

RIVM rapport 771404 002

**Prognose Milieu-effecten Duurzaam Bouwen**  
Kabinetsbeleid tot eind 1997 in Woning- en  
Utiliteitsbouw

L.E.M. Crommentuijn, E.D.M. Verbeek  
m.m.v. A.Dullemond<sup>1</sup> & J.Nijland<sup>1</sup>

november 1999

<sup>1</sup>TNO / Bouw

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het Ministerie van VROM,  
Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Bestuurszaken, in het kader van project 771404,  
Evaluatie DuBo II, Doelgroep Bouw, Laboratorium Afvalstoffen en Emissies,  
eindrapportage.



## Voorwoord

Dit onderzoek is verricht in opdracht van het Ministerie van VROM. TNO Bouw heeft voor de berekeningen het model voor de woningbouw verder ontwikkeld en geactualiseerd, en voor de berekeningen ten behoeve van de utiliteitsbouw een nieuw model ontwikkeld. Het RIVM heeft (aanvullende) gegevens geleverd, de beoordeling door de deskundigen van de diverse veronderstellingen en verwachte ontwikkelingen gecoördineerd en het rapport geschreven. De deskundigen die een beoordeling van ontwikkelingen en hypothesen hebben gegeven ten aanzien van de diverse maatregelen zijn genoemd in bijlage 1.

Een begeleidingscommissie, bestaande uit vertegenwoordigers van het Ministerie van VROM, Ministerie van EZ, Ministerie van V & W, Ministerie van Defensie, Novem en SBR, heeft het onderzoek begeleid.

In samenwerking met het ECN heeft er in het eindstadium van het onderzoek een vergelijking plaats gevonden van de resultaten ten aanzien van het energiegebruik en de resulterende CO<sub>2</sub>-emissie.

Bilthoven, oktober 1999.



# Inhoud

<b>Abstract</b>	<b>7</b>
<b>Samenvatting en conclusies</b>	<b>9</b>
<b>Lijst met afkortingen</b>	<b>13</b>
<b>1. Inleiding</b>	<b>15</b>
1.1 <i>Achtergrond</i>	15
1.2 <i>Vraagstelling</i>	15
1.3 <i>Beleid</i>	15
<b>2. Werkwijze</b>	<b>19</b>
2.1 <i>De Modellen</i>	19
2.1.1 <i>Woningbouw</i>	19
2.1.2 <i>Utiliteitsbouw</i>	19
2.1.3 <i>Betrouwbaarheid</i>	20
2.2 <i>Uitgangspunten evaluatie en prognose</i>	21
2.2.1 <i>Woningbouw</i>	22
2.2.2 <i>Utiliteitsbouw</i>	22
2.2.3 <i>Kosten</i>	23
2.2.4 <i>Penetratiescenario's</i>	24
<b>3. Energie</b>	<b>25</b>
3.1 <i>Woningbouw</i>	25
3.1.1 <i>Algemeen</i>	25
3.1.2 <i>Nieuwbouw</i>	28
3.1.3 <i>Bestaande voorraad</i>	31
3.1.4 <i>Conclusie woningbouw</i>	33
3.2 <i>Utiliteitsbouw</i>	34
3.2.1 <i>Algemeen</i>	34
3.2.2 <i>Nieuwbouw</i>	41
3.2.3 <i>Bestaande voorraad</i>	42
3.2.4 <i>Conclusie U-bouw</i>	43
3.3 <i>Vergelijking</i>	43
<b>4. Water</b>	<b>47</b>
4.1 <i>Woningbouw</i>	47
4.1.1 <i>Conclusies</i>	48
4.2 <i>U-bouw</i>	48
4.2.1 <i>Algemeen</i>	48
4.3 <i>Vergelijking</i>	49
<b>5. Materialen</b>	<b>51</b>
5.1 <i>Grind</i>	51

5.2	<i>Vluchtige Organische Stoffen</i>	52
5.3	<i>Zware metalen</i>	53
5.3.1	Koper	53
5.3.2	Zink	54
5.3.3	Lood	55
5.4	<i>Hout</i>	56
5.5	<i>Overige materialen</i>	57
5.5.1	PVC	57
5.5.2	Kunststofdakbedekking	58
5.5.3	Gips	59
5.6	<i>Conclusies</i>	60
	<b>Literatuur</b>	<b>63</b>
	<b>Bijlagen</b>	<b>65</b>
	<i>Bijlage 1 Deskundigen</i>	67
1.1	Woningbouw	67
1.2	U-bouw	67
	<i>Bijlage 2 Vergelijking resultaten vorige en huidige rapportage</i>	69
	<i>Bijlage 3 Prognoses doorwerking maatregelen uit de Nationale Pakketten</i>	71
3.1	Woningbouw	71
3.2	U-bouw	73
	<i>Bijlage 4 Effecten van niet in het onderzoek betrokken Dubo II energiemaatregelen</i>	75
4.1	Woningbouw	75
4.2	Utiliteitsbouw	76
	<i>Bijlage 5 Modellen</i>	79
5.1	Beschrijving woningbouw	79
5.2	Beschrijving U-bouw	79
5.3	Verschil aanpak onderzoek woningbouw en HDO	81
	<i>Bijlage 6 Indeling sectoren naar SBI-code</i>	83
	<i>Bijlage 7 Vergelijking met resultaten optiedocument (UK)</i>	85
	Inleiding	85
	Resultaten	85
	Vergelijking	85
	Conclusie	91
	<i>Bijlage 8 Verzendlijst</i>	93

## Abstract

The Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment commissioned the RIVM to assess the environmental effect of the policy measures for sustainable construction, for the period 1995 – 2020. This study assesses the environmental effects of technical measures for the reduction of energy use, water use and the use of materials in existing and new dwellings and utility buildings.

Two models have been developed, one for dwellings and one for utility buildings (only for the sectors health, education, offices and retail trade). With these models technical measures of the National Packet Sustainable Building for the reduction of energy, water use and the use of materials in existing and new dwellings and buildings can be assessed. Behavioral changes have not been included in the models. In order to calculate the effects the measures with regard to sustainable construction have been equipped with penetration scenarios. These penetration scenarios are explicated in consultation with experts (in the fields of policy and construction).

For the dwellings in the Netherlands a reduction of energy use for space heating with approximately 15% is calculated. As a result the CO<sub>2</sub>-emission related to space heating will also decline. In utility buildings the energy use per m<sup>2</sup> gross ground area will decline. As a result of the increase in ground area for most of the sectors in utility buildings the energy use (and the resulting CO<sub>2</sub>-emission) will be stable.

The reduction of water use in dwellings is much larger than in utility buildings. This is a result of the much larger possibilities of water reduction in dwellings as compared to utility buildings.

The reduction of material use has also been assessed in the prognosis. In the near future environmental profit will be gained in the recycling of materials for buildings, for instance for shingle, gypsum and PVC. In the reduction of harmful emissions, for instance for volatile organic compounds and heavy metals. In the durable use and the reduction in use of non-renewable elements, for instance wood and tar products.





## Samenvatting en conclusies

### *Modellen en uitgangspunten*

Dit onderzoek, in opdracht van het Ministerie van VROM, richt zich op de prognose van milieueffecten van kabinetsbeleid ten aanzien van Duurzaam Bouwen voor de periode 1995 – 2020, zoals vastgelegd in de Nationale Pakketten Duurzaam Bouwen voor woning- en utiliteitsbouw. Geaccordeerd beleid tot eind 1997 is meegenomen in de evaluatie en prognose. Voor de berekeningen van de effecten zijn twee modellen gebruikt. Een model voor de woningbouw en een model voor de sectoren: zorg, onderwijs, kantoren en detailhandel (verder te noemen U-bouw). Samen dekken deze sectoren 86% van het bruto vloeroppervlak van de totale sector handel, diensten en overheid (SBI-code 5 – 9). In beide modellen wordt uitgegaan van een indeling van de gebouwen c.q. woningen naar standaardobjecten. Van deze standaardobjecten zijn alle in het kader van Duurzaam Bouwen relevante kenmerken opgenomen. Het onderzoek heeft uitsluitend betrekking op de objectgebonden maatregelen uit de Nationale Pakketten Duurzaam Bouwen voor woning- en utiliteitsbouw. Gedragsgebonden maatregelen zijn niet meegenomen in de berekeningen. De berekeningen betreffen louter de veranderingen door (fysiek)technische ingrepen in of aan het gebouw. Verder is bij de berekeningen uitgegaan van het ‘gedrag anno 1995’, zonder dat er hierin veranderingen verondersteld zijn. Ten aanzien van de woningbouw heeft het gedrag betrekking op ruimteverwarming en warm tapwater en het gebruik van water. In het model is verondersteld dat zich hierin geen veranderingen zullen voordoen ten opzichte van 1995. Dit betekent bijvoorbeeld dat het energiegebruik van processen in het huishouden, zoals koken, t.v. kijken, etc., niet zijn meegenomen, noch de besparingen (of ‘ontsparingen’) in deze processen die mogelijk zijn door gedragsverandering. In de U-bouw heeft het gedrag betrekking op ruimteverwarming, water, maar ook het functiegebonden elektriciteitsgebruik. Met andere woorden, voor de U-bouw is rekening gehouden met de functie van het gebouw en het functiegebonden elektriciteitsgebruik. Ook hierin is geen gedragsverandering ten opzichte van 1995 verondersteld, zoals het uitzetten van printers, computers, verlichting, etc. Ook veranderingen in bijvoorbeeld het beheer van gebouwen zijn niet meegenomen, zoals bijvoorbeeld de gevolgen van een verruiming van de openingstijden van winkels, en dergelijke.

Wel is in de berekeningen rekening gehouden met de volumeontwikkeling van de voorraad aan woningen en gebouwen behorend bij het European Coordination scenario van het CPB. Dit betekent dus dat met de modellen gebouwgebonden maatregelen kunnen worden doorgerekend op hun effecten ten aanzien van het gebruik van energie, water en materialen. Echter het betreft dan louter gebouwgebonden ingrepen, waarbij gedrags- en of beheersveranderingen buiten beschouwing worden gelaten en niet worden doorgerekend op hun effecten.

De bestaande voorraad gebouwen (woningen en utiliteitsgebouwen) heeft betrekking op de situatie op 1 januari 1995. De omvang van deze voorraad neemt in de loop van de tijd af als gevolg van onttrekkingen en functiewijzigingen. De nieuwbouw bouwt vanaf 1995 een zogenaamde ‘eigen’ voorraad op. Ten aanzien van deze sedert 1995 gebouwde woningen en gebouwen is geen rekening gehouden met renovatie na het bouwen.

Ten behoeve van deze doorrekeningen zijn er uitgangspunten geformuleerd over de penetratie van de verschillende maatregelen, binnen de context van het European Coordination scenario. Deze uitgangspunten ten aanzien van de penetratie van de verschillende maatregelen zijn voorgelegd aan een forum van deskundigen en aangepast op basis van hun inschattingen. De uitgangspunten betreffen de installatieconcepten voor ruimteverwarming en warm

tapwater, technische ingrepen ten aanzien van het watergebruik en het materiaalgebruik tijdens het bouw- en onderhoudsproces. Ten aanzien van deze inschatting is er zoveel mogelijk overeenstemming bereikt over de verwachte penetratie van maatregelen met dit forum van deskundigen.

### *Energiegebruik*

Zowel in de nieuwbouw als in de bestaande woningvoorraad is de inschatting dat er een absolute afname zal zijn van het objectgebonden energiegebruik in de toekomst t.o.v. 1995. In beide delen van de woningvoorraad zal de grootste besparing gehaald kunnen worden in het energiegebruik voor ruimteverwarming. Het energiegebruik voor de opwekking van warm tapwater zal in mindere mate afnemen. Het gemiddeld energiegebruik per woning zal, is de verwachting, relatief sterk afnemen, maar door een toename van het aantal woningen en het aantal gebouwen is de absolute daling minder. Echter, in de hier gepresenteerde berekeningen wordt geen rekening gehouden met gedragsveranderingen dit tot een ontsparring (kunnen) leiden.

In 2020 is naar verwachting de HR-ketel het meest dominante installatieconcept voor ruimteverwarming in de woningvoorraad. Het aandeel zal toegenomen zijn van ruim 50% in 2000 naar ongeveer 75% in 2020. Verder zal er in de toekomst een stijging zijn van het aandeel stadsverwarming en warmtepomp, mede veroorzaakt door de piek in nieuwbouw op de VINEX-locaties. In de bestaande woningvoorraad zal het aandeel HR-ketels nog sterker toenemen dan in de voorraad nieuwbouwwoningen, van 40% in 2000 tot 80% in 2020. Het aandeel VR-ketels wordt in 2020 in de bestaande woningbouw toch nog op bijna 20% geschat.

Als gevolg van het dalende primaire energiegebruik zal de CO<sub>2</sub>-emissie verminderen, een daling van ruim 12% minder CO<sub>2</sub>-emissie in 2020 vergeleken met 1995 wordt verwacht, als gevolg van maatregelen ten aanzien van Duurzaam Bouwen. Hierbij is ook rekening gehouden met het effect van de installatie van PV-panelen en elektragebruik voor ventilatie. Verder wordt in het model gerekend met de geclaimde rendementsverbeteringen van installaties. Deze worden in de praktijk overigens niet altijd gehaald, omdat de inregeling niet altijd optimaal is. Rendementsverbeteringen van centrales zijn in het onderzoek niet meegenomen. Deze reductie van de CO<sub>2</sub>-emissie betreft nogmaals alleen gebouwgebonden maatregelen, er wordt dus geen rekening gehouden met de effecten van gedragsveranderingen.

Het totale (primaire) energiegebruik van de vier in dit onderzoek betrokken sectoren van de U-bouw neemt in de toekomst af met iets meer dan 5% in 2020 ten opzichte van 1995. Het sterkst doet zich deze daling voor in het onderwijs, gevolgd door de zorg- en kantorensector. Het totale energiegebruik in de detailhandel zal in de toekomst toenemen, met ongeveer 6%. Omdat in dit onderzoek alleen is uitgegaan van normatief gedrag, is deze stijging louter het gevolg van een toename van het bruto vloeroppervlak.

In alle sectoren is er een afname in het energiegebruik per m<sup>2</sup> ten opzichte van 1995. Relatief gezien is de daling het grootst in het onderwijs. Echter, absoluut gezien is de daling het grootst bij kantoren. In de detailhandel is de daling van het energiegebruik gering, zowel relatief als absoluut. In de totale gebruikscijfers komt deze daling in het energiegebruik per m<sup>2</sup> ten opzichte van 1995 minder duidelijk naar voren, door een toename van het bruto vloeroppervlak in de U-bouw. In alle sectoren, met uitzondering van het onderwijs, is er een toename van het elektriciteitsgebruik.

Ook in de U-bouw is er als gevolg van een daling in het energiegebruik, een reductie van de CO<sub>2</sub>-emissie. Deze reductie betreft een kleine 10%. Ook hierbij moet de kanttekening geplaatst worden dat het hier louter om gebouwgebonden maatregelen gaat, waarbij geen rekening wordt gehouden met veranderingen in gedrag en beheer.

De uitkomsten ten aanzien van de resulterende CO<sub>2</sub>-emissie voor woningbouw en U-bouw zijn vergeleken met uitkomsten met behulp van het SAVE-model (ECN). Uit deze vergelijking komt naar voren dat de uitkomsten van dit onderzoek niet wezenlijk verschillen met die onder andere gerapporteerd in het 'Optiedocument voor emissiereductie van broeikasgassen. Verschillen die ogenschijnlijk uit de resultaten naar voren komen zijn het gevolg van verschillen in aard en benadering van de studies en de genomen veronderstellingen. De verschillen zijn vooral een gevolg van het gedragsgerelateerde energiegebruik.

#### *Waterbesparing*

In 1995 werd ongeveer 750 miljoen m<sup>3</sup> water in de woningbouw gebruikt. Ten opzichte van het watergebruik in 1995 zal de waterbesparing in de woningbouw kunnen oplopen van ongeveer 2% in 2000 tot ongeveer 10% in 2020. De grootste besparing is naar verwachting te behalen in de bestaande bouw. Ruim de helft van de besparing kan behaald worden door het installeren van waterzuinige toiletten. Echter, ook hier geldt dat de berekeningen uitsluitend betrekking hebben op technische ingrepen en niet op veranderingen in het gebruik door gedragsveranderingen.

De totale waterbesparing in de U-bouw zal naar verwacht wordt maar een fractie van die in de woningbouw zijn (circa 5%). Enerzijds komt dit verschil door het verschil in aanwezigheid, gebruik en functie van woningbouw en U-bouw: Iedere woning heeft minimaal één toilet en minimaal één douche en/of bad, terwijl in de U-bouw deze voorzieningen per m<sup>2</sup> in beduidend mindere mate voorkomen. Anderzijds komt dit verschil door verschillen in ambitieniveaus en penetratiegraden van besparende maatregelen. Dit laatste uit zich in sterke mate bij de resultaten van de waterbesparing in de U-bouw. De waterbesparing in de bestaande U-bouw is betrekkelijk gering. Deze geringe waterbesparing komt door het feit dat hier slechts één waterbesparende maatregel relevant is in het kader van dit onderzoek. Dit bepaalt deels het verschil tussen woningbouw en U-bouw, omdat in de woningbouw naast een waterzuinig toilet ook het nemen van andere technische maatregelen tot besparingen kunnen leiden. Ook hier moet de kanttekening geplaatst worden dat het louter gaat om de mogelijke waterbesparing door objectgebonden maatregelen en dat veranderingen in gedrag niet zijn meegenomen.

#### *Materialen*

Niet alle in en tijdens de bouw gebruikte materialen zijn onderwerp van DuBo-maatregelen. Duurzaam Bouwen richt zich met name op grind, Vluchtige Organische Stoffen, zware metalen (koper, lood en zink), hout, PVC, kunststofdakbedekkingen en gips. Belangrijke uitgangspunten bij maatregelen ten aanzien van materialen zijn het verminderen van afval onder andere door hergebruik van afval, het verminderen dan wel voorkomen van (voor milieu en/of gezondheid schadelijke) emissies, het duurzaam gebruik van grondstoffen en beperken van het gebruik van niet-vernieuwbare grondstoffen.

Het (her)gebruik van afval is met name belangrijk voor grind, gips en PVC. Het totale gebruik van deze stoffen zal niet significant afnemen, wel het mede gebruik van alternatieven.

De jaarlijkse besparing aan grind door het toepassen van puingranulaat zal volgens de deskundigen nog heel gering zijn in 2020. De besparing van grind zal vooral plaats vinden in de nieuwbouw.

Door het gebruik van rogips en rekristallisatiegips wordt het gebruik van (industriële) reststoffen bevorderd. In de woningbouw is het aandeel rogips en rekristallisatiegips ten opzichte van totale gipsgebruik in 1995 ongeveer 25%. In de U-bouw ligt het aandeel rogips

en rekristallisatiegips in 1995 lager (12%). In 2020 zal ruim 80% van het totale gipsgebruik bestaan uit rogips en rekristallisatiegips.

Momenteel bestaat bijna 30% van het totale PVC-gebruik uit gerecycled of herbruikbaar PVC. In 2020 zal, is de verwachting, dit sterk toenemen en ligt dit aandeel op circa 80%. In 2020 is dit aandeel in de U-bouw iets lager dan in de woningbouw. In de nieuw te bouwen woningen is verondersteld dat alle te gebruiken PVC gerecycled of herbruikbaar is. Het totale gebruik van gerecycled of herbruikbaar PVC in de woningbouw is lager dan in de U-bouw met name doordat de verwachting is dat het gebruik van dit materiaal in de bestaande woningvoorraad betrekkelijk gering zal zijn.

