw

De raming van het effect van MmM door ECN is gebaseerd op een scenario dat wordt gekenmerkt door een stagnerende marktwerking: slechts 10% van de woningbezitters zal deelnemen met een energiebesparing van 20% per woning, de corporatiesector investeert 1,25 miljard extra in energiebesparing (de helft van wat er in het convenant is afgesproken) en de particuliere verhuurders nemen geen extra maatregelen. De bandbreedte wordt gevormd door een scenario met een succesvolle marktwerking. De beleidseffecten van MmM zijn door TNO met vier varianten doorgerekend:

1. Een toename van de bekendheid met de energiebesparende maatregelen per doelgroep van 10% t.o.v. autonome ontwikkeling en een subsidie van 15% op vloer-, dak-, gevel-, en glasisolatie (TNO_10+15).
2. De bereidheid om energetische maatregelen te treffen op vervangingsmomenten is zeer hoog is en bedraagt 0,8 (TNO_80): 80% van de potentiële investeerders neemt op het vervangingsmoment daadwerkelijk energiebesparende maatregelen.
3. De bereidheid om energetische maatregelen te treffen op vervangingsmomenten bedraagt het theoretische maximum van 1 (TNO_100): alle potentiële investeerders nemen op het vervangingsmoment daadwerkelijk energiebesparende maatregelen. Deze variant levert derhalve het maximale besparingspotentieel op.
4. Dezelfde bereidheid als bij autonoom, maar met 5% extra ingreepmomenten per bouwdeel waarop energiebesparing wordt overwogen (TNO_auto+5)

Al met al levert dit de uitkomsten op, zoals in de onderstaande tabel zijn weergegeven. De ECN uitgangspunten leveren een geraamde extra besparing van 11,9 PJ op met een zeer ruime bandbreedte: tussen 6 en bijna 32 PJ. Het door TNO berekende effect van 15% subsidie in combinatie met een toename van 10% van de bekendheid met energiebesparende maatregelen (TNO_10+15) is met iets meer dan 3 PJ zeer beperkt: ongeveer de helft van de ondergrens zoals deze door ECN is berekend. Het beperkte effect wordt veroorzaakt doordat de 15 % subsidie maar een beperkte verbetering van de terugverdientijd oplevert en ook de investeringsreductie beperkt is.

De TNO variant (TNO_100) dat iedereen daadwerkelijk op de vervangingsmomenten energiebesparende maatregelen neemt, zou als een bovengrens kunnen worden gezien. Dit levert bijna 20PJ op: een soort gulden middenweg tussen de ECN raming en bovengrens. Het lijkt echter onwaarschijnlijk dat een dergelijke bereidheid wordt gehaald. Zelfs een bereidheid van 80% (TNO_80), waarmee een met ECN vergelijkbare besparing wordt gerealiseerd (13 PJ), is extreem optimistisch. De TNO variant (TNO_auto+5) met 5 % extra maatregelen zit iets onder de ECN uitkomsten. Er is echter wel extra inzet en budget nodig om deze 5 % daadwerkelijk te bereiken.

Alles overziend, lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat de besparingen, zoals berekend door ECN, plausibel zijn. TNO is echter van mening dat de besparing van bijna 12 PJ met de huidige beleidsinspanningen als een bovengrens kan worden beschouwd. Een aanzienlijke gecombineerde inspanning op communicatief en financieel gebied zal nodig zijn om deze 12 PJ te halen. Een dergelijke besparing staat overigens nog ver af van het Schoon en Zuinig doel van 76 PJ voor de woningvoorraad.

Tabel 5: ECN raming, onder- en bovengrens en TNO raming

MmM effect volgens	Raming (PJ)	Ondergrens (PJ)	Bovengrens (PJ)
ECN	11,9	6,0	31,7
TNO_10+15	3,2		
TNO_80	12,9		
TNO_100	19,7		
TNO_aut+5	10,9		

Uitkomsten en conclusies Meer met Minder: utiliteitsbouw

Wat betreft de utiliteitsbouw heeft ECN voor MmM verondersteld dat alleen kantoren en zorginstellingen advies op maat krijgen en toepassingen van maatregelen met een terugverdientijd korter dan vijf jaar worden uitgevoerd. De bereidheid tot het nemen van deze rendabele maatregelen wordt door ECN verondersteld te liggen tussen de 50% en 100%, afhankelijk van de huidige penetratie en penetratiegraad zonder beleid. Uiteindelijk levert dit een extra besparing op van 11 PJ met een ondergrens van 6PJ en een bovengrens van 12 PJ (zie onderstaande tabel). In het TNO-model zijn de effecten doorgerekend met de dezelfde modelmatige benadering als de autonome ontwikkeling is geschat, met dien verstande dat TNO de MmM effecten weer met vier varianten heeft benaderd. Dit zijn dezelfde varianten als voor de woningbouw, met dien verstande dat in eerste variant er geen subsidie is meegenomen en in de tweede variant niet 80%, maar 90% van de potentiële investeerders ook daadwerkelijk maatregelen neemt.

Ten opzichte van het ECN-model levert de eerste variant van TNO slechts een geringe besparing op: 2,6 PJ. Ongeveer 75% minder dan de ECN raming en bijna de helft van de ondergrens. Beschouwen we de TNO variant met maximale bereidheid als de bovengrens dan ligt die iets boven de raming van ECN. De versnellingsvariant komt met 7,6 PJ ongeveer tussen de hoogste en laagste TNO variant uit.

Tabel 6: ECN raming, onder- en bovengrens en TNO raming

MmM effect volgens	Raming (PJ)	Ondergrens (PJ)	Bovengrens (PJ)
ECN	11	6	12
TNO_10+15	2,6		
TNO_90	10,8		
TNO_100	12,8		
TNO_auto+5	7,6		

Beide berekeningswijzen zijn niet goed te vergelijken vanwege het feit dat in het TNO-model aanzienlijk minder maatregelen zijn opgenomen, terwijl het TNO-model in tegenstelling tot dat van ECN wel alle sectoren omvat. Desondanks is TNO van mening dat de raming van ECN aan de hoge kant is. Voornamelijk vanwege de hoge schatting van de bereidheid. Bij de huidige Schoon en Zuinig inspanning achten wij het meer aannemelijk dat de besparing ongeveer in de orde van grootte van de door ECN berekende ondergrens zal liggen, wat een aanzienlijke afstand tot het Schoon en Zuinig doel voor de utiliteitsbouw (24 PJ) inhoudt.

7.2 Aanbevelingen

Op basis van de ervaringen uit deze studie zijn een de volgende aanbevelingen te formuleren:

- Gezien de beperkte kennis van de bouwvoorraad voor de utiliteitsbouw en de zeer beperkte inzichten in de werking van marktmechanismen in zowel de woningbouw als in utiliteitsbouw sector, is het aan te raden scenario studies zeer transparant op te zetten. Dit betekent dat de structuur van de berekeningen helder moet zijn opgezet. De methodiek, de gehanteerde invoer en de aannamen moeten goed zijn gedocumenteerd zijn, waarbij duidelijk moet zijn welke aannamen een hoge dan wel lage waarschijnlijkheid bevatten.
 - Daar waar geen degelijke en betrouwbare bronnen voorhanden zijn moeten de gehanteerde aannamen worden gemotiveerd.
 - Door de beperkte beschikbaarheid van gegevens blijkt dat er in de literatuur een keten van doorverwijzingen bestaat, waardoor schijnbaar recente bronnen feitelijk terug blijken te gaan naar jaren oude informatie.

Het is, in dit licht, aan te bevelen het ECN-model meer transparant te maken ten aanzien van de waarschijnlijkheid van de aannamen en deze meer expliciet te maken om de discussie over de validiteit te focussen.