Bij het verminderen van schadelijke emissies gaat het vooral om VOS en zware metalen. In 1995 was de emissie van VOS ruim 29 kton, waarvan iets minder dan de helft in de professionele bouwsector en de rest in de doe-het-zelf sector. In 2020 zal de totale VOS-emissie zijn afgenomen met bijna 55 %. Als gevolg van de aanscherping van de Arbo-wetgeving, worden VOS-arme verven toegepast. Deze daling begint het eerst in de professionele bouwsector en wordt gevolgd door de doe-het-zelf sector.

De emissie (vooral naar het oppervlaktewater) van koper zal niet of nauwelijks dalen, terwijl er wel een daling te verwachten is bij lood en zink. De huidige maatregelen zijn nog niet voldoende om de emissie van koper te laten dalen. Dit laatste is voornamelijk een gevolg van de geringe toepassing van alternatieven voor koperen waterleidingen in de woningbouw. De U-bouw laat echter zien dat er wel degelijk effect te behalen is door het gebruik van andere materialen dan koper voor de waterleidingen. In de woningbouw zal, is de verwachting, de zinkemissie afnemen met 16% in 2020 (ten opzichte van 1995), in de U-bouw zal dit met ruim 25% afnemen. Zowel in de woningbouw als de U-bouw komt een deel van de afname in de zinkemissie door de sloop van bestaande gebouwen. Het grootste gedeelte van de afname komt door het verwijderen van zinken daken en het gebruik van alternatieve materialen (kunststof). De loodemissie vanuit de woningbouw neemt in 2020 ten opzichte van 1995 af met bijna 3%. In de U-bouw neemt de emissie in dezelfde periode af met bijna 25%. Vanwege de gezondheidseffecten van lood is het belangrijk dat deze emissie afneemt. De afname in de woningbouw komt voornamelijk door sloop en het verwijderen van loden waterleidingen. De daling in de U-bouw komt met name door een grote afname van lood in de bestaande voorraad door renovatie en het gebruik van alternatieve materialen.

Als derde punt is genoemd het duurzaam gebruik van grondstoffen en het beperken van het gebruik van niet-vernieuwbare grondstoffen. In het kader van Duurzaam Bouwen zijn maatregelen geformuleerd voor het gebruik van (duurzaam geproduceerd) hout en kunststofdakbedekkingen

Het gebruik van (gecertificeerd) duurzaam geproduceerd hout is vooralsnog zeer beperkt, namelijk minder dan 2% in 1998. Voor de komende jaren wordt echter een aanmerkelijke stijging verwacht. De prognose is dat in 2020 het merendeel van het te gebruiken hout duurzaam geproduceerd is. Belemmeringen bij de verdere toename van het gebruik van duurzaam geproduceerd hout zijn het uitblijven van een goede certificering, het achterblijven van het aanbod en als gevolg hiervan de (significante) meerkosten, en onwil en onvoldoende kennis om duurzaam geproduceerd hout toe te passen.

Zowel in de woningbouw als in de U-bouw zal het gebruik van kunststofdakbedekkingen ten koste van bitumen toenemen. In 1995 was het aandeel zowel in de woningbouw als in de U-bouw nog heel gering (ongeveer 5%). In 2020 is de verwachting dat het aandeel kunststofdakbedekkingen in de woningbouw ruim 70% zal zijn, tegenover minder dan 40% in de U-bouw.

## Lijst met afkortingen

BB	Bouw Beleid
BC	Begeleidings Commissie
BEST	Bestaande Bouw
BMB	Beleid Milieuberaad Bouw
BVO	Bruto vloeroppervlak
CBS	Centraal Bureau voor de Statistiek
CPB	Centraal Plan Bureau
EC	European Coordination Scenario
ECN	Energieonderzoek Centrum Nederland, Petten
EPA	Energie Prestatie Advies
EPC	Energie Prestatie Coëfficiënt
EPDM	Ethyleen Propyleen Di Monomeer
EPN	Energie Prestatie Norm
GC	Global Competition Scenario
HDO	Handel, Diensten en Overheid
NB	Nieuwbouw
RIZA	Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater
SBI	Standaard BedrijfsIndeling
U-bouw	Utiliteitsbouw
UK	Uitvoeringsnota Klimaatverandering
VAMIL	Vervroegde Afschrijving Milieu Investering



# 1. Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Ten behoeve van de evaluatie van het Tweede Plan van Aanpak Duurzaam Bouwen (november 1997) door de Tweede Kamer in het najaar van 1999 heeft het Ministerie van VROM het RIVM verzocht dit plan te evalueren op haar milieuprestaties. De evaluatie van Duurzaam Bouwen betreft in dit onderzoek de aspecten energie-, water- en materiaalverbruik.

Het eerste Plan van Aanpak Duurzaam Bouwen is in oktober 1997 door het RIVM geëvalueerd. De resultaten zijn vastgelegd in het RIVM rapport "Woningbouw, milieu-effecten van technische voorzieningen uit het plan van aanpak Duurzaam Bouwen". Om de diagnose en prognose van de milieu-effecten te kunnen bepalen heeft TNO Bouw, in opdracht van het RIVM, het model Milieu-effecten Bouw (MEB) ontwikkeld. Dit model heeft een module woningbouw.

Voor de evaluatie van het tweede plan van aanpak is dit model door TNO Bouw geactualiseerd en uitgebreid met een HDO (Handel, Diensten en Overheid)- model voor de sectoren defensie, detailhandel, scholen, zorg en kantoren.

Deze modellen maken het mogelijk om de gebouwgebonden technische maatregelen uit de Nationale Pakketten op hun effecten door te rekenen.

## 1.2 Vraagstelling

De vraagstelling in dit onderzoek spitst zich toe op de effecten van de gebouwgebonden technische maatregelen uit de Nationaal Pakket Woningbouw Nieuwbouw (actualisatie t/m augustus 1998), Nationaal Pakket Beheer (actualisatie t/m augustus 1998) en het Nationaal Pakket Utiliteitsbouw (U-bouw) van najaar 1998. De korte looptijd van het laatste pakket maakt monitoring, c.q. diagnose van de effecten nog niet mogelijk. Het betreft in dit geval alleen een vooruitblik.

De berekeningen beslaan de periode 1995 – 2020, waarbij de jaren 1995, 2000, 2010 en 2020 in de analyses nader belicht worden.

## 1.3 Beleid

Het Duurzaam Bouwen beleid is kabinetsbeleid; het vigerende beleid vanuit de diverse ministeries ingezet op het gebied van Duurzaam Bouwen. De resultaten van dit onderzoek zijn dus niet toe te kennen aan de inzet van beleid van een bepaald ministerie. De milieuprestaties moeten gezien worden als resultaat van al het beleid in onderlinge samenhang. Duurzaam Bouwen is echter ook door de verschillende marktpartijen opgepakt. Deze maatschappelijke trend is in het onderzoek meegewogen.

De tabel hieronder geeft het beleid aan dat in dit onderzoek is meegenomen bij de bepaling van de prognoses van de doorwerking van de diverse maatregelen. Dit omvat het bestaande beleid ten tijde van het verschijnen van het Tweede Plan van Aanpak Duurzaam Bouwen in november 1997.

Voor de beschrijving van het energiegebruik worden de begrippen EPC en EPN gehanteerd. De EPC (Energie Prestatie Coëfficiënt) is een dimensieloos kengetal en geeft een maat voor de energie-efficiency van een gebouw tijdens de gebruiksfase, onder genormeerde condities (Voor de woningbouw zie NEN 5128, voor de U-bouw zie NEN 2916). Hiervoor is een wettelijke norm van kracht; de EPN (Energie Prestatie Norm).

De aanscherping van de EPC-eis van 1,0 voor nieuwbouwwoningen is op het moment van verschijnen van het Tweede Plan van Aanpak Duurzaam Bouwen, voorgenomen beleid en is meegenomen, maar de EPA (Energie Prestatie Advies), de beleidsvoornemens in de Energiebesparingsnota 1998 en verdere aanscherping van de EPC niet. Alleen beleid ten aanzien van technische maatregelen in het gebouw is in beschouwing genomen. Maatregelen die gericht zijn op de beïnvloeding van het gebruikers-/bewonersgedrag zijn niet in beschouwing genomen.

In tabel 1.1 worden voor het DuBobeleid per thema bij het in werking treden van het Tweede Plan van Aanpak Duurzaam Bouwen in november 1997 de verschillende maatregelen, afspraken e.d. weergegeven. Verder wordt aangegeven op welke sector de genoemde maatregel slaat, of het om nieuw te bouwen objecten gaat of bestaande bouw, de looptijd van de maatregel en of de maatregel opgenomen is in de DuBo-pakketten I en II.

Tabel 1.1 Afbakening DuBo II.

Thema	Beleid/ regelgeving/ afspraken	Woningbouw U-bouw Algemeen	Nieuwbouw Bestaand	Looptijd		November 1997  DuBo I+II
				Van	Tot	
<b>Algemeen</b>						
-	Convenant duurzaam bouwen	W	NB/BEST			X
-	VAMIL	A	NB/BEST			X
-	Innovatieve en concrete bouwprojecten	A	NB/BEST			X
-	Belastingvrij en groen beleggen	W	NB	1995		X
-	Groene Financiering	W	NB	Nov 1996	Nov 1998	X
-	Subsidieregeling energiebesparings- en milieuvadvisen		NB/BEST			X
-	Nationaal pakket in BB anno 2002	W	NB			Studie Aangekondigd
-	Wet op de Stads- en Dorpsvernieuwing	W	BEST			X
<b>Energie</b>						
-	Invoering EPC = 1,4 in december 1995	W	NB	Dec 1995	Jan 1998	X
-	Aanscherping EPC = 1,2 in januari 1998	W	NB	Jan 1998	2000	X
-	Aanscherping EPC = 1,0 in 2000	W	NB	2000		X (maatregel aangekondigd)
-	Map II	A	NB/BEST			X
-	Energiebesparingsnota	A	NB/BEST			
-	Energiebesparingsnota: eventuele aanscherping EPC in 2004 en in 2008	W	NB			
-	Regulering energiebelasting (Ecotax, energieheffing)		NB/BEST			X
-	TIEB (Tenderregeling Industriële Energiebesparing) gevolgd door BSE Besluit Subsidies energieprogramma's	A	NB/BEST			X
-	Subsidieregeling actieve zonnethermische systemen (woningen, U-bouw) (convenant zonneboilers)	A	NB/BEST			X
-	Besluit subsidies CO <sub>2</sub> -reductieplan	A	NB/BEST		Feb 1999	X
-	Algemene Stimuleringsregeling : Energiebesparing van het energiebedrijf	A	NB			(MAP) X
-	Energiebesparingsfonds van het energiebedrijf (niet particuliere woningen en U-bouw)	A	NB			(MAP) X
-	Energie-investeringsaftrek EIA	A	NB/BEST			X
-	EINP Subsidieregeling energievoorzieningen in de non-profit en bijzondere sectoren	A	NB/BEST			X
-	Meerjaren afspraak 'Zonneboilers' (convenant zonneboilers)	A	NB/BEST			X
-	Tijdelijke stimuleringsregeling DUBO (loopt af in 1998)	W	BEST			X



Thema	Beleid/ regelgeving/ afspraken	Woningbouw U-bouw Algemeen	Nieuwbouw Bestaand	Looptijd		November 1997  DuBo I+II
				Van	Tot	
-	EPA	W	BEST			
-	Stimuleringsregeling voor isolatiemaatregelen en HR- verwarmingstoestellen (ISO-HR)	W	BEST			(MAP) X
-	Campagne: Warmtekosten ieder zijn deel: Energiebesparing door individuele warmte meting bij collectieve CV- installaties	W	BEST			X
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>						
<b>Water</b>						
-	BMB '95 Taakstellingen afsprakenpakket Waterbesparende Voorzieningen in de Bouw (1995)	A	NB/BEST			X
-	Stimuleringsregeling Basispakket waterbesparing tot 1 oktober 1995	A	NB/BEST		Okt 1995	X
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>						
<b>Materiaal</b>						
-	Actieplan hout MBB 20% meer hout	A	NB/BEST			X
-	EU Drinkwater Richtlijn	A	NB/BEST			X
-	(Stortverbod BSA)	A	NB/BEST			X
-	(IBS '93/'95) Bouw- en Sloopafval	A	NB/BEST			X
-	Loden leidingen binnen	W	BEST			X



## 2. Werkwijze

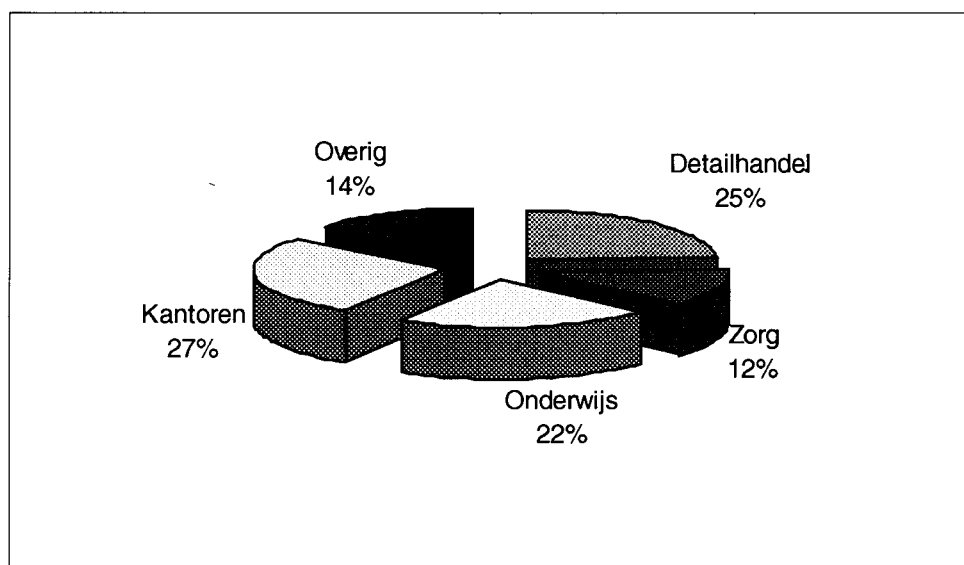
### 2.1 De Modellen

De evaluatie van milieu-effecten van het Tweede Plan van Aanpak Duurzaam Bouwen is gedaan met behulp van het door TNO ontwikkelde rekenmodel Milieu-effecten Bouw (MEB). Er zijn twee verschillende modellen ontwikkeld: een voor de woningbouw en een voor de Utiliteitsbouw (verder in de tekst U-bouw genoemd). In de bijlage staat een uitgebreidere modelbeschrijving van beide modellen. De modellen beschrijven de woning- en utiliteitsbouw door middel van representatieve objecten.

#### 2.1.1 Woningbouw

Voor de berekening van de resultaten voor de woningbouw zijn standaardobjecten onderscheiden (zie bijlage modellen). Voor ieder standaardobject is per tijdvak (steekjaren 2000, 2010 en 2020) een penetratiegraad gegeven van installatievoorzieningen en materiaalgebruik op maatregelniveau met 1995 als basisjaar. Door de uitgangssituatie (1995) te vergelijken met een situatie waarin de penetratiegraden aangepast zijn aan de doorwerking in het steekjaar, worden resultaten (het verwachte effect) gegenereerd (zie bijlage). De technische prestaties en het materiaalgebruik zijn afgeleid uit bestekken. In het model wordt geen onderscheid gemaakt tussen huur of koop en/of het gaat om sociale of particuliere woningbouw.

#### 2.1.2 Utiliteitsbouw



*Figuur 2.1 Relatief aandeel bruto vloeroppervlak van de onderscheiden sectoren in de Utiliteitsbouw*

In het model voor de U-bouw worden de sectoren Detailhandel, Zorg, Onderwijs en Kantoren behandeld (zie de bijlagen voor een indeling van sectoren naar SBI-code). Samen dekken deze sectoren 86% van de totale HDO-sector, op basis van de bruto vloeroppervlak (zie figuur 2.1). Onder 'overige' vallen de sectoren Defensie, Horeca, Justitiële inrichtingen, Zwem- en Sportaccommodaties en Bibliotheken. Het totale bruto vloeroppervlak van de HDO-sector is 130 miljoen m<sup>2</sup>. Aangenomen is dat het energie-, water- en materiaalengebruik in een gelijke verhouding staat tot het vloeroppervlak, ergo: de geselecteerde sectoren dekken 86% van het energie-, water- en materiaalengebruik van de totale HDO-sector.

In de geselecteerde sectoren van de U-bouw worden gebouwclusters (zie bijlage modellen) onderscheiden en is de penetratie per groep van maatregelen bepaald. Er zijn in totaal zes groepen met energiemaatregelen onderscheiden. Drie voor de toekomstige voorraad en drie voor de huidige voorraad. Deze drie groepen hebben elk een ander ambitieniveau (laag, midden en hoog).

### 2.1.3 Betrouwbaarheid

In beide modellen is een uitgebreide uitsplitsing van gebouw typologieën gehanteerd. Dit resulteert in veel vrijheidsgraden in het model. Daarom worden de gegevens op een hoger abstractieniveau gepresenteerd hetgeen de betrouwbaarheid ten goede komt. Zo wordt bijvoorbeeld bij de analyse van het energiegebruik van de woningbouw geen gebruik gemaakt van het onderscheid naar type meergezinswoning (galerijflat, maisonnette, etc), maar wordt gewerkt met een indeling van eengezins- en meergezinswoningen. Ook in de U-bouw kan gerekend worden met een verdergaande uitsplitsing. Met andere woorden: In het model wordt gerekend met een vergaande uitsplitsing van objecten, maar de resultaten worden op een hoger abstractieniveau gepresenteerd. De resultaten hebben betrekking op besparing op het gebied van energie- water- en materialenverbruik.

Voor het woningbouwmodel ligt de ingeschatte bandbreedte van de gegenereerde resultaten op nationaal niveau als volgt:

- Voor de energie berekeningen in de orde van + of - 15%<sup>1</sup>. De CO<sub>2</sub>-emissie is hier een afgeleide van en heeft derhalve een soortgelijke bandbreedte.
- Voor het watergebruik en materialen is een vergelijking gemaakt met andere bronnen. De bandbreedtes in de berekeningen zijn aanzienlijk groter dan voor energie.
- M.b.t. de emissies van zware metalen is een vergelijking uitgevoerd met eerdere berekeningen van het RIVM en RIZA. Bandbreedtes liggen in de orde van 20 % - 35 %.

Voor de utiliteitsbouw ligt de ingeschatte bandbreedte van de gegenereerde resultaten op nationaal niveau als volgt:

- Voor het berekende energiegebruik per m<sup>2</sup> (uitgangssituatie 1995) in de orde van + of - 10 %. Daarbovenop komt de veronderstelde bandbreedte van de voorraadontwikkeling wat resulteert in een bandbreedte van 20 á 25 % op de uiteindelijk hier gepresenteerde uitkomsten.
- Voor het watergebruik, de materialen en de zware metalen komt de bandbreedte overeen met die in de woningbouw.

---

<sup>1</sup> De veronderstelde bandbreedte van de berekeningen die voor deze rapportage zijn uitgevoerd betreffen 5% in 1995, 10% in 2000, 12,5% in 2010 en 15% in 2020. Deze inschatting is gebaseerd op enerzijds de spreiding in invoer en anderzijds de spreiding in verwachte penetratiesnelheden van maatregelen.

## 2.2 Uitgangspunten evaluatie en prognose

Het onderzoek gaat uit van inschattingen voor de penetratie (c.q. adaptatie) van de diverse technische objectgebonden maatregelen. In het onderzoek zijn alleen (significante) objectgebonden maatregelen meegenomen voor zover haalbaar. Per DuBo-maatregel is nagegaan of deze in de beschouwing meegenomen diende te worden op basis van een aantal criteria<sup>2</sup> en indien de maatregel objectgebonden is. Derhalve vallen maatregelen met betrekking tot het gedrag, service, straling, binnenmilieu, geluid en de directe (leef)omgeving buiten het bestek van deze evaluatie.

Het model voor de woningbouw geeft de penetratie per maatregel. Voor de utiliteitsbouw is dat niet mogelijk en is de penetratie per groep van maatregelen ingevoerd. Elke groep vertegenwoordigt een bepaald ambitieniveau (zie ook bijlage 4 voor het verschil in aanpak tussen het woningbouw en het HDO-model).

Voor alle maatregelen wordt uitgegaan van normatief gebruik. Het model houdt voor wat betreft de uitgangssituatie rekening met het gebruik anno 1995. De uitkomsten van het model zijn gekalibreerd op de gebruikscijfers van 1995. Veranderingen in de tijd voor wat betreft het gebruik zijn gerelateerd aan DuBo-maatregelen. Totale besparingen zijn dan een gevolg van enerzijds deze DuBo-maatregelen en anderzijds veranderingen in het volume van de voorraad (in de woningbouw het aantal woningen, zowel bestaand als nieuw, in de U-bouw het aantal m<sup>2</sup> bruto vloeroppervlak). In het model voor de U-bouw wordt naast dit objectgebonden gebruik ook rekening gehouden met het gebruik gerelateerd aan de functie. Onder normatief gebruik wordt in dit rapport dan ook het gebruik anno 1995 verstaan voor wat betreft gedrag en apparatuur gerelateerd aan de functie van het gebouw, los van het objectgebonden gebruik. Met dit normatief gedrag wordt geëxpliciteerd dat er geen rekening gehouden wordt met gedragsveranderingen en technische veranderingen in apparatuur gerelateerd aan de functie van het gebouw.

In de berekening van de besparing wordt rekening gehouden met ogenschijnlijk tegenstrijdige effecten van de verschillende maatregelen. Deze effecten treden op wanneer zowel isolatiemaatregelen als maatregelen ten aanzien van de installatie worden meegenomen. Zo heeft bijvoorbeeld een HR-ketel in een slecht geïsoleerd gebouw c.q. woning meer effect dan in een goed geïsoleerd gebouw. In de berekening worden de effecten van andere installatieconcepten pas bepaald nadat de effecten van isolatie en andere maatregelen zijn bepaald.

De *prognose* strekt zich uit van 1995, het jaar waarin het eerste plan van aanpak werd uitgebracht, tot 2020. De cijfers voor de uitgangssituatie in 1995 kunnen verschillen met de vorige DuBo-rapportage, voor zover er monitoringsgegevens bekend zijn. Alle effecten tot en

---

<sup>2</sup> Voor de woningbouw (nieuwbouw en beheer) en utiliteitsbouw gelden de volgende criteria:

- Er moet een intrinsieke relatie zijn tussen de maatregel en het standaardobject
- Het milieueffect van de maatregel moet in fysieke eenheden kwantificeerbaar zijn
- Er moet eenduidigheid bestaan tussen de omvang en het effect van de maatregel (reversibiliteit)
- Er moeten voldoende beschikbare gegevens zijn voor de diagnose- en prognose functie van het model
- De effecten van de maatregel moeten significant zijn
- Het te verwachten niveau van toepassing van de maatregel moet hoog genoeg zijn om een significant effect te behalen
- De modellering van de maatregel moet technisch uitvoerbaar zijn
- De berekeningswijze moet efficiënt ingepast kunnen worden in het reeds bestaande model (voor de actualisatie)

Maatregelen moeten aan alle criteria voldoen om geselecteerd te worden (zie bijlage 3 voor effect niet meegenomen maatregelen).

met 2020 zijn afgemeten aan de stand der techniek en het gebruik anno 1995. In het onderzoek is uitgegaan van de voorraadontwikkeling zoals omschreven in het EC-scenario, tenzij anders is aangegeven.

De resultaten in dit onderzoek geven dus aan hoe energie-, water- en materiaalgebruik zich zouden ontwikkelen als het aantal gebouwen c.q. woningen zou toenemen, de DuBo-maatregelen zouden worden toegepast en al het andere gelijkbleef aan de 1995 situatie.

### 2.2.1 Woningbouw

De woningvoorraad groeit vanaf 1 januari 1995 ten gevolge van nieuwbouw waarbij uitgegaan wordt van de stand der techniek anno 1995. De voorraad bestaande woningen heeft dus betrekking op de situatie op 1 januari 1995. In de berekeningen wordt rekening gehouden met sloop van woningen volgens de prognoses van het Centraal Plan Bureau. De sloop is evenredig over alle type woningen en alle bouwcontingenten verdeeld. Het CBS maakt geen onderscheid in sloop van energetisch slechte woningen en sloop door sociaal-maatschappelijke omstandigheden. Over de zichtperiode 1995 – 2020 worden geen toevoegingen aan de bestaande voorraad gedaan. De nieuwbouw bouwt over de zichtperiode 1995 – 2020 een 'eigen' voorraad op. Dus nieuwbouw in 1995 is de gerealiseerde nieuwbouw op 31 december 1995, nieuwbouw in 1996 is de gerealiseerde nieuwbouw in 1995 + 1996, etc. De omvang daarvan in 2020 hangt samen met de lange termijn scenario's van het CPB en ten aanzien van de korte termijn met de prognoses van VROM/DGVH. Het European Coordination-scenario is in het model opgenomen. Er is geen rekening gehouden met groot onderhoud in de nieuwbouw.

*Tabel 2.1 Ontwikkeling van de woningvoorraad (Bron: CBS, CPB, VROM/DGVH, aantal woningen x1.000.000)*

	1995	2000	2010	2020
Bestaande voorraad	6,2	6,1	5,9	5,5
Nieuwbouw voorraad	0,1	0,6	1,4	2,3
Totale woningvoorraad	6,3	6,7	7,3	7,7

Met betrekking tot de gemiddelde woningbezetting is in het model rekening gehouden met een verwachte ontwikkeling van de gemiddelde huishoudensgrootte van 2,4 personen in het jaar 1995 naar 2,1 personen in het jaar 2020 als gevolg van een verdere huishoudensverdunding. In de modellering is rekening gehouden met een normatief gebruik, uitgaande van deze gemiddelde huishoudensomvang.

Met een verandering van de verhouding tussen inhoud en oppervlakte van de woning wordt in het model geen rekening gehouden. De verwachting is namelijk dat de vertrekken in nieuwbouwwoningen in de toekomst hoger zullen worden. Met veranderingen in de samenstelling van de nieuwbouw wordt wel rekening gehouden, er wordt bijvoorbeeld een groter deel eengezinswoningen gebouwd dan in het verleden.

### 2.2.2 Utiliteitsbouw

In de U-bouw wordt onder de omschrijving nieuwbouw en onder bestaande bouw hetzelfde verstaan als bij de woningbouw. In het model is de volumeontwikkeling gebaseerd op het EC scenario. In de bestaande bouw wordt rekening gehouden met een slooopercentage van 1% en een herbestemming van gebouwen variërend van 1 tot 4%. Dit heeft als resultaat dat het bruto vloeroppervlak van de voorraad in de zorgsector groeit met ca. 4 miljoen m<sup>2</sup> in 2020 t.o.v. het jaar 1995. Voor de sector kantoren groeit het bruto vloeroppervlak met ca. 12 miljoen m<sup>2</sup> en in de detailhandel is er een toename met ca. 9 miljoen m<sup>2</sup>. In de onderwijssector is er een afname van het bruto vloeroppervlak in 2020 van ca. 3 miljoen m<sup>2</sup> t.o.v. de situatie in 1995.

Het detail waarin de milieueffecten aan individuele maatregelen zijn toe te rekenen wordt bepaald door de specificaties in de beschikbare gegevensbasis. Van oudsher is het kennispeil over de woningbouw veel hoger dan dat over de U-bouw. Zo zijn er in de U-bouw geen fundamenteel onderzoeken naar gegevens gedaan. In het geval van hiaten en discrepanties hebben deskundigen een inschatting gegeven.

Ook in de U-bouw wordt uitgegaan van een normatief gebruik, wat in tegenstelling tot de woningbouw functiegebonden is. Dit houdt in dat er geen rekening gehouden wordt met gedragsveranderingen zoals bijvoorbeeld een verdere adaptatie van telewerken, indikking van werkplekken, etc. Verder wordt het gebruik gehanteerd van apparatuur anno 1995 in de gebouwen gerelateerd aan de functie, aangezien alleen het effect van de DuBo-maatregelen wordt berekend. Concreet betekent dit het gebruik aan apparatuur per m<sup>2</sup> per sector in de tijd constant gehouden wordt, met andere woorden er wordt bijvoorbeeld geen rekening gehouden met een toename van het aantal computers of printers per m<sup>2</sup>.

*Tabel 2.2 Ontwikkeling van het bruto vloeroppervlak in de vier sectoren van de U-bouw (Bron: TNO Bouw, x 1.000.000 m<sup>2</sup>)*

	1995	2000	2010	2020
<b>Gezondheidszorg</b>				
Nieuwbouw	-	2,0	5,3	8,6
Bestaande bouw	15,7	14,7	12,9	11,4
Totale voorraad	15,7	16,7	18,2	20,0
<b>Onderwijs</b>				
Nieuwbouw	-	0,7	1,9	3,0
Bestaande bouw	28,6	27,3	24,6	22,3
Totale voorraad	28,6	28,0	26,5	25,3
<b>Kantoren</b>				
Nieuwbouw	-	4,6	12,2	19,8
Bestaande bouw	35,7	33,9	30,7	27,8
Totale voorraad	35,7	38,5	42,9	47,6
<b>Detailhandel</b>				
Nieuwbouw	-	2,8	7,3	11,9
Bestaande bouw	32,0	31,2	29,9	28,6
Totale voorraad	32,0	34,0	37,2	40,5

### 2.2.3 Kosten

Binnen het bestek van dit onderzoek is het niet mogelijk een betrouwbare indicatie te geven van de investeringskosten, die met een bepaalde penetratie van een maatregel en het daarbij behorend milieueffect, gepaard gaan.

In de Nationale Pakketten zijn meerkosten aangegeven, echter niet voor alle maatregelen. Bij het ontbreken van de meerkosten is er geen overeenstemming hierover bij alle betrokken partijen. Vanwege de genoemde hiaten in kennis zijn de milieukosten niet in dit onderzoek opgenomen. Een verder bemoeilijkende factor is de onbekendheid met de prijsontwikkeling ten aanzien van bepaalde meerkosten voor de DuBo-maatregelen. In de toekomst zullen bepaalde meerkosten wellicht vervallen of verminderen, vanwege de marktwerking, technische ontwikkelingen en veranderingen in de bouwregelgeving. Voor het op een goede manier weergeven van kosten en meerkosten van DuBo-maatregelen is nader onderzoek noodzakelijk.

Dit laat onverlet dat bij de beoordeling van de penetratiescenario's (zie volgende paragraaf) er uiteraard wel rekening gehouden wordt met bepaalde kostenontwikkelingen.

#### **2.2.4 Penetratiescenario's**

Door TNO en RIVM gezamenlijk zijn scenario's opgesteld van de inschatting van de adaptatie van maatregelen aan de hand van reeds onderkende trends, ingezet beleid en overige stimulerende c.q. belemmerende factoren. Onder stimulerende factoren worden onder andere regelgeving, convenanten, fiscale voordelen, overig financiële voordelen, voorlichting, educatie en terugverdiencapaciteit verstaan. Onder belemmerende factoren worden onder andere (meer)kosten, technische belemmeringen, psychologische belemmeringen en verdringing door concurrentie van andere maatregelen verstaan.

Om de plausibiliteit en de bandbreedte van deze door TNO en RIVM opgestelde inschatting te bepalen is een groep deskundigen gevraagd deze te beoordelen. Tijdens deze ronde is de inschatting van de doorwerking van maatregelen, voor commentaar voorgelegd aan een breed forum van deskundigen. Voor zowel de woningbouw als de U-bouw is een groep van ongeveer 40 personen en instanties benaderd. Bijna de helft heeft een commentaar opgeleverd. In de bijlagen is een lijst opgenomen van personen en instanties die hieraan meegewerkt hebben.

De prognoses zijn bijgesteld indien de deskundigen de inschatting niet waarschijnlijk achten en de argumentatie van de deskundigen daartoe ook aanleiding gaf. De definitieve prognoses van de maatregelen, inclusief onderbouwing en verwachte bandbreedte zijn opgenomen in bijlagen.



### 3. Energie

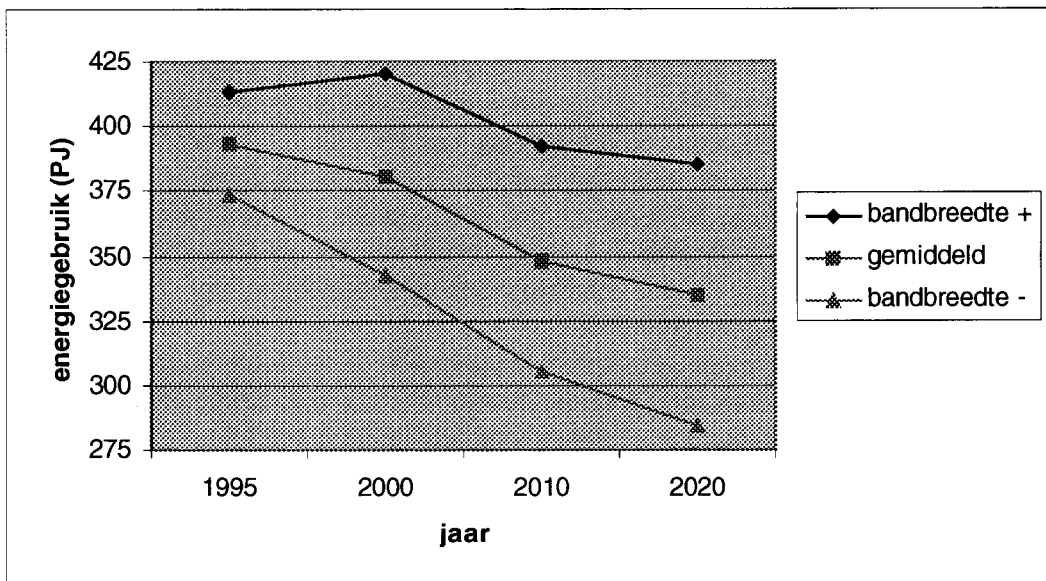
In de komende paragrafen worden de resultaten ten aanzien van de ontwikkelingen in het energiegebruik behandeld. De aandacht in dit hoofdstuk ligt op de energiebesparing en de consequenties voor de CO<sub>2</sub>-emissie. De berekening zijn gedaan op basis van de uitgangspunten van het EC scenario van het CPB.

#### 3.1 Woningbouw

##### 3.1.1 Algemeen

Het jaarlijkse energiegebruik ten behoeve van warm tapwater en ruimteverwarming daalt van circa 393 PJ in 1995, circa 380 PJ in 2000, circa 350 in 2010 naar circa 335 PJ in 2020. In deze cijfers is rekening gehouden met een extra besparing, ten gevolge van de sloop van een deel van de bestaande voorraad. Sloop zorgt voor een besparing van 3PJ in 2000 oplopend tot 40 PJ in 2020. De modelresultaten zijn gekalibreerd op het gebruik in 1995.

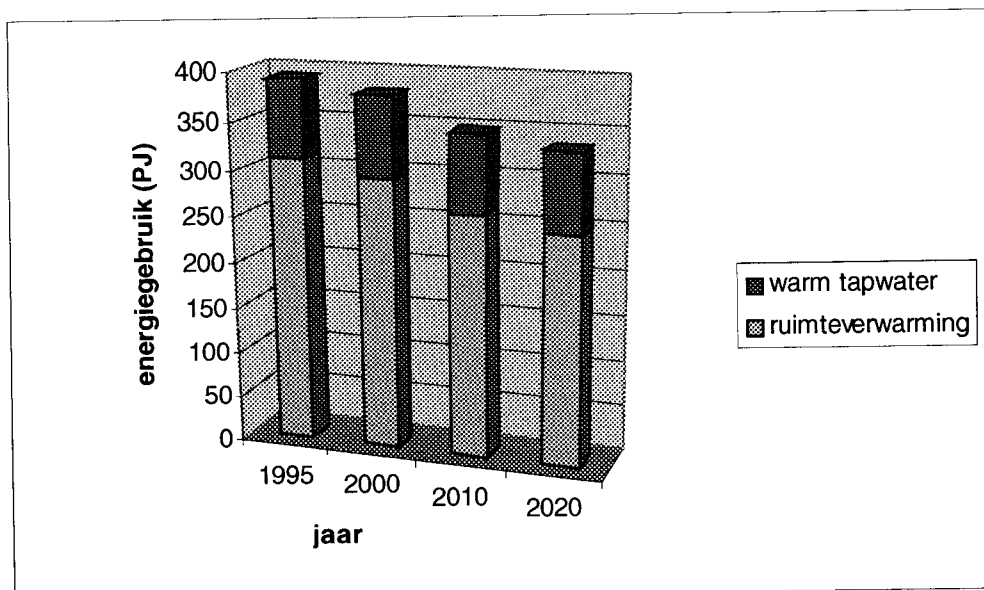
In figuur 3.1 is de bandbreedte van de resultaten voor het gebouwgebonden energiegebruik aangegeven. In 2020 zal het energiegebruik 335PJ bedragen, variërend van 385 PJ in het meest ongunstige geval tot 285 PJ in het meest gunstige geval.



Figuur 3.1 Bandbreedte van het gebouwgebonden energiegebruik in de woningbouw (PJ)

Het totale gebouwgebonden energiegebruik in de woningbouw is voornamelijk opgebouwd uit het energiegebruik voor ruimteverwarming en het energiegebruik voor het produceren van warm tapwater (zie figuur 3.2). Het energiegebruik voor warm tapwater heeft een lichte stijgende trend, terwijl het energiegebruik voor ruimteverwarming een dalende trend vertoont. Het aandeel van het energiegebruik ten behoeve van ruimteverwarming neemt af van circa 80% in 1995 naar 75% in 2020.

Andere mogelijke besparingen in het energiegebruik die niet gerelateerd zijn aan ruimteverwarming of warm tapwater betreffen het installeren van een energiezuinige lift, het plaatsen van een zonnecelinstallatie en het plaatsen van een zonnecelinstallatie met extra vermogen.



Figuur 3.2 Energiegebruik in de woningbouw voor warm tapwater en ruimteverwarming

In de berekening van de CO<sub>2</sub>-emissie is rekening gehouden met de mogelijke besparingen door het gebruik van energiezuinige liften en PV panelen in 2020 en het eventuele extra elektriciteitsgebruik door ventilatie. De energiezuinige liften leveren een verwachte besparing van 0,3 PJ in 2000 en 3,6 PJ in 2020. In 2020 zou dit een reductie van ongeveer 0,5 Mton CO<sub>2</sub>-emissie betekenen. Door het toenemen van het gebruik van PV panelen levert dit, is de verwachting, in 2010 een energiebesparing van ongeveer 0,2 PJ energiebesparing op en in 2020 wordt hiervoor 1,3 PJ berekend. In 2020 zou dit dan een reductie van ongeveer 0,2 Mton CO<sub>2</sub>-emissie per jaar betekenen. Dit effect van het gebruik van PV-panelen houdt natuurlijk niet in dat de opgewekte energie ook daadwerkelijk uitsluitend voor het gebouwgebonden energiegebruik aangewend wordt.