- Het is van groot belang voor een zo goed mogelijke kwaliteitsborging van scenario studies zorg te dragen; dit vanwege het belang en de complexiteit van deze studies en de noodzaak tot consistentie over de jaren.
 - Model to model comparison is daarbij een krachtig instrument. Falsificatie is van groot belang voor een kritische houding ten aanzien van de kwaliteit.
 - Los van het feit dat de plausibiliteit van de uitkomsten wordt getoetst, levert het toetsingsproces zelf al waardevolle reflectie op die het kennisniveau van de toetsende en getoetste partij verhoogd.

Het is aan te bevelen om de in deze analyse ingezette aanpak structureel te hanteren bij scenario studies. De decennialange validatiepraktijk bij energieberekeningen heeft laten zien dat dit leidt tot kwaliteitsverbetering en significante expertise-ontwikkeling.

- De kwaliteit van met name voorraadgegevens van de utiliteitsbouw dient waar mogelijk verbeterd te worden.
 - Een goed doordachte monitoring van uitgegeven energielabels kan hierbij een krachtig instrument zijn.
 - Het is aan te bevelen expert judgements op een goed onderbouwde wijze tot stand te brengen, door bijvoorbeeld met panels, focusgroups en andere vormen van assessment te werken.
- Meer kennis van gedrags- en marktmechanismen in relatie tot beleidsinstrumenten als subsidie, voorlichting, kennisoverdracht is wezenlijk om deze aspecten in de modellen op te nemen, zodat het beleid beter geëvalueerd kan worden en aanbevelingen sterker kunnen worden onderbouwd.
- Wanneer scenario studies niet enkel voor constaterende doeleinden worden ingezet maar ook benut om prognoses te doen, kunnen ze worden aangewend om de effectiviteit van beleidsinstrumenten te vergroten. Door de scenariodoorrekeningen te koppelen aan de feitelijk behaalde beleidsresultaten, kan op basis van de uitkomsten sturing met beleidsinstrumenten plaatsvinden (adaptieve stimulering). Het is daarom sterk aan te bevelen de prognoses van de ECN scenario studies te spiegelen aan de behaalde resultaten die uit monitoring beschikbaar komen. Hierbij is het essentieel dat de modellering in de scenariostudie en de wijze van monitoren op elkaar is afgestemd. Op die manier is het mogelijk de effectiviteit van het beleid te meten en op

basis daarvan het beleid bij te sturen en worden onnodige discontinuïteiten in het beleid voorkomen. Randvoorwaarde is een structurele meerjarige monitor om beleidseffecten in beeld te kunnen brengen.

A Bijlage 1. Geraadpleegde literatuur

- Berben, J., e.a. (2010), *Haalbaarheidsstudie minimum energieprestatie-eisen voor bestaande bouw*, BuildDesk Benelux, Arnhem
- Jeeninga, H., Volkers, C.H. (2003), *Ontwikkeling van SAWEC. Een Simulatie en Analyse model voor verklaring en voorspelling van het Woninggebonden Energieverbruik en CO2-emissie*, ECN, Petten (Rapportnummer: ECN-C-03-067)
- Meijer, P.H., Verweij, R. (2009), *Energieverbruik per functie voor SenterNovem*, Meijer Energie & Milieumanagement, Den Haag
- Meijer, P.H., e.a. (2008), *Energiebesparingsmaatregelen voor SAVE Utiliteit in opdracht van ECN*, Meijer Energie & Milieumanagement, Den Haag
- Menkveld, M. (2010), *Referentieraming Energie en Emissies 2010*, ECN, Amsterdam / Petten (presentatie VROM WWI, 18 januari 2010)
- Menkveld, M., Tigchelaar, C. (2010), *Referentieraming ECN*, ECN, Amsterdam / Petten (Presentatie t.b.v. second opinion)
- Menkveld, M., Tigchelaar, C. (2010), *Bepaling effect Meer met Minder*, ECN, Amsterdam / Petten (Presentatie t.b.v. second opinion)
- Menkveld, M., Tigchelaar, C. (2007), *Gevoeligheidsanalyse door variatie model*, ECN, Amsterdam / Petten (Interne notitie ECN)
- Poel, A. (1987), *Toetsing van simulatiemodellen voor energieberekeningen*, in: Klimaatbeheersing nr. 10, 1987
- Poel, A., e.a. (2008), *Stimulering energiebesparing in de non-profit utiliteitsbouw*, BuildDesk Benelux, Arnhem
- Poel, A., e.a. (2006), *Energiebesparing in de bestaande bouw: een verkenning van potenties*, EBM Consult, Arnhem
- Tigchelaar, C. (2009), *Gevoeligheidsanalyse door variatie input*, ECN, Amsterdam / Petten (Interne notitie ECN)
- Tigchelaar, C. (2009), *Toelichting effectschatting Meer met Minder*, ECN, Amsterdam / Petten (Interne notitie ECN)
- TNS-NIPO (2010), *Bekendheid van regelingen voor isolatie en maatwerkadvies*, TNS-NIPO, Amsterdam

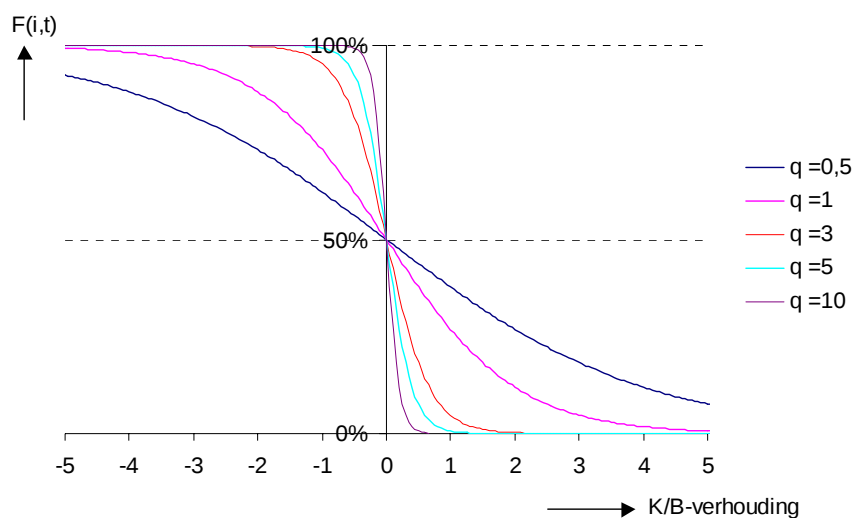
B Bijlage 2. Parameters die de S-curve beschrijven⁶

Via een S-vormige curve, die zowel wat betreft de steilheid als ook de positie kan worden aangepast, kan het aankoopgedrag van de consument worden gesimuleerd. Via het instellen van deze waarden wordt de prijsgevoeligheid van het model gestuurd.

Steilheid

De steilheid van de S-curve is in theorie afhankelijk van het **stadium** waarin de technologie zich bevindt: een geavanceerde technologie heeft een geringe steilheid, een “door-snee” technologie die alom bekend is een grotere steilheid. In principe is het zo dat een technologie dit stadium van “nieuw / geavanceerd / high tech” naar “alom bekend” in een tiental jaren doorloopt. Tevens is de steilheid afhankelijk van het **type** technologie, bijvoorbeeld muurisolatie, ketels, glasisolatie etc. Dit verandert niet in de tijd. Het betreft hier zogenaamde **technologieclusters** waarbinnen weer een onderscheid gemaakt kan worden naar individuele opties die zich in een bepaald technologiestadium bevinden (dubbel glas vs. drievoudige HR+++ glas). Verwacht mag worden dat bepaalde technologieclusters een andere prijsgevoeligheid hebben dan andere.

Figuur B2.1: Effect van de kalibratiefactor $q_{i,t}$ op het marktaandeel $F_{i,t}$ als functie van de kosten/baten-verhouding bij een gegeven waarde voor $v_{i,t}$ ($v_{i,t} = 0$)



Bij de kalibratie van SAWEC is ervoor gekozen alle besparingsmaatregelen in te delen in 3 clusters. In beginsel worden alle technologieën in het middelste cluster ingedeeld (steilheid $q=3$). Technologieclusters die nauwelijks reageren op prijsprikkels (vloerisolatie) worden naar de ‘lage’ categorie overgeheveld (steilheid $q=2$) en een paar technologieclusters die sterker op prijzen reageren worden naar de categorie ‘hoog’ overgeheveld (bijvoorbeeld ketels en glasisolatie), zijnde ook opties die in het geval van prijsstijgingen relatief eenvoudig zijn aan te brengen (steilheid $q=4$).