Door de sterk verbeterde isolatie van woningen zullen woningen in de toekomst extra geventileerd moeten worden. Het elektriciteitsgebruik dat hiermee samenhangt in 2000 zal ongeveer 0,3 PJ zijn en in 2020 ongeveer 8 PJ. Dit betekent dan in 2020 een CO<sub>2</sub> emissie van ongeveer 1,1 Mton.

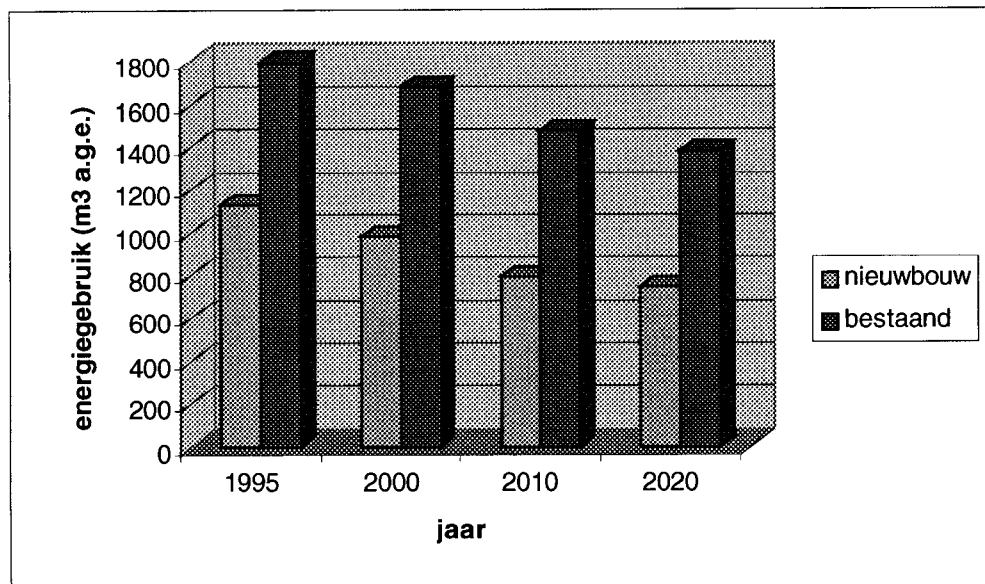
Voor de totale CO<sub>2</sub>-emissie betekent dit deze door gebouwgebonden maatregelen in de woningbouw zal kunnen afnemen van 23 Mton per jaar in 1995 naar 20 Mton in 2020. Deze reductie in de CO<sub>2</sub>-emissie heeft alleen betrekking op gebouwgebonden maatregelen in het kader van Duurzaam Bouwen en hierin zijn geen gedragsveranderingen verdisconteerd.

Tabel 3.1 Berekende CO<sub>2</sub>-emissie ten gevolge van gebouwgebonden energiegebruik in de woningbouw

	1995	2000	2010	2020
CO <sub>2</sub> -emissie in Mton	23	23	21	20

Het gemiddeld energiegebruik voor ruimteverwarming en warm tapwater per woning daalt. Dit geldt zowel voor nieuwbouwwoningen als bestaande woningen. Een gemiddelde woning in de bestaande woningvoorraad gebruikt bijna een kwart minder energie in 2020 dan in 1995. Een in 2020 gebouwde woning gebruikt zelfs eenderde minder energie dan in 1995 gebouwde woning (zie figuur 3.3). Het verschil in energiegebruik tussen een nieuwbouwwoning en een woning in de bestaande voorraad wordt in de toekomst groter: In 1995 was het

energiegebruik van een nieuwbouwwoning ongeveer tweederde van dat van een woning in de bestaande voorraad, in 2020 is dit iets meer dan de helft.



*Figuur 3.3 Gemiddeld energiegebruik voor ruimteverwarming en warm tapwater per nieuwbouwwoning en bestaande*

Deze resultaten zijn berekend voor het EC scenario van het CPB. Vergelijking van de resultaten onder het GC en EC scenario levert de volgende verschillen op voor het objectgebonden energiegebruik in de woningbouw in PJ (zie tabel 3.2). De gevonden verschillen komen voort uit een iets andere voorraad- en nieuwbouwwontwikkeling. Daarbij is verondersteld dat de penetratie van maatregelen in het GC scenario op identieke wijze verloopt als onder het EC scenario, hetgeen uiteraard niet het geval hoeft te zijn. Ook hier is uitgegaan van gebouwgebonden energiegebruik

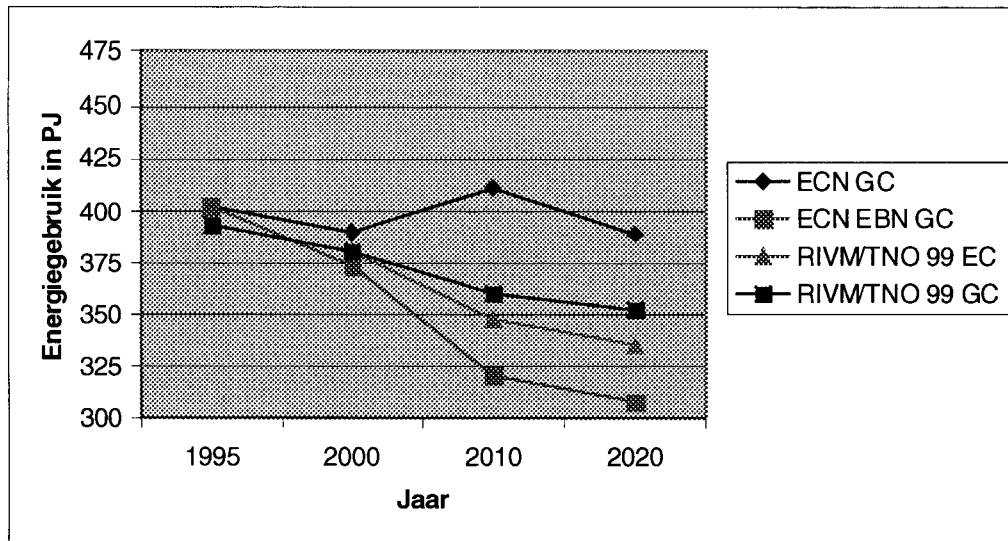
*Tabel 3.2 Vergelijking objectgebonden energiegebruik European Coordination en Global Competition*

	2010	2020
EC scenario	348 PJ	335 PJ
GC scenario	360 PJ	352 PJ

De resultaten met betrekking tot de energiebesparing van dit onderzoek zijn vergeleken met een tweetal andere onderzoeken van het ECN (Energie Centrum Nederland, Petten). Ten eerste een onderzoek naar het energiegebruik onder het GC-scenario van het CBP en ten tweede een onderzoek naar de extra energiebesparing naar aanleiding van de Energiebesparingsnota 1998<sup>3</sup>, eveneens onder het GC-scenario. De resultaten van dit onderzoek liggen tussen de resultaten van de beide ECN onderzoeken in. Door het expliciet opnemen van hogere rendementen voor warmte opwekking ten behoeve van ruimteverwarming en warm tapwater in de hier gepresenteerde berekeningen is het resultaat met betrekking tot energiegebruik lager dan in de ECN onderzoeken onder GC scenario.

<sup>3</sup> De Energiebesparingsnota 1998 is niet in dit onderzoek meegenomen (zie ook afbakening DuBo II in hoofdstuk 1.

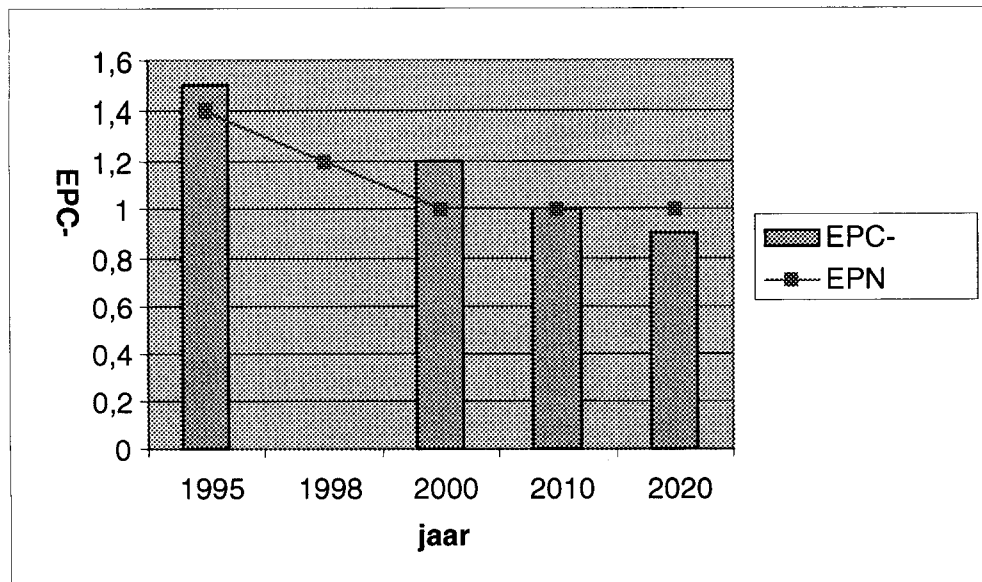
“Extra energiebesparing nader onderzocht”, achtergronddocument bij de Energiebesparingsnota 1998. P. Kroon et al. ECN/Petten.



*Figuur 3.4* Vergelijking van het gebouwgebonden energieverbruik berekend door het ECN met het GC scenario<sup>1</sup> en voor de energiebesparingsnota 1998 (EBN) en het RIVM/TNO resultaat.

### 3.1.2 Nieuwbouw

De energie-efficiency van een gebouw wordt uitgedrukt in de EPC. In 1995 had een nieuwbouwwoning een gemiddelde EPC van 1,5. De nieuwbouwwoningen die voldoen aan de toen geldende EPC-eis van 1,4 zijn pas in de tweede helft van 1996 opgeleverd. Er is dus sprake van een na-ijlaffect, woningen gebouwd volgens een op een bepaald moment geldende EPC-eis worden pas na een kleine driekwart jaar opgeleverd. Dit is weergegeven in figuur 3.5. In 1998 is de EPC-eis verder aangescherpt tot 1,2 en in 2000 zal deze naar verwachting aangescherpt worden tot 1,0. Dit onderzoek houdt rekening met een dergelijke aanscherping tot 1,0. Als gevolg van technologische ontwikkelingen zal de gemiddelde EPC, zonder een verdere aanscherping van de EPN, “autonoom” in 2020 zakken naar 0,9. Dit laatste is ook de verwachting van de bouwsector.



*Figuur 3.5 Prognose gerealiseerde EPC versus de EPC eis (=EPN) in nieuwbouwwoningen*

Het gemiddeld energiegebruik van gebouwgebonden functies per nieuwbouwwoning daalt van bijna 40.000 MJ (omgerekend ruim 1100 m<sup>3</sup> a.g.e.<sup>4</sup>) in 1995 naar 26.000 MJ (omgerekend bijna 750 m<sup>3</sup> a.g.e.) voor een woning die in 2020 nieuw gebouwd wordt. Deze afname is vooral een gevolg van de dalende energiebehoefte voor ruimteverwarming. Ongeveer 80% van het afgenomen energiegebruik kan worden toegeschreven aan de dalende energiebehoefte voor ruimteverwarming. De totale energiebesparing per nieuw gebouwde woning in 2020 is 34% t.o.v. 1995. Alle vanaf 1995 nieuw gebouwde woningen bij elkaar geven een energiebesparing van 30% voor ruimteverwarming en 16% voor de productie van warm tapwater in 2020 t.o.v. 1995. De totale besparing van al deze nieuwbouwwoningen is 25% ten opzichte van een in 1995 gebouwde woning.

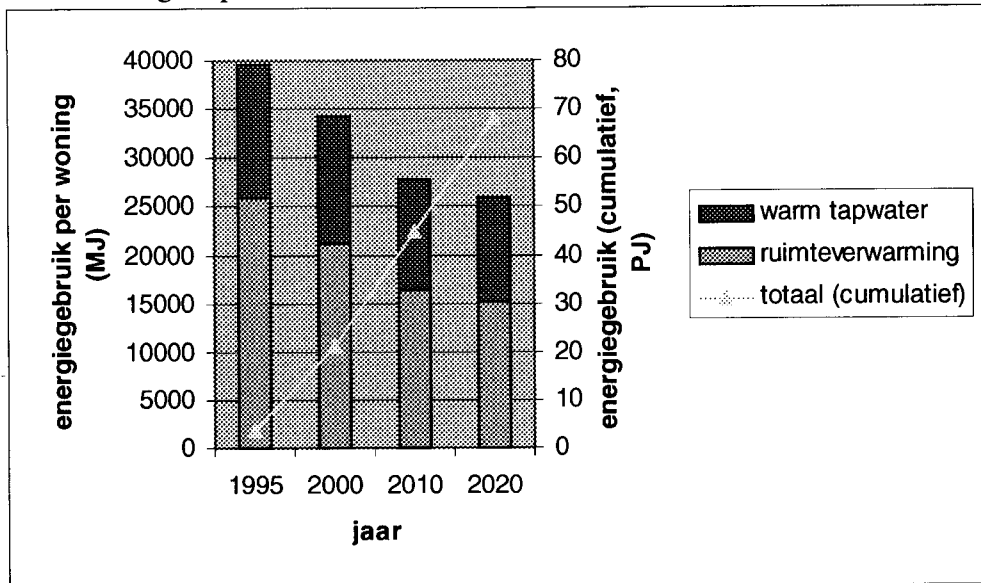
In tabel 3.3 worden de vijf belangrijkste maatregelen die bijdragen aan de energiebesparing i.v.m. ruimteverwarming en warm tapwater (totaal 35%) in de woningnieuwbouw in de zichtjaren 2000 en 2020 genoemd.

*Tabel 3.3 Vijf belangrijkste maatregelen, 2000 en 2020.*

In jaar 2000	In jaar 2020
1. Veranderde installatieconcepten voor ruimteverwarming (40%)	1. Veranderde installatieconcepten voor ruimteverwarming (28%)
2. HR-glas in alle verwarmde ruimten (17%)	2. HR-glas in alle verwarmde ruimten (19%)
3. Veranderde installatieconcepten tapwater (13%, waarvan 5% door toepassing zonneboilers)	3. Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (15%)
4. Isolatie dak (2%)	4. Veranderde installatieconcepten tapwater (14%, waarvan 7% door toepassing zonneboilers)
5. Isolatie gevels (2%)	5. Isolatie dak (6%)

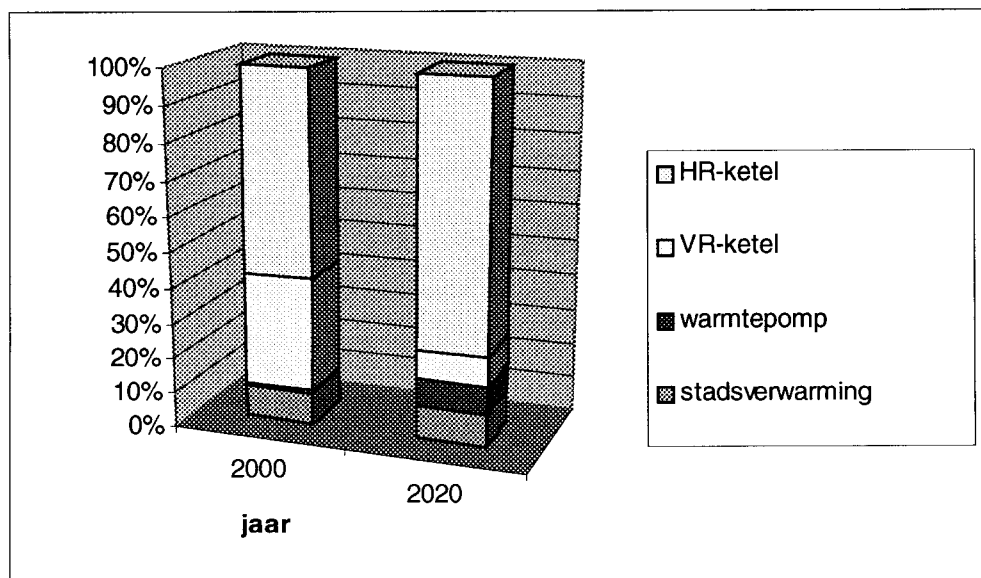
<sup>4</sup> a.g.e. = aardgas equivalenten. 1 m<sup>3</sup> a.g.e. = 35,17 MJ (Bron: GasUnie 1999)

In de tijd varieert de relevantie van bepaalde maatregelen. Dit komt niet door een afname van het effect van een bepaalde maatregel, maar doordat andere maatregelen belangrijker worden door een hogere penetratie.



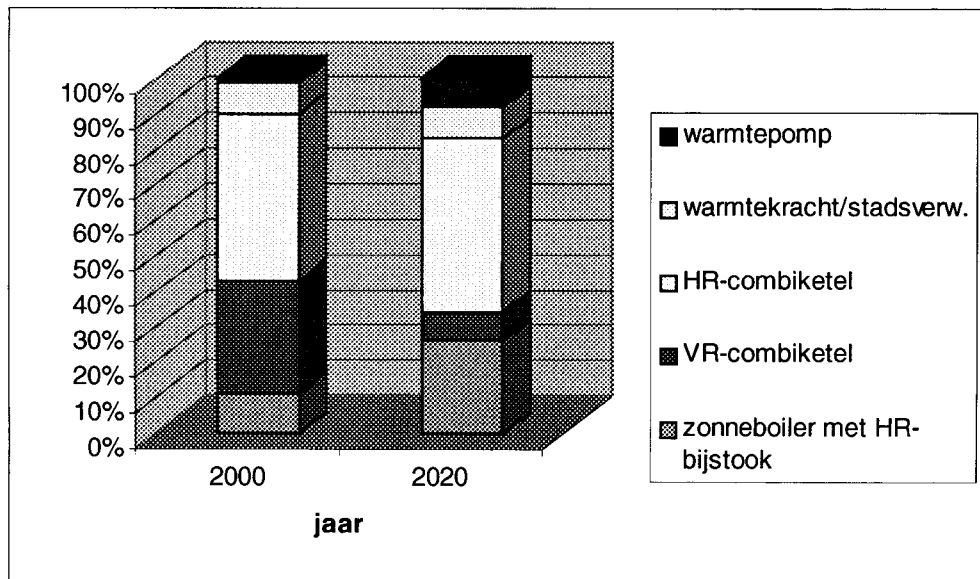
*Figuur 3.6 Gemiddeld energiegebruik voor ruimteverwarming en warm tapwater per nieuwbouwwoning en cumulatief energiegebruik alle nieuwbouwwoningen vanaf 1995*

Naast bovenstaande besparingen (gerelateerd aan ruimteverwarming of de productie van warm tapwater) zijn er ook andere besparingen, zoals het installeren van een energiezuinige lift en de plaatsing van een zonnecelinstallatie. In 2020 leveren deze maatregelen resp. een besparing op van ca. 4 PJ en 64 PJ.



*Figuur 3.7 Installatieconcepten ruimteverwarming in de nieuwbouw, 2000 en 2020*

In de woning nieuwbouw verschuift het accent in de installatieconcepten voor ruimteverwarming van 2000 naar 2020 van VR ketel naar HR ketel en warmtepomp. In 2000 wordt in al meer dan de helft van de gevallen gebruik gemaakt van een HR-ketel. In 2020 is dit gestegen tot ruim 75%. Tevens wordt nog in een klein deel van de woningen gebruik gemaakt van een VR-ketel, dit komt voort uit het feit dat de resultaten gelden voor alle woningen gebouwd sinds 1995 en er geen rekening gehouden wordt met vervanging, wat op deze termijn wel voor de hand zou liggen. Rekening houdend met vervanging in de nieuwbouwvoorraad zijn de resultaten ten aanzien van energiegebruik wellicht gunstiger.



Figuur 3.8 *Installatieconcepten warm tapwater in de nieuwbouw, 2000 en 2020*

Ook ten aanzien van de installatieconcepten voor warm tapwater is er een duidelijk een afname in het aandeel woningen (gebouwd vanaf 1995) in 2020 dat gebruik maakt van een VR-combiketel. Het aandeel dat gebruik maakt van een HR-combiketel blijft nagenoeg gelijk op iets minder dan de helft. Een sterke toename is te zien bij het aandeel zonneboiler met HR-bijstook, welke toeneemt van 11% in 2000 naar 26% in 2020. Ook hier geldt dat geen rekening gehouden wordt met vervanging van installaties in de sinds 1995 gebouwde woningen.

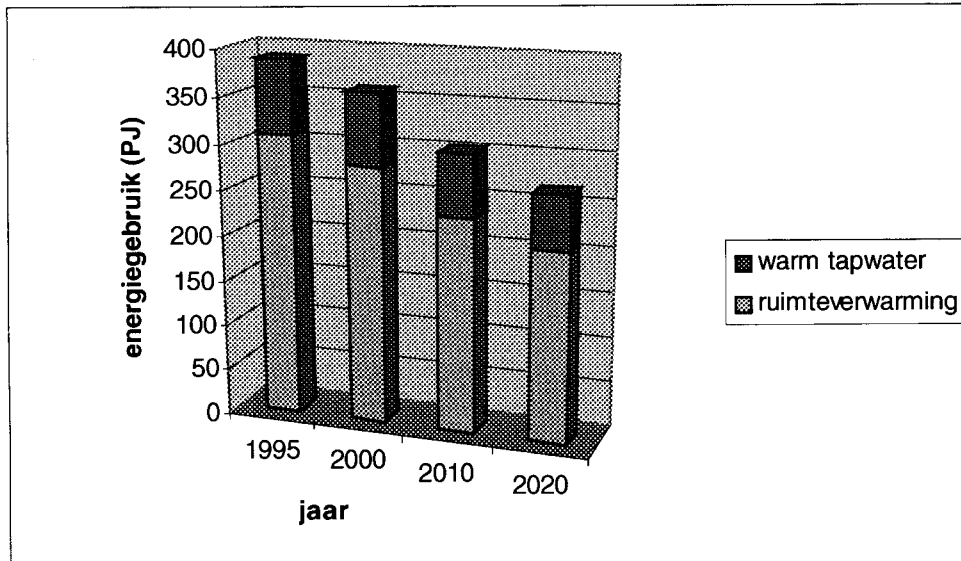
De invloed bouwproductie op het energiegebruik voor ruimteverwarming en warm tapwater is weergegeven in de vergelijking van het EC en GC scenario. In het GC scenario zijn in 2010 220.000 meer woningen en in 2020 310.000 woningen gebouwd dan onder het EC scenario. Het energiegebruik in het GC is daarom navenant hoger, door het grotere aantal woningen. De overige scenario parameters van GC en EC zijn niet meegenomen, aangezien dit onderzoek zich alleen richt op het effect van gebouwgebonden maatregelen. Dit houdt dus in dat verschillen in gedrag, welke zouden voortvloeien uit verschillen in bijvoorbeeld sociaal-culturele ontwikkelingen, niet zijn meegenomen.

### 3.1.3 Bestaande voorraad

Het energiegebruik voor ruimteverwarming en warm tapwater in de bestaande voorraad geeft een dalende trend te zien (zie figuur 3.9). De verklaring hiervoor ligt enerzijds in de toepassing van DuBo-maatregelen en anderzijds in het afnemen van deze voorraad door onttrekkingen.

In 2020 is de vraag naar gebouwgebonden energie in de bestaande woningbouw met 123 PJ gedaald t.o.v. 1995, dit is bijna eenderde van het totaal in 1995. Van deze 123 PJ besparing wordt 33 PJ (27%) besparing verkregen door sloop van woningen. En 90 PJ (73%) is het gevolg van het treffen van maatregelen.

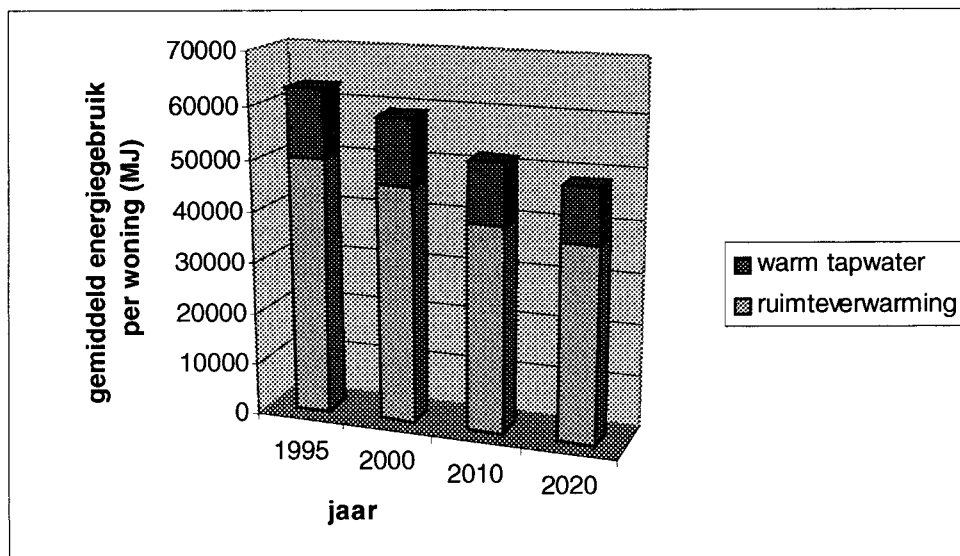
Het gemiddelde gebouwgebonden gebruik van energie per in 1995 bestaande woning daalt



*Figuur 3.9 Energiegebruik voor ruimteverwarming en warm tapwater bestaande bouw*

als gevolg van een verminderde energievraag voor ruimteverwarming en een verminderde energievraag voor warm tapwater.

Het gemiddeld gebouwgebonden energiegebruik per woning daalt in de bestaande woningbouw in totaal met 23% in 2020 t.o.v. 1995. Deze besparing wordt bereikt door een besparing van 18% voor de productie van warm tapwater en 24% voor ruimteverwarming. Het gemiddeld energiegebruik van gebouwgebonden functies per bestaande woning daalt van bijna 63.000 MJ (omgerekend bijna 1800 m<sup>3</sup> a.g.e.) in 1995 naar ruim 49.000 MJ (omgerekend bijna 1400 m<sup>3</sup> a.g.e.)



*Figuur 3.10 Gemiddeld energiegebruik per woning in de bestaande bouw voor ruimteverwarming en warm tapwater*



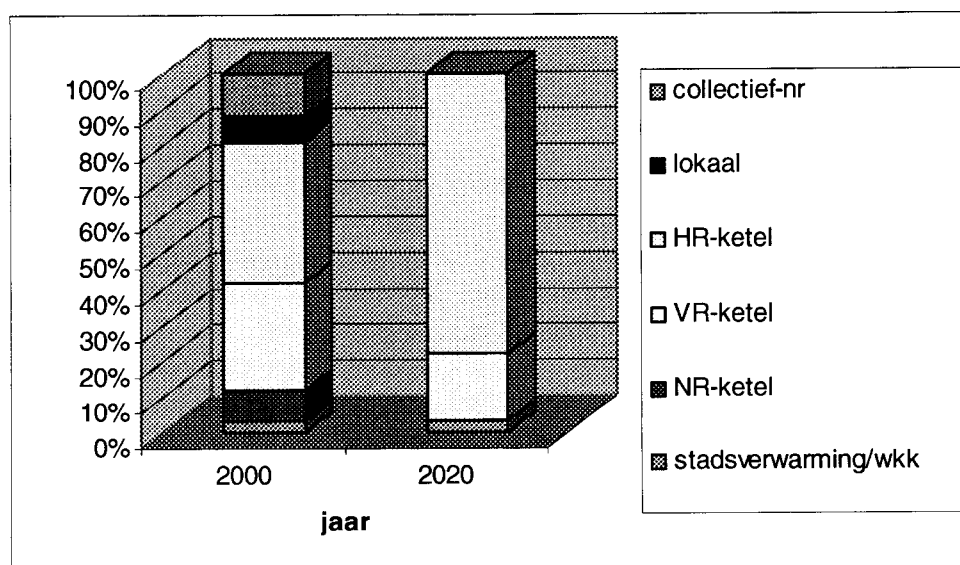
De vijf maatregelen die het meest bijdragen aan de energiebesparing voor ruimteverwarming en warm tapwater (totaal 23% in 2020) in de bestaande woningbouw zijn weergegeven in tabel 3.4.

Zowel in 2000 als in 2020 zal de meeste besparing te behalen zijn door de (verbeterde) energieopwekking voor ruimteverwarming. Wel neemt het relatieve aandeel hiervan in de tijd af. In 2020 neemt het relatieve belang van dakisolatie sterk toe ten opzichte van 2000, een toename van 8% naar 24% in 2020.

**Tabel 3.4 Vijf belangrijkste maatregelen, 2000 en 2020**

In het jaar 2000	In het jaar 2020
1. Besparing op energieopwekking voor ruimteverwarming (49%)	1. Besparing op energieopwekking voor ruimteverwarming (31%)
2. HR-glas in alle verwarmde ruimten (18%)	2. Dakisolatie (24%)
3. Besparing installatieconcept voor warm tapwater (9%)	3. HR-glas in alle verwarmde ruimten (16%)
4. Dakisolatie (8%)	4. Vloerisolatie (9%)
5. Gevelisolatie (6%)	5. Besparing installatieconcept voor warm tapwater (8%)

Hieronder is een overzicht opgenomen van de installatieconcepten in de verschillende zichtjaren. In 2020 zal de HR-ketel de VR-ketel vervangen als belangrijkste installatieconcept. In 2000 is er in 40% van alle woningen in de bestaande woningvoorraad een HR-ketel, in 2020 zal dit zijn toegenomen tot bijna 80%. In 2020 zal er verder alleen nog maar sprake zijn van stadsverwarming en warmtekrachtkoppeling en HR en VR-ketels. De andere installatieconcepten komen (vrijwel) niet meer voor.



**Figuur 3.11** Installatieconcepten ruimteverwarming in de bestaande bouw in 2000 en 2020

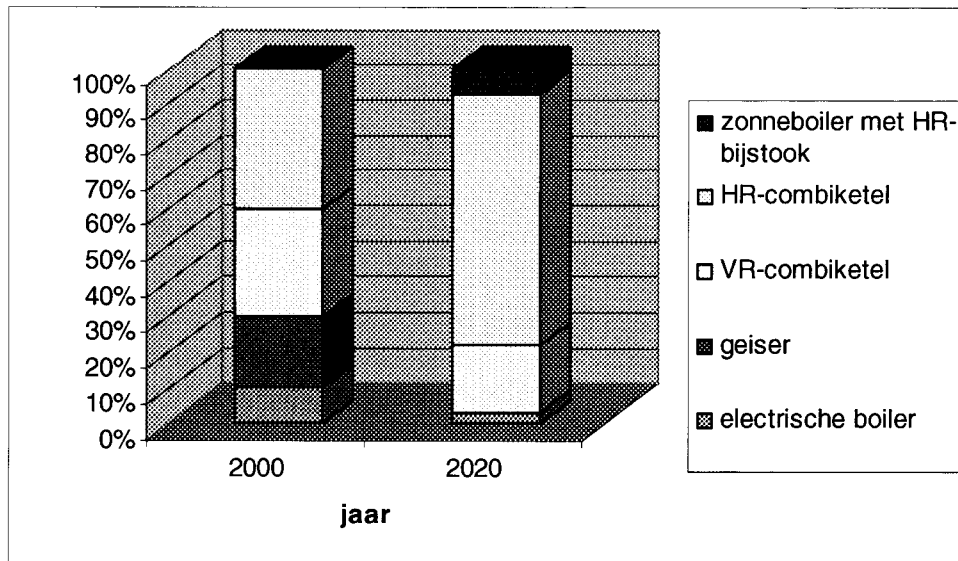
Een vergelijkbare ontwikkeling doet zich voor bij de installatieconcepten voor warm tapwater. Wel zien we dat hier, zij het op bescheiden schaal, ook de zonneboiler haar intrede doet, in 2020 zal circa 7% van de (in 1995 reeds) bestaande woningbouw zijn uitgerust met een zonneboiler (met HR-bijstook).

### 3.1.4 Conclusie woningbouw

Door het nemen van woninggebonden DuBo maatregelen is er naar verwachting in zowel de nieuwbouw als de bestaande woningvoorraad een afname van het energiegebruik. In beide delen van de woningvoorraad zal de grootste besparing gehaald worden in het energiegebruik

voor ruimteverwarming. Het energiegebruik voor de opwekking van warm tapwater zal in mindere mate afnemen.

Er vindt in de jaren tot 2020 een verschuiving plaats van de VR-ketel naar de HR-ketel. In de toekomst zal er een stijging zijn van het aandeel stadsverwarming en warmtepomp, mede veroorzaakt door de piek in nieuwbouw op de VINEX-locaties. In de bestaande woningvoorraad zal het aandeel HR-ketels nog sterker toenemen dan in de voorraad nieuwbouwwoningen. Toch zal in de bestaande voorraad het aandeel VR-ketels in 2020 nog bijna 20% zal zijn. In 2020 zal het meest dominante installatieconcepten voor ruimteverwarming in de woningvoorraad de HR-ketel zijn.



*Figuur 3.12 Installatieconcepten warm tapwater in de bestaande bouw in 2000 en 2020*

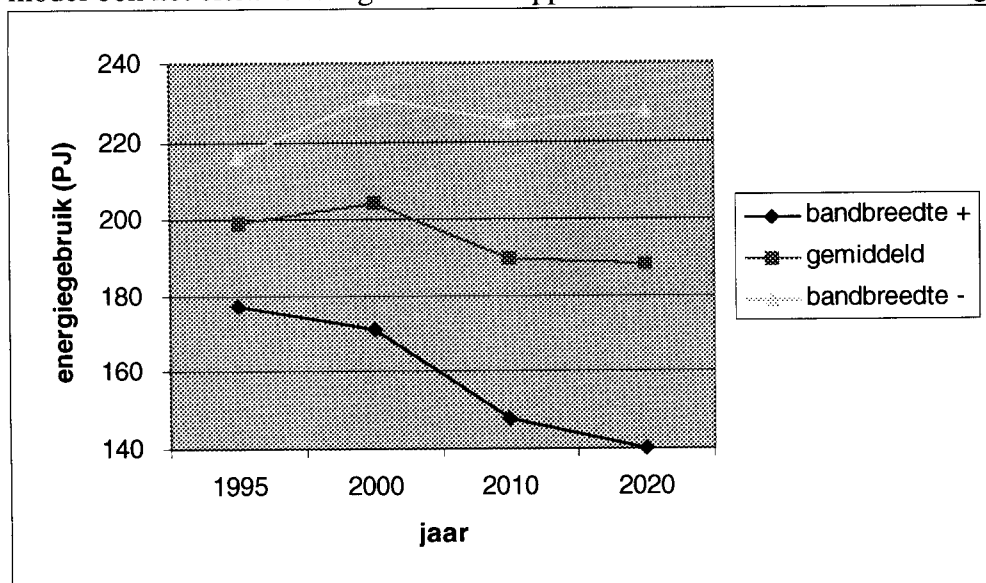
Als gevolg van het dalende energiegebruik door het nemen van maatregelen ten aanzien van Duurzaam Bouwen zal de CO<sub>2</sub>-emissie verminderen, een daling van 23 Mton CO<sub>2</sub>-emissie in 1995 tot 20 Mton CO<sub>2</sub>-emissie in 2020. Hierbij is ook rekening gehouden met het effect van de installatie van PV-panelen, wat een besparing van circa 0,2 Mton CO<sub>2</sub>-emissie in 2020 zou kunnen opleveren. Verder wordt in het model gerekend met de geclaimde rendementsverbeteringen van installaties. Deze worden in de praktijk overigens niet altijd gehaald. Rendementsverbeteringen van centrales zijn in het onderzoek niet meegenomen. Indien rekening gehouden zou worden met rendementsverbeteringen in centrales kan de CO<sub>2</sub>-emissie nog verder afnemen. Nogmaals zij hier gemeld dat bij deze mogelijke besparingen, alleen rekening is gehouden met het effect van DuBo-maatregelen, exclusief mogelijke gedragsveranderingen.

## 3.2 Utiliteitsbouw

### 3.2.1 Algemeen

In de utiliteitsbouw wordt een onderverdeling gehanteerd naar de sectoren zorg, onderwijs, kantoren en detailhandel. In dit onderzoek wordt als gerefereerd wordt naar de U-bouw, deze 4 sectoren bedoeld. Het model voor de U-bouw houdt rekening met de interne warmteopwekking als gevolg van aanwezigheid van mensen, het gebruik van computers, verlichting e.d. Per sector zijn rekenregels opgesteld waarmee de in die sector gebruikte apparatuur wordt gesimuleerd. Bij gebruik van elektriciteit is een deel gebouwgebonden (zoals liften, elektri-

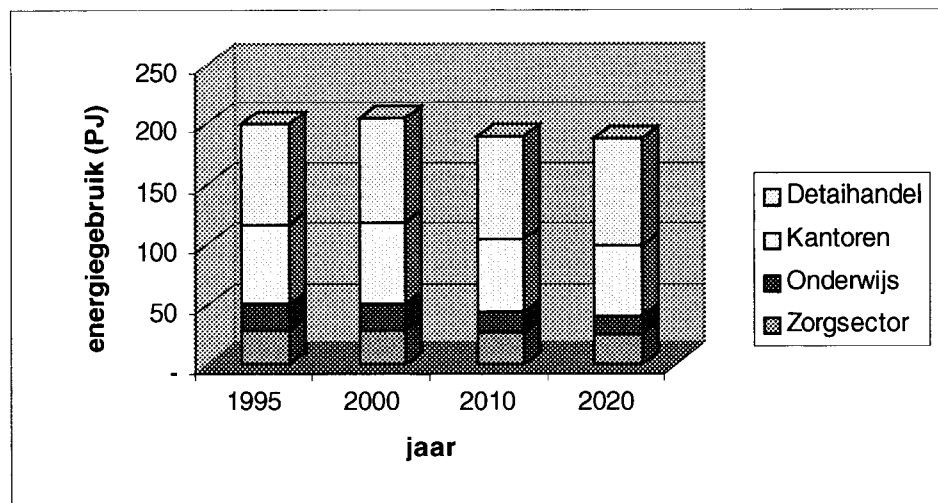
sche deuren, pompen, koeling, luchtbehandeling verlichting, etc.). Daarnaast wordt in het model ook het elektriciteitsgebruik van apparaten voor die sector relevante gebruiksdoelein-



Figuur 3.13 Bandbreedte van het energiegebruik in de U-bouw in PJ

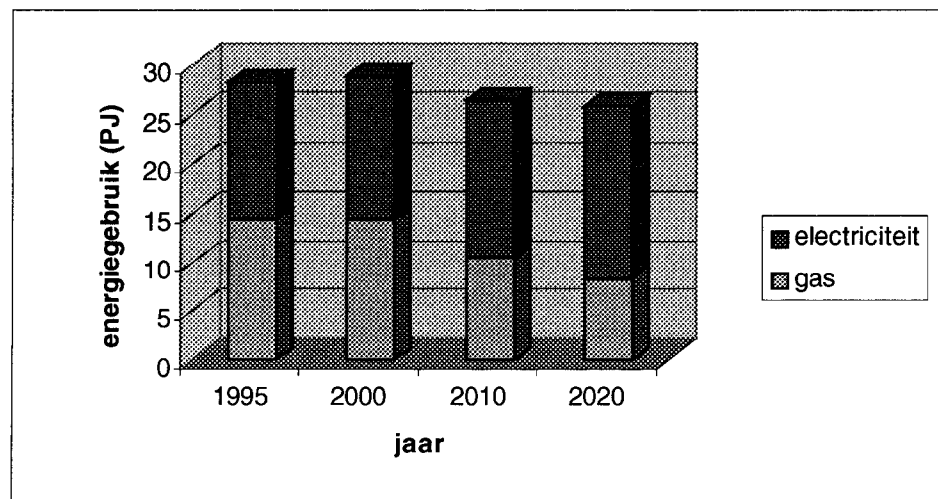
den meegenomen in de bepaling van de totale energievraag (zoals medische apparaten, computers, etc.). Het gasgebruik is grotendeel gebouwgebonden. Slechts een beperkt deel wordt gebruikt voor de opwekking van warm tapwater. In de bijlagen wordt het model en de werkwijze verder behandeld.

Het jaarlijkse energiegebruik neemt slechts licht af. In 1995 is het berekende energiegebruik bijna 200 PJ. In 2010 is dit met iets meer dan 9 PJ afgenomen, in 2020 met iets meer dan 11 PJ. De resultaten die berekend zijn met de HDO module van het model hebben een bandbreedte als aangegeven in figuur 3.13. Bij de interpretatie van figuur 3.13 moet rekening gehouden worden met het feit dat het energiegebruik in de U-bouw in ook door de zogenaamde 'gedragscomponent' beïnvloed wordt. Gedragsveranderingen en de effecten hiervan worden in het model niet meegenomen. Maar ook wordt er geen rekening gehouden met veranderingen in apparatuur in de sectoren. Ontwikkelingen ten aanzien van flexibele werkplekken, veranderingen in winkelsluiting, (neven)functies van scholen, en dergelijke zijn niet meegenomen in de berekening. De veranderingen in het energiegebruik zijn alleen gerelateerd aan DuBo-maatregelen. In figuur 3.13 valt op dat ook in het basisjaar er sprake is van een bandbreedte. Deze komt voort uit de spreiding in de input.



*Figuur 3.14 Cumulatief energiegebruik in de vier sectoren van de U-bouw, 1995-2020*

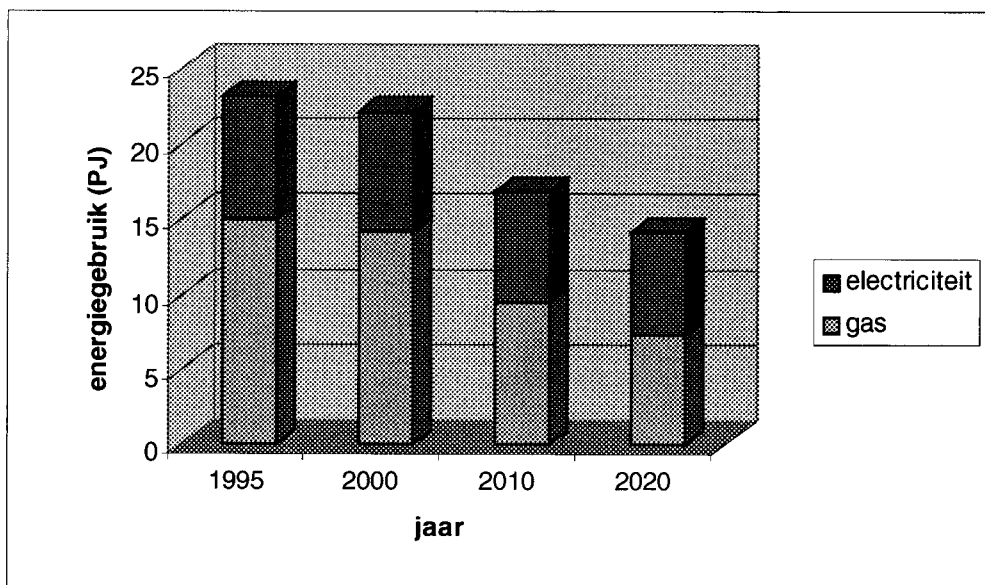
Het totale (primaire) energiegebruik in de U-bouw neemt in de toekomst af, van ongeveer 200 PJ in 1995 tot 188 PJ in 2020. Tot en met 2005 zal het energiegebruik op een vergelijkbaar of iets hoger niveau liggen dan in 1995. Pas na 2005 is er sprake van een afname van het energiegebruik in de U-bouw. Tussen de sectoren bestaan er enige verschillen in de ontwikkeling. Alle sectoren, met uitzondering van de detailhandel vertonen een afname van het energiegebruik. Het sterkst doet zich deze afname voor in het onderwijs. In deze sector neemt het energiegebruik in 2020 zelfs met 9 PJ af, oftewel 80% van de totale besparing in de U-bouw. De detailhandel vertoont, zowel relatief (=het aandeel in de U-bouw) als absoluut, een toename van het energiegebruik. In 2020 is het energiegebruik in de detailhandel bijna de helft van het totaal voor de U-bouw (namelijk 47%, oftewel 88 PJ).



*Figuur 3.15 Energiegebruik in de zorgsector*

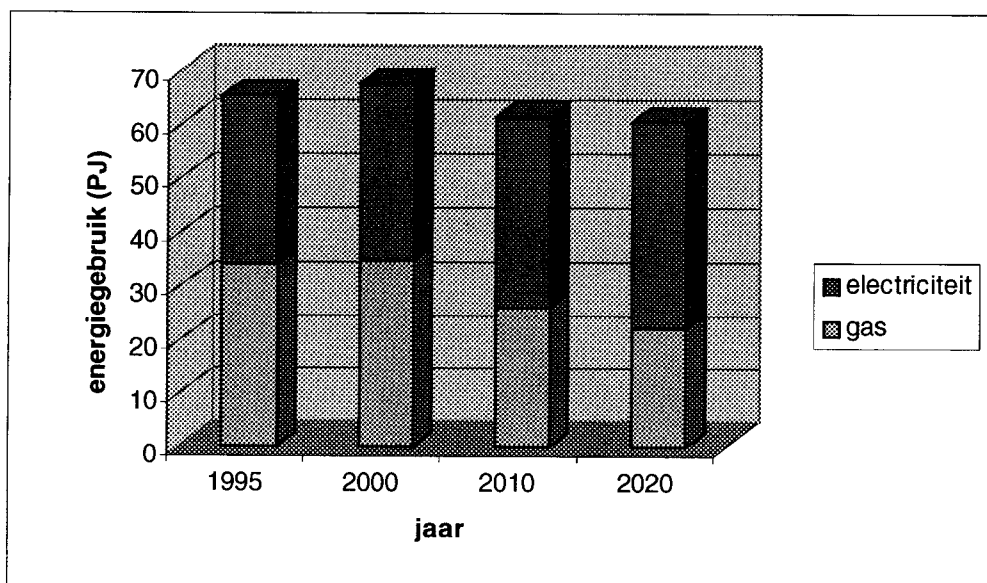
Het totale (primaire) energiegebruik is afkomstig van twee bronnen, namelijk gas en elektriciteit. Grofweg kan gesteld worden dat het gasgebruik aangewend wordt voor ruimteverwarming en de productie van warm tapwater. Elektriciteit wordt gebruikt voor verlichting, liften, ventilatie, apparatuur, e.d. In de figuren hieronder is het primaire energiegebruik door elektriciteit en gas voor de verschillende sectoren afzonderlijk weergegeven.

In de zorgsector is het energiegebruik in 2020 met ongeveer 3 PJ afgenomen ten opzichte van 1995. Het aandeel gas neemt af van 51% in 1995 naar 33% in 2020.



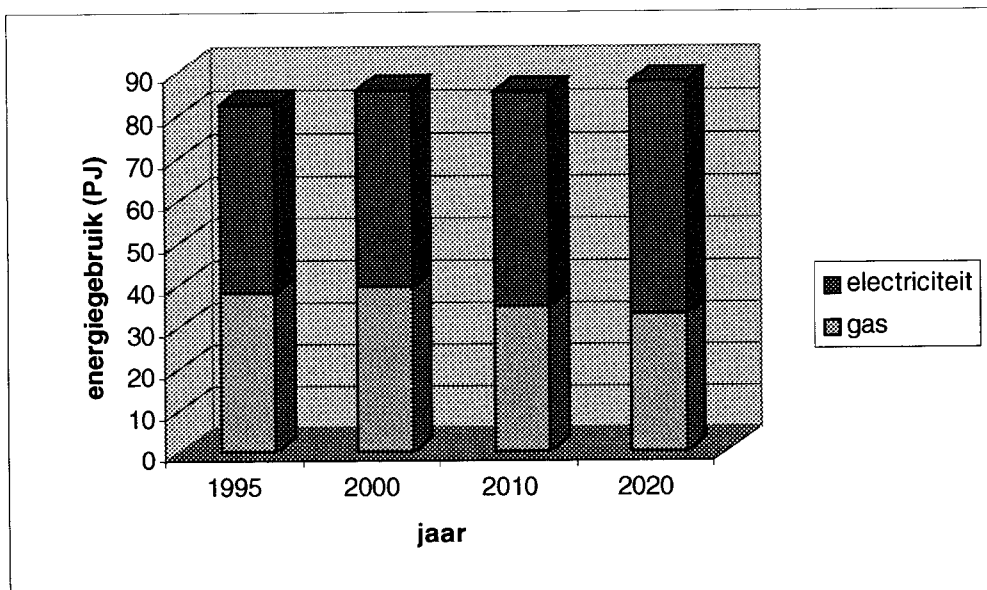
*Figuur 3.16 Energiegebruik in de onderwijssector*

Het energiegebruik in de onderwijssector neemt af van 23 PJ in 1995 tot 14 PJ in 2020. Zoals al gezegd is dit de sterkste afname van de 4 onderscheiden sectoren. Deze afname komt vrijwel geheel door een sterke afname van het gasgebruik in deze sector. Het primaire energiegebruik door neemt af van 15 PJ in 1995 tot 7 PJ in 2020. Het aandeel gas neemt af van 65% in 1995 naar 52% in 2020.



*Figuur 3.17 Energiegebruik in de kantorensector*

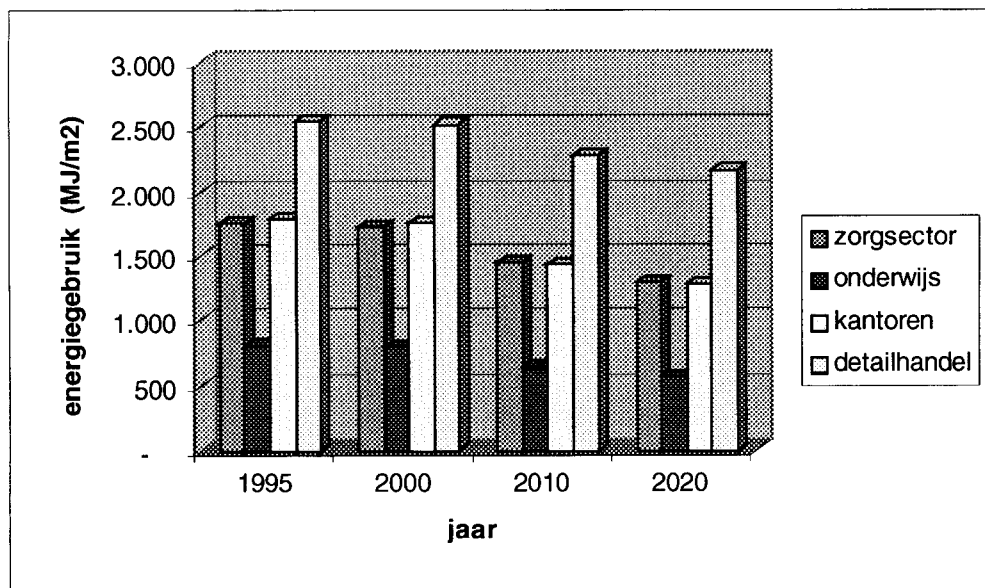
Het energiegebruik in de kantorensector neemt af van 65 PJ in 1995 tot 60 PJ in 2020, met een kleine piek van 67 PJ in het jaar 2000. Ook hier neemt het aandeel dat voor rekening komt van gas af van 52% in 1995 tot 36% in 2020.



Figuur 3.18 Energiegebruik in de detailhandel

In de detailhandel is er sprake van een lichte toename van het energiegebruik. Het energiegebruik neemt toe van 82 PJ in 1995 tot 88 PJ in 2020. Ook hier neemt het aandeel gas af, zij het in veel geringere mate. Het aandeel gas neemt af van 46% in 1995 tot 38% in 2020.

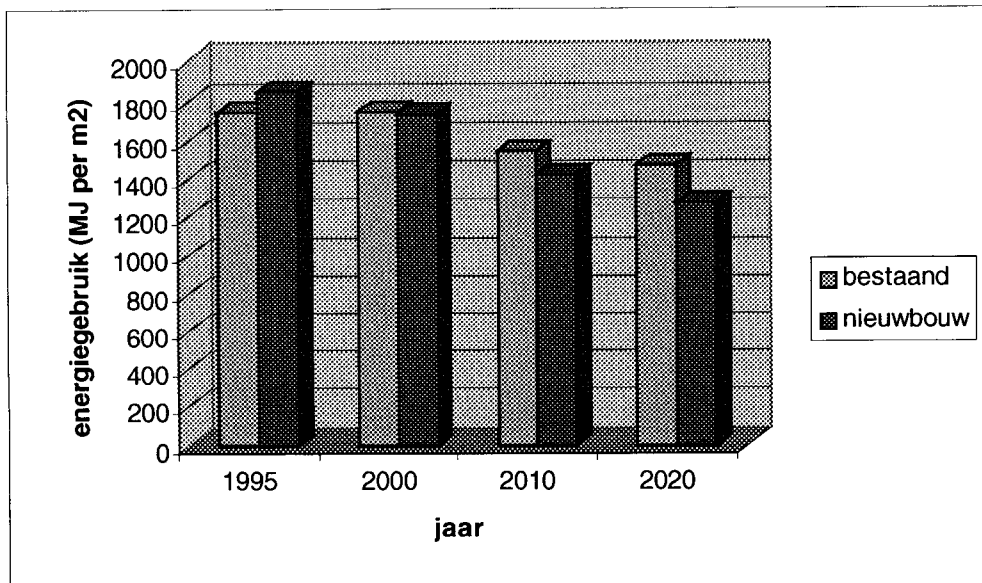
Opvallend is dat in alle vier de sectoren het aandeel gas in het primaire energiegebruik afneemt en het aandeel elektriciteit toeneemt. In alle sectoren, met uitzondering van de onderwijssector, is er sprake van een toename van het primair energiegebruik van elektriciteit. In de onderwijssector neemt dit gebruik echter licht af, namelijk van 8 PJ in 1995 naar 7 PJ in het jaar 2020. De sterke daling van het gasgebruik vloeit voort uit de diverse DuBo-maatregelen. Vrijwel alle maatregelen hebben een effect op het gasgebruik en slechts weinig van deze maatregelen hebben een (direct dan wel indirect) effect op het elektriciteitsgebruik. De toename van het elektriciteitsgebruik is voornamelijk te wijten aan een toename van het bruto vloeroppervlak in de verschillende sectoren. In het onderwijs is er echter een afname van het vloeroppervlak, wat dan ook resulteert in een lager elektriciteitsgebruik.



*Figuur 3.19 Gemiddeld energiegebruik per bruto vloeroppervlak (m<sup>2</sup>) naar sector*

Het energiegebruik per m<sup>2</sup> bruto vloeroppervlak daalt in alle vier sectoren. Het gemiddeld gebruik in 1995 was 1776 MJ per m<sup>2</sup>. In 2000 is dit nog nagenoeg gelijk. In 2010 is het gemiddeld energiegebruik gedaald tot ongeveer 1500 MJ per m<sup>2</sup>, in 2020 is dit verder gedaald tot iets meer dan 1400 MJ per m<sup>2</sup>. De daling in het energiegebruik per m<sup>2</sup> is relatief het grootst in het onderwijs, ondanks het feit dat hier het energiegebruik per m<sup>2</sup> al het laagste niveau had. Absoluut gezien is de daling het grootst bij kantoren, van bijna 1800 MJ per m<sup>2</sup> naar iets minder dan 1300 MJ per m<sup>2</sup>. In de detailhandel is de daling van het energiegebruik gering, zowel relatief als absoluut.

Zowel in de nieuwbouw (gebouwd vanaf 1995), als in de bestaande voorraad (bestaand in 1995), neemt het energiegebruik per m<sup>2</sup> af (zie figuur 3.20). Opvallend is dat in 1995 het energiegebruik in de nieuwbouw op een hoger niveau ligt dan de bestaande voorraad. Dit komt doordat de nieuwbouw in dit jaar voor een groot deel bestaat uit kantoren en detailhandel, welke het gemiddelde opschroeven.



Figuur 3.20 Gemiddeld energiegebruik per m<sup>2</sup> bruto vloeroppervlak in bestaande en nieuwbouw U-bouw

In het onderzoek zijn berekeningen uitgevoerd met een tweetal scenario's. Het betreft hier het basisscenario (welke overeenkomt met het EC-scenario) en een sterke-groei-scenario (welke overeenkomt met GC-scenario). De groei in bruto vloeroppervlak in de sectoren onderwijs en gezondheidszorg zijn minder gevoelig voor economische groei, aangezien dit (grotendeels) budgetsectoren zijn en voornamelijk gerelateerd zijn aan demografische ontwikkelingen. In tabel 3.5 is een vergelijking te zien van de gemiddelde groei per scenario. Opgemerkt moet worden dat hier de gemiddelde groeipercentages zijn weergegeven, welke per standaardobject kunnen verschillen.

Tabel 3.5 Gemiddelde groei naar sector per scenario (1995-2020)

	EC-scenario	GC-scenario
Zorgsector	1,7%	1,8%
Kantoren	3,0%	3,7%
Onderwijs	1,5%	2,0%
Detailhandel	1,5%	2,0%

Het verschil in energiegebruik tussen de twee scenario's komt voor het grootste deel voort uit de verschillen in de groei en heeft weinig van doen met verschillende ontwikkelingen in het bouwen tussen de scenario's.

Door een daling van het energiegebruik in alle sectoren, met uitzondering van de detailhandel, en een stijging van het aandeel elektriciteit in het energiegebruik is er slechts een daling geringe van de CO<sub>2</sub>-emissie in de U-bouw. In eerste instantie stijgt het energiegebruik, als ook de CO<sub>2</sub>-emissie. In 2020 is de berekende CO<sub>2</sub>-emissie 9,2 Mton per jaar.

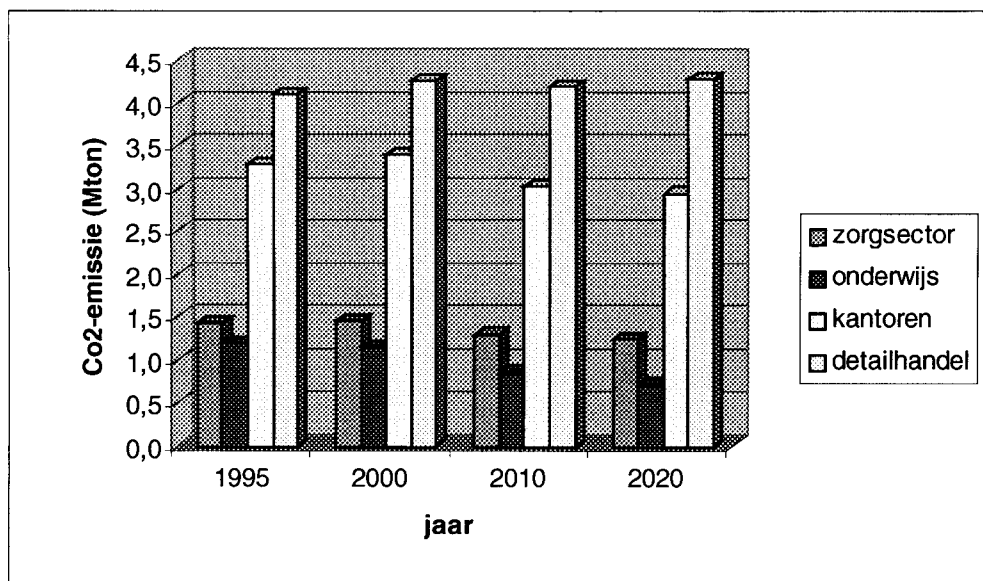
Tabel 3.6 Berekende CO<sub>2</sub>-emissie ten gevolge van energiegebruik in de U-bouw

	1995	2000	2010	2020
CO <sub>2</sub> emissie in Mton	10,0	10,2	9,4	9,2

In de afzonderlijke sectoren is er, na een aanvankelijke stijging, een afname van de CO<sub>2</sub>-emissie met uitzondering van de detailhandel (zie figuur 3.21). Deze aanvankelijke stijging



doet zich voor in alle 4 sectoren. Na 2000 is er alleen in de detailhandel sprake van een gelijkblijvende CO<sub>2</sub>-emissie. In de andere drie sectoren neemt deze af.

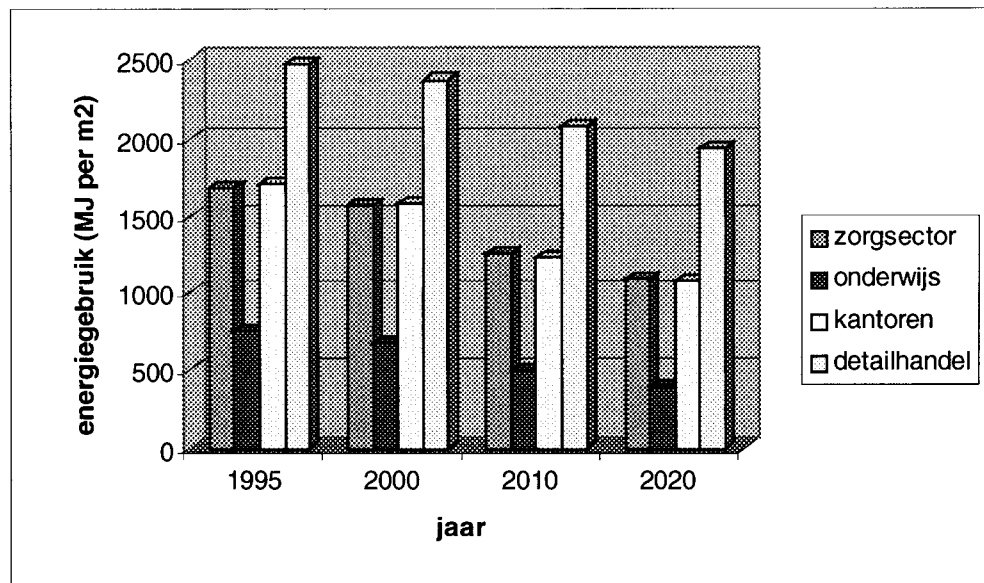


*Figuur 3.21 CO<sub>2</sub>-emissie per sector (Mton per jaar)*

De geringe daling van de CO<sub>2</sub>-emissie is sterk beïnvloed door de toename van het aandeel elektriciteit in het energiegebruik. In 1995 was het aandeel elektriciteit in het totale energiegebruik minder dan de helft. In 2020 is dit gestegen tot bijna tweederde. Dit houdt dus in dat de hier gepubliceerde resultaten ook afhankelijk zijn van mogelijke rendementsverbeteringen in de centrale energieopwekking

### 3.2.2 Nieuwbouw

Het totale energiegebruik per sector is afhankelijk van de ontwikkelingen in de nieuwe en de bestaande voorraad gebouwen. Per sector zijn er, met name door verschillen in het gebruik, grote verschillen in het energiegebruik. Ontwikkelingen in het energiegebruik worden voornamelijk beïnvloed door onttrekkingen c.q. herbestemming, maar ook door de nieuw te bouwen gebouwen. Per sector zijn er grote verschillen in de omvang van deze nieuwbouwproductie (zie tabel 2.2). Zo zal in 2020 meer dan 40% van de totale voorraad in de zorgsector en de kantoren bestaan uit nieuwbouw. In de detailhandel is dit iets minder dan 30%, terwijl in het onderwijs iets meer dan 10% van de voorraad zal bestaan uit nieuwbouw.

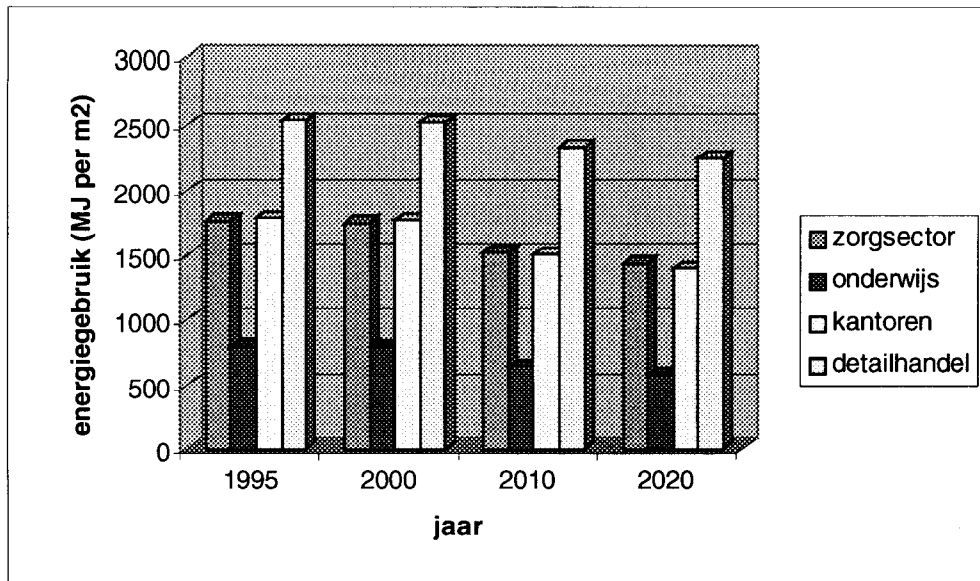


*Figuur 3.22 Energiegebruik nieuwbouw per m<sup>2</sup> in de vier sectoren van de U-bouw in PJ*

In alle onderscheiden sectoren van de U-bouw is in de nieuwbouw er een afname van het energiegebruik per m<sup>2</sup>. Het sterkst doet zich deze daling voor in het onderwijs (een afname met bijna 50%), het minst sterk is de daling in de detailhandel. In de detailhandel is het energiegebruik in de nieuwbouw in 2020 ongeveer 80% van de nieuwbouw in 1995.

### 3.2.3 Bestaande voorraad

Ontwikkelingen in het totale energiegebruik van de bestaande voorraad worden deels bepaald, evenals in de woningbouw, door onttrekkingen (zie tabel 2.2). Vrijwel altijd geldt dat het energiegebruik in bestaande gebouwen hoger is (en blijft) dan in nieuwbouw. Dit houdt natuurlijk niet in dat in de bestaande voorraad niet ook een behoorlijke energiewinst is te behalen. In de hier gepresenteerde berekeningen wordt er in het algemeen van uitgegaan dat ambities in de nieuwbouw hoger liggen dan in de bestaande voorraad. Door een extra impuls ten aanzien van DuBo-maatregelen te geven in de bestaande voorraad kan ook hier nog een energiewinst behaald worden.



Figuur 3.23 Energiegebruik bestaande voorraad per m<sup>2</sup> in de vier sectoren van de U-bouw in PJ

Ook hier is de relatief sterkste afname van het energiegebruik te zien in het onderwijs, en de geringste afname in de detailhandel.

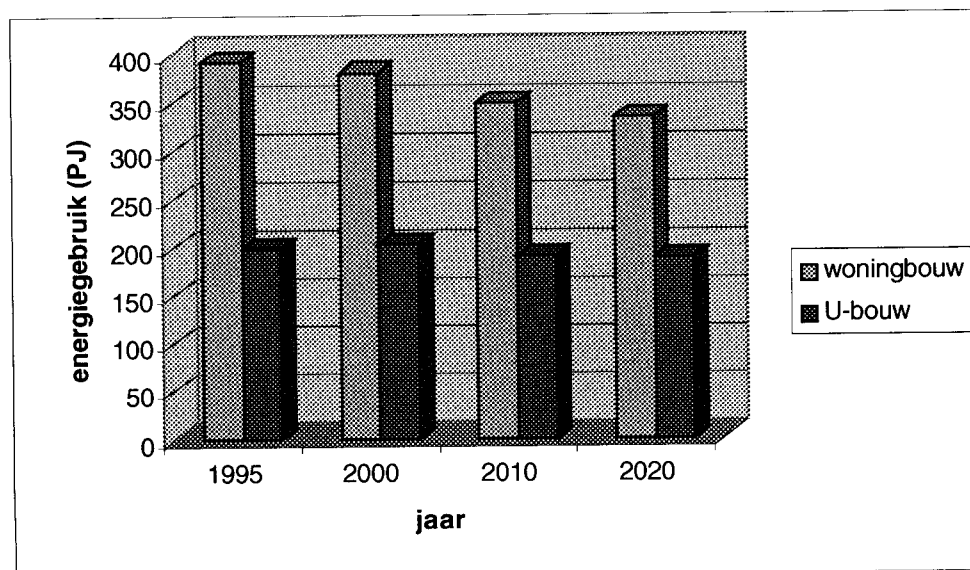
### 3.2.4 Conclusie U-bouw

Het totale (primaire) energiegebruik in de U-bouw neemt in de toekomst af, deze afname bedraagt iets meer dan 5%. Het sterkst doet zich deze daling voor in het onderwijs, gevolgd door de zorg- en kantorensector. Het totale energiegebruik in de detailhandel zal in de toekomst zelfs toenemen, met ongeveer 6%.

In alle sectoren is er een afname van het energiegebruik per m<sup>2</sup>. Met uitzondering van het onderwijs, neemt in alle sectoren het bruto vloeroppervlak toe. Deze toename van het vloeroppervlak zorgt ervoor dat de daling van het gemiddeld energiegebruik per m<sup>2</sup> in de totale gebruikscijfers minder duidelijk naar voren komt. In alle sectoren, met uitzondering van het onderwijs, is er een toename van het elektriciteitsgebruik. Deze toename komt voort uit de stijging van het totale bruto vloeroppervlak, aangezien het elektriciteitsgebruik (met name) is gerelateerd aan het gebruik van het gebouw.

## 3.3 Vergelijking

In deze paragraaf worden enkele hoofdresultaten van de woningbouw en U-bouw met elkaar vergeleken. Deze vergelijking wordt enigszins bemoeilijkt, doordat in de U-bouw ook een normatief gebruik van apparatuur is meegenomen. Terwijl in de woningbouw het energiegebruik zich beperkt tot ruimteverwarming en warm tapwater. In de U-bouw wordt bijvoorbeeld in de sector kantoren ook rekening gehouden met verlichting, het gebruik van computers, printers, copiers, en dergelijke. Wel dient hierbij de kanttekening gemaakt te worden dat in de U-bouw er geen rekening gehouden wordt met een verandering in dit apparatuurgebruik, boven de verandering gerelateerd aan de volumeontwikkeling.



Figuur 3.24 Vergelijking energiegebruik woningbouw en U-bouw

Het energiegebruik in de woningbouw daalt van 393 PJ in 1995 naar 335 PJ in 2020, een daling van 15%. In de U-bouw daalt het energiegebruik van 199 PJ in 1995 naar 188 PJ in 2020, dit is een daling van iets meer dan 5%. Dit verschil wordt slechts ten dele verklaard door het verschil in benadering van het energiegebruik. Een ander deel kan verklaard worden door het feit dat met name in de bestaande woningbouw toch nog een betrekkelijk grote energiewinst te behalen is door het toepassen van de DuBo-maatregelen.

Tabel 3.7 CO<sub>2</sub> emissie in Mton

	1995	2000	2010	2020
U-bouw	10	10	9	9
Woningbouw	23	23	21	20

In de U-bouw neemt het gasgebruik af. Echter, door het toenemend gebruik van elektriciteit in het energiegebruik in de U-bouw, neemt de CO<sub>2</sub>-emissie in de U-bouw veel minder sterk af dan in de woningbouw (zie tabel 3.7). In de woningbouw is het effect van de DuBo-maatregelen veel duidelijker zichtbaar. Hier is een betrekkelijk sterke afname van het gasgebruik, door het in de toekomst toepassen van DuBo-maatregelen. Verder worden de cijfers in de tabel ook beïnvloed door het effect van PV-panelen. Met name na 2010 is er verondersteld dat het aantal PV-panelen betrekkelijk snel zal toenemen. Hierdoor, als dit ook gaat plaatsvinden, kan de CO<sub>2</sub>-emissie met 0,2 Mton gereduceerd worden (al verdisconteerd in de cijfers van tabel 3.7). Bij de interpretatie van deze cijfers moet wel bedacht worden dat veranderingen in gedrag en beheer van gebouwen c.q. woningen niet zijn meegenomen in de berekeningen.

De uitkomsten ten aanzien van de resulterende CO<sub>2</sub>-emissie voor woningbouw en U-bouw zijn vergeleken met uitkomsten met behulp van het SAVE-model (ECN). Uit deze vergelijking komt naar voren dat de uitkomsten van dit onderzoek niet wezenlijk verschillen met die onder andere gerapporteerd in het 'Optiedocument voor emissiereductie van broeikasgassen. Verschillen die ogenschijnlijk uit de resultaten naar voren komen zijn het

---

gevolg van verschillen in aard en benadering van de studies en de genomen veronderstellingen.

De genoemde vergelijking is weergegeven in de bijlagen (zie bijlage 6.7). In de analyse ten behoeve van de vergelijking is aandacht besteed aan de onderwerpen definitie, benadering, volumeontwikkeling, gedrag / structuur en maatregelen. Concluderend kan gesteld worden dat definitie en benadering verschillen tussen de beide studies. Gegeven deze verschillen valt op dat het verschil volumeontwikkeling en gedrag en structuur een groot deel van de verschillen in uitkomsten tussen beide studies verklaren, en kan gesteld worden dat de uitkomsten van beide studies met elkaar in lijn liggen.



## 4. Water

In dit hoofdstuk worden de resultaten met betrekking tot het watergebruik en de besparing hierin behandeld. De paragrafen behandelen achtereenvolgens de woningbouw, de U-bouw en een korte vergelijking tussen beide.

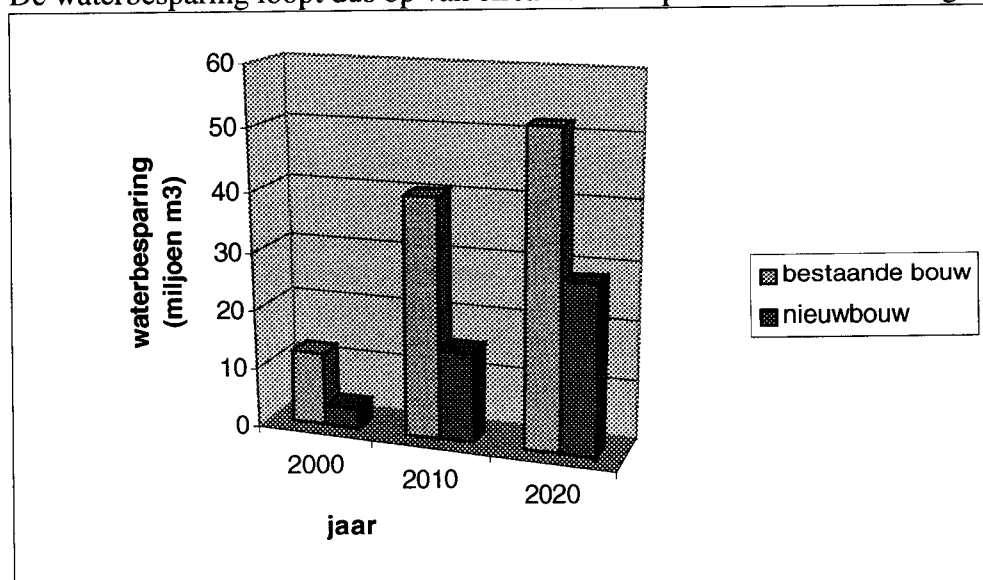
In het nemen van maatregelen zijn voor nieuwbouw en bestaande bouw verschillende ambitieniveaus gehanteerd. In de nieuwbouw wordt er van uitgegaan dat de ambities met betrekking tot het nemen van DuBo-maatregelen op een iets hoger niveau liggen. Dit houdt bijvoorbeeld in met betrekking tot waterbesparende toiletten dat uitgegaan wordt van 4 liter per spoelbeurt. In de bestaande bouw wordt uitgegaan van 6 liter per spoelbeurt.

### 4.1 Woningbouw

Sinds begin jaren '90 is het watergebruik door consumenten gestabiliseerd rond de 760 tot 780 miljoen m<sup>3</sup> per jaar<sup>5</sup>. In 1980 was het watergebruik nog circa 610 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. In deze rapportage worden ten opzichte van de vorige DuBo-rapportage hogere waterbesparingen verwacht. Deze stijging van de waterbesparing is vooral het gevolg van:

- De introductie van nieuwe maatregelen of de hogere penetratie van maatregelen, als het gebruik van thermostatische mengkranen en individuele watermeters,
- Een hogere penetratiegraad van het waterbesparende toilet,
- Een grotere waterbesparing van het waterbesparend toilet (door de introductie in de nieuwbouw van een toilet met een spoeling van 4 liter in plaats van 6 liter).

De waterbesparing (per jaar) in de woningbouw neemt ten opzichte van 1995 toe tot ongeveer 16 miljoen m<sup>3</sup> in 2000, ongeveer 55 miljoen m<sup>3</sup> in 2010 en circa 81 miljoen m<sup>3</sup> in 2020. De waterbesparing loopt dus op van circa 2% ten opzichte van het totale gebruik in de jaren



Figuur 4.1 Waterbesparing t.o.v. 1995 in de woningbouw, nieuwbouw en bestaande bouw

'90 in 2000 tot circa 10% in 2020. Toch blijft in dat jaar het watergebruik op een hoger niveau dan het was in 1980. Het watergebruik in 2020 zal dan overeenkomen met het watergebruik in de jaren 1985/86.

<sup>5</sup> MB98 Milieubalans 98. Het Nederlandse milieu verkend. Bilthoven 1998.

De waterbesparing in de nieuwbouw wordt vooral bepaald door het installeren en gebruiken van een toilet met een watergebruik van maximaal 4 liter per spoelbeurt. Hierdoor zal in 2020 t.o.v. 1995 circa 19 miljoen m<sup>3</sup> water bespaard worden. Dit is ongeveer 67% van de totale besparing in de woningniewbouw. Het installeren van individuele watermeters draagt in 2020 ongeveer 14% bij aan de waterbesparing. Op een derde plaats komt het gebruik van waterbesparende douchekoppen, met iets minder dan 10%. De overige waterbesparende maatregelen, zoals het gebruik van een regenton, gebruik van een thermostatische mengkraan voor bad/douche, doorstroombegrenzers en beperking van verlies uit leidingen zijn samen goed voor de resterende 10% van de waterbesparing in 2020.

In de bestaande woningvoorraad bestaat de top drie van waterbesparende maatregelen uit dezelfde maatregelen als de nieuwbouw. Het waterbesparende toilet levert hier een aandeel van ruim 50%, individuele watermeters zorgt voor bijna 25% en waterbesparende douchekoppen zorgen voor iets meer dan 10%. De overige maatregelen zorgen voor circa 13% van de waterbesparing, hiervan is het gebruik van een thermostatische mengkraan het grootst met een aandeel van 8%.

#### **4.1.1 Conclusies**

Ten opzichte van het watergebruik in 1995 kan in 2020 in de woningbouw 81 miljoen m<sup>3</sup> bespaard worden. Het grootste gedeelte van de waterbesparing is (logischerwijs) te behalen in de bestaande bouw. De maatregel die leidt tot de meeste besparing is het installeren van een waterbesparend toilet. Van de totale waterbesparing in de woningbouw zal deze maatregel voor 56% bijdragen. Het installeren van waterbesparende toiletten in de bestaande voorraad leidt tot een reductie van het watergebruik in 2020 van 26 miljoen m<sup>3</sup>, oftewel ruim 30% van de totale waterbesparing.

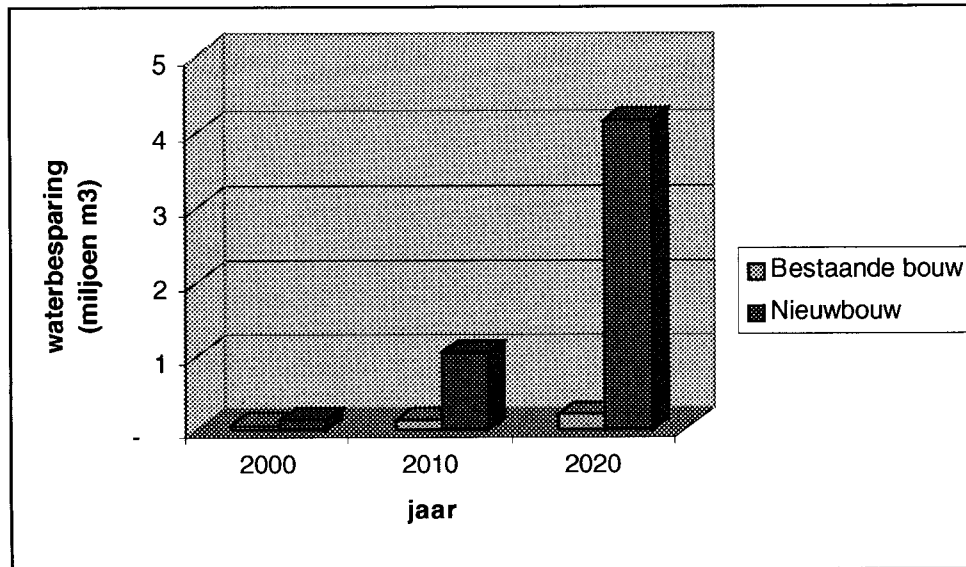
## **4.2 U-bouw**

De waterbesparing in de U-bouw kan worden bereikt door het treffen van waterbesparende maatregel (zie U383). Aan de maatregel wordt voldaan indien aanwezig zijn de volgende voorzieningen: waterbesparende toiletten, schuimstraalmondstukken, volumestroombegrenzers en indien een douche aanwezig, een waterbesparende douchekop. Andere maatregelen die ook tot waterbesparing leiden zijn bijvoorbeeld het gebruik van hemelwater voor de spoeling van toiletten, of bijvoorbeeld het gebruik (in de nieuwbouw) van een waterbesparend toilet met een spoeling van 4 liter per keer.

### **4.2.1 Algemeen**

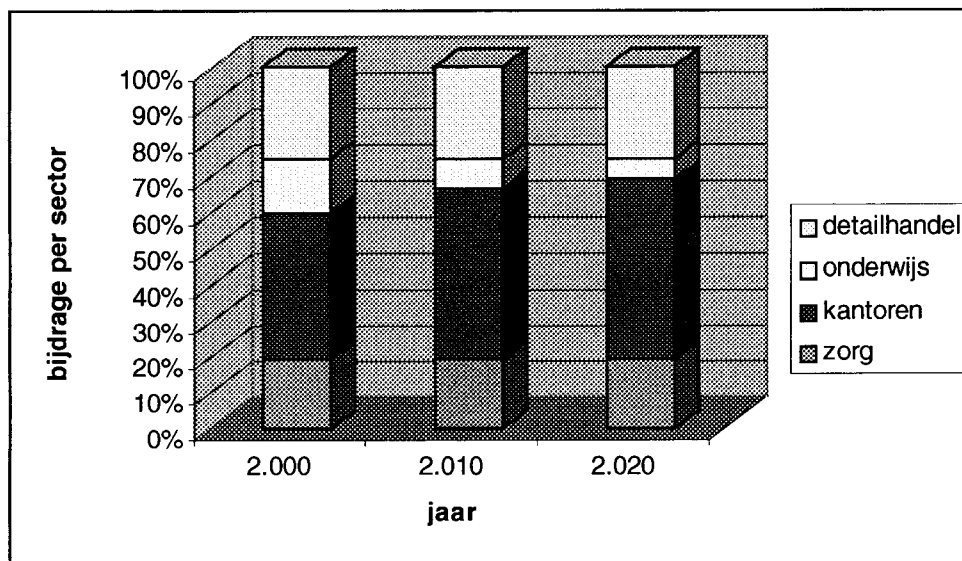
De waterbesparing in de utiliteitsbouw neemt ten opzichte van 1995 toe tot 1,2 miljoen m<sup>3</sup> in 2010 en 4,4 miljoen m<sup>3</sup> in 2020. In 2020 wordt ongeveer 3 keer zoveel water bespaard dan in 2010. Deze toename van de besparing wordt vooral in de nieuwbouw gerealiseerd door de installatie van een systeem voor het gebruik van hemelwater voor onder andere spoeling van de toiletten. Deze laatste maatregel wordt niet doorgevoerd in de bestaande bouw. In de bestaande bouw wordt alleen de maatregel ten aanzien van de waterbesparende toiletten doorgevoerd. Dit verklaart ook het grote verschil in waterbesparing tussen de bestaande bouw en de nieuwbouw. Wordt alleen gekeken naar de waterbesparing door het installeren van waterbesparende toiletten (de totale besparing in de bestaande bouw) is de besparing in de bestaande bouw 0,2 miljoen m<sup>3</sup> en ruim 0,1 miljoen m<sup>3</sup> in de nieuwbouw.





Figuur 4.2 Waterbesparing in de utiliteitsbouw, nieuwbouw en bestaande bouw

De verschillende sectoren dragen in nagenoeg constante mate als de ontwikkeling in het bruto vloeroppervlak bij aan de waterbesparing. Wel is er relatief meer gebruik per m² in de zorgsector en in mindere mate de kantoren dan de andere twee sectoren. Ook in de toekomst komen deze verschillen naar voren. De onderwijssector draagt in de toekomst in verhouding het minst bij aan de waterbesparing.

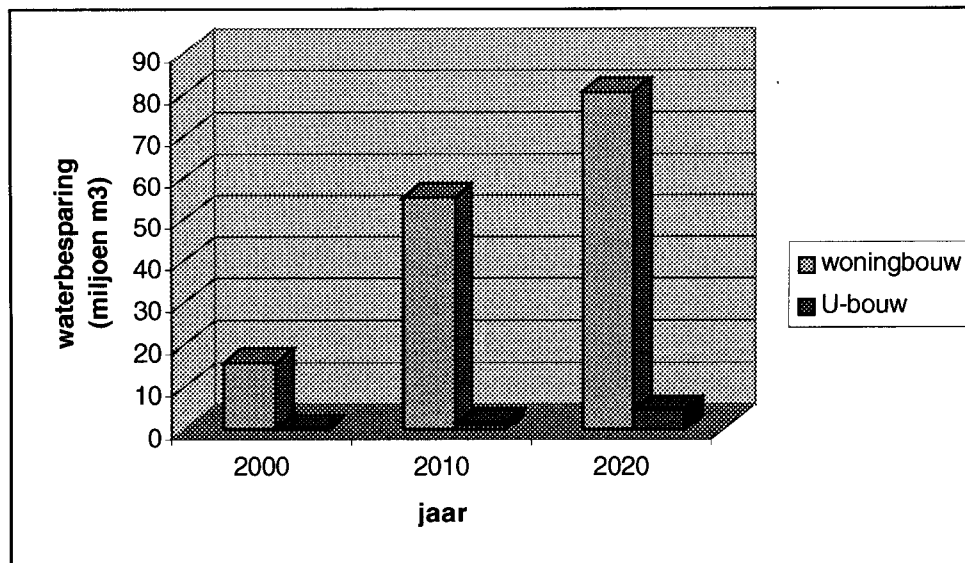


Figuur 4.3 Bijdrage aan de waterbesparing van de sectoren in de U-bouw

### 4.3 Vergelijking

De waterbesparing in de U-bouw is maar een fractie van die in de woningbouw. Enerzijds komt dit verschil door het verschil in gebruik (en functie) van woningbouw en U-bouw. Iedere woning heeft minimaal één toilet en minimaal één douche en of bad, terwijl in de U-

bouw deze voorzieningen in veel mindere mate voorkomen (met uitzondering van de zorgsector). Anderzijds komt dit verschil door verschillen in ambitieniveaus en penetratiegraden. Dit laatste uitte zich ook al in sterke mate bij de resultaten van de waterbesparing in de U-bouw. Hier kwam naar voren dat de waterbesparing in de bestaande U-bouw gering is. Deze geringe waterbesparing komt door het feit dat slechts één waterbesparende maatregel een significant effect heeft. In de woningbouw is het ambitieniveau in de bestaande bouw ook lager dan in de nieuwbouw, maar hier wordt toch een behoorlijke besparing behaald doordat niet alleen per spoelbeurt van het toilet een besparing ten opzichte van 1995 behaald kan worden, maar ook door het effect van andere maatregelen. Door het meer inzetten van waterbesparende maatregelen in de bestaande U-bouw is hier wellicht ook een verdere waterbesparing te behalen. Desalniettemin blijft het effect van waterbesparende maatregelen natuurlijk vele malen groter in de woningbouw.



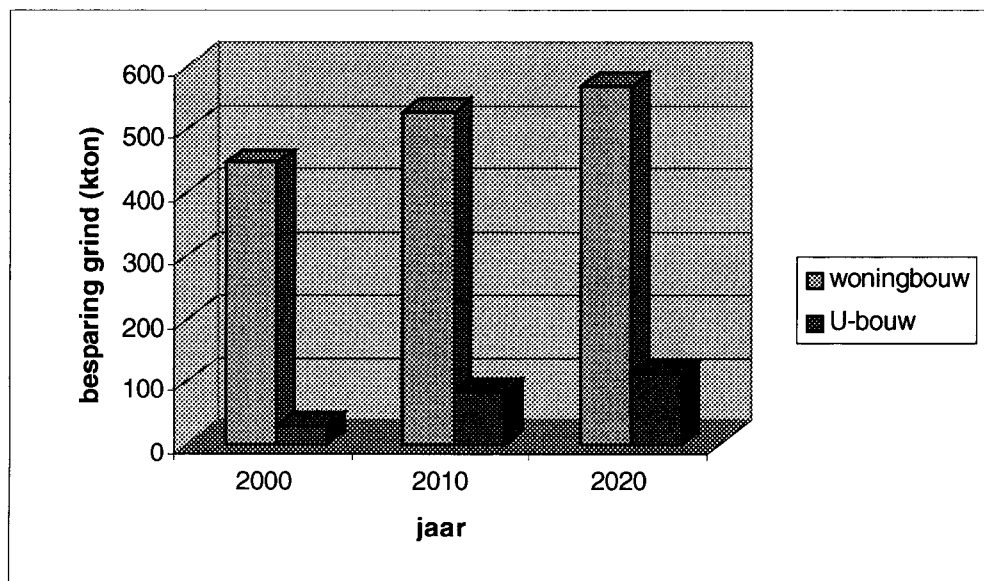
*Figuur 4.4*    *Vergelijking waterbesparing woningbouw en U-bouw*

## 5. Materialen

In dit hoofdstuk spitst zich toe op de thema's grind, vluchtige organische stoffen (VOS), koper, zink en lood, het houtgebruik en enkele overige materiaal gebonden maatregelen. Per thema vindt er een vergelijking plaats tussen de resultaten met betrekking tot de woningbouw en de U-bouw.

### 5.1 Grind

De nadruk bij het thema grind richt zich op de inzet van puingranulaat als grindvervanger in beton. Als achtergrond voor de maatregelen dient de Beleidsverklaring milieutaakstelling Bouw 1995 en het Implementatieplan bouw- en sloopafval. In dit laatste is de taakstelling opgenomen dat voor het jaar 2000 minimaal 90% van de te verwachten hoeveelheid bouw- en sloopafval dient te worden hergebruikt. Daarnaast is sinds 1997 een stortverbod van kracht voor al het herbruikbare bouw- en sloopafval. Gezien het grote aandeel beton- en metselwerk in het bouw- en sloopafval is hergebruik van beton- en metselwerk als grindvervangende granulaten noodzakelijk om genoemde milieutaakstelling te realiseren, los van het gebruik van het bouw- en sloopafval in bijvoorbeeld de wegenbouw. Volgens de betonvoorschriften<sup>6</sup> mag zonder aanvullende berekeningen in constructieve toepassingen maximaal 20% grind vervangen worden door (puin)granulaat. De in deze paragraaf geschetste grindbesparingen zijn het gevolg van maatregelen ten aanzien van Duurzaam Bouwen en kunnen derhalve afwijken van door het Ministerie van Verkeer & Waterstaat geschetste grindbesparingen.



Figuur 5.1 Besparing van grind voor woningbouw en U-bouw

<sup>6</sup> De samenstelling van beton- en menggranulaat moet voldoen aan de eisen in NEN 5905:

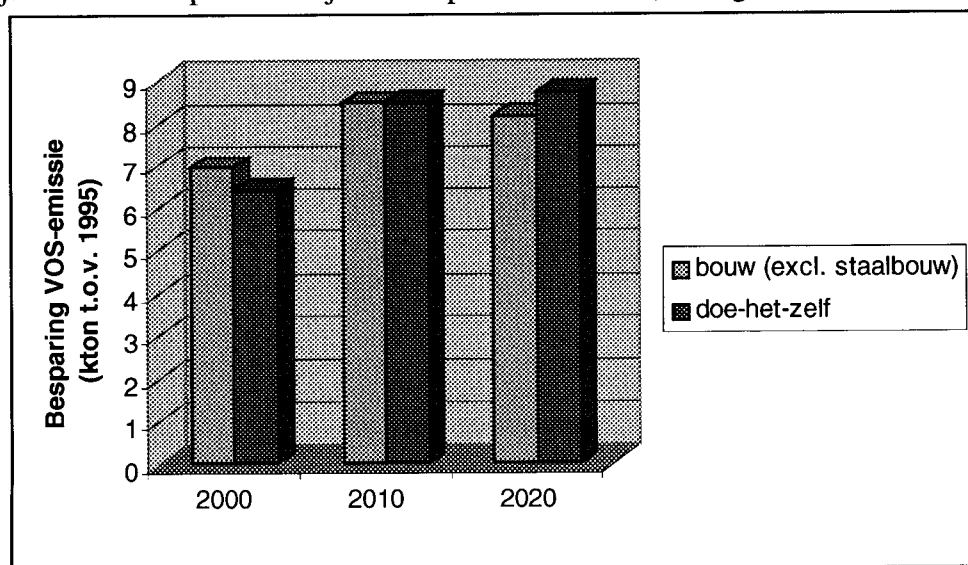
- Betongranulaat: minimaal 90% beton
- Menggranulaat: minimaal 50% beton

In niet-constructieve betontoepassingen kan zonder beperkingen vanuit de regelgeving een hoger gehalte aan granulaten gebruikt worden. Het acceptabele gehalte is afhankelijk van de functie van het betonproduct, afmetingen en vorm, blootstelling aan weer en wind, e.d.

Jaarlijks wordt in Nederland ongeveer 20.000 kton<sup>7</sup> grind gebruikt, het handelt zich hier om het totale gebruik aan grind, dus inclusief de GWW-sector. In de bouw- en utiliteitssector zal de jaarlijkse besparing aan grind oplopen van iets meer dan 2% in 2000 tot ruim 3% in 2020. De besparing van grind zal vooral plaatsvinden in de nieuwbouw (zowel voor de woning- als de U-bouw). Aangenomen is dat bij het beheer en renovatie van gebouwen geen significante hoeveelheden puingranulaat worden gebruikt. Met name tot het jaar 2000 neemt de besparing aan grind toe (tot ruim 2%), hierna neemt de besparing nog maar heel licht toe. In de woningbouw zal de besparing groter zijn dan in de U-bouw. Genoemde besparing hebben alle betrekking op besparingen als gevolg van maatregelen ten aanzien van Duurzaam Bouwen.

## 5.2 Vluchtige Organische Stoffen

De nadruk in het beleid bij de Vluchtige Organische Stoffen (VOS) ligt op de besparing van de emissie. De VOS-emissies<sup>8</sup> zijn berekend voor de professionele bouwsector (woning- en utiliteitsbouw, exclusief staalbouw) en de doe-het-zelf sector. De bouw betreft de professionele verfmarkt (schilders) en het professionele onderhoud van gebouwen. De doe-het-zelf sector betreft de particuliere verfmarkt, waar verf voor onderhoud van woningen wordt gebruikt. De berekeningen voor VOS zijn gebaseerd op de monitoringsgegevens van de V.V.V.F.<sup>9</sup> en bijstellingen die gemaakt worden in het kader van de Emissie Registratie. De gegevens van de VVVF dekken alleen de afzet van verf en direct bijgeleverde hulpmiddelen door VVVF leden. Door import van en afzet van verf en hulpmiddelen door niet VVVF leden, liggen de daadwerkelijke emissies hoger. Daarom zijn de cijfers gecorrigeerd met een correctiefactor die door de Emissieregistratie (taakgroep WESP/RIVM) wordt gehanteerd. De berekeningen