Voor de gevoeligheidsanalyse kunnen 2 runs worden gemaakt:

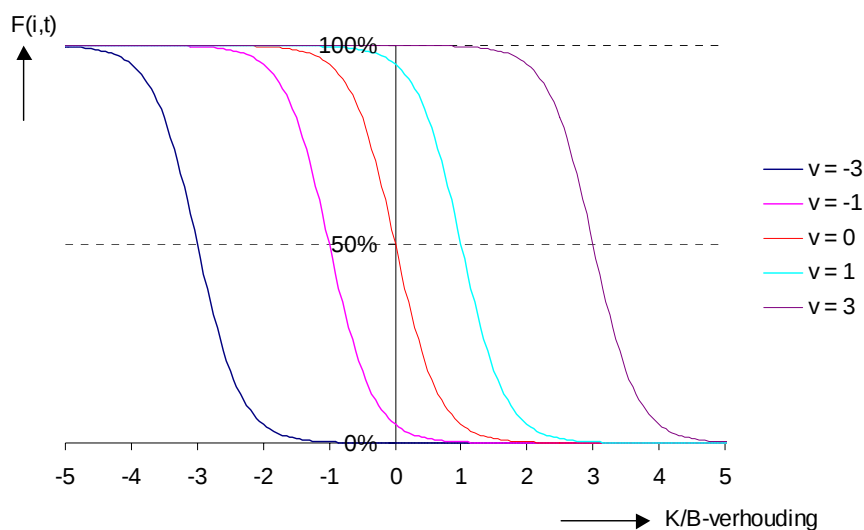
- Alle maatregelen op $q=3$ voor alle zichtjaren 2000-2020
- Alle maatregelen van $q=2$ naar $q=1$ en alle maatregelen van $q=4$ naar $q=5$ voor alle zichtjaren 2000-2020

⁶ Bron: “Gevoeligheidsanalyse door variatie input” (Interne notitie ECN)

Positie

De positie van de S-curve is met name een maat voor de niet-energie effecten die een rol spelen, zoals bijvoorbeeld comfort en (duurzaam) imago. Ook **voorlichting** (EPA-effect, energielabels) kan het beste gesimuleerd worden door het schuiven van de S-curve. Ook de afwegingsverschillen ten aanzien van de **eigendomsverhouding** kunnen hiermee tot uiting worden gebracht. Een eigenaar bewoner zal andere afwegingen maken ten aanzien van de investering in energiebesparing dan een verhuurder. In de particuliere en sociale verhuur staan bijvoorbeeld minder zeer efficiënte verwarmingsketels in vergelijking tot particuliere koop.

Figuur B2.2: Effect van de kalibratiefactor $v_{i,t}$ op het marktaandeel $F_{i,t}$ als functie van de kosten/baten-verhouding bij een gegeven waarde voor $q_{i,t}$ ($q_{i,t} = 3$)



Bij de kalibratie van SAWEC is de positie van de S-curve gebruikt om in de zichtjaren 1985-2000 de gewenste penetratiegraad te simuleren. De waarde van v varieert per maatregel tussen 0,3 en 8.

Voor de gevoeligheidsanalyse kunnen 3 runs worden gemaakt:

- Voor alle maatregelen $v=0,5$ voor alle zichtjaren 2000-2020
- Voor alle maatregelen $v=1$ voor alle zichtjaren 2000-2020
- Voor alle maatregelen $v=2$ voor alle zichtjaren 2000-2020

Gecheckt wordt op de totale gasvraag als output. Maar ook wordt een analyse gemaakt van de penetratie van verschillende energiebesparingsmaatregelen om verschillen te verklaren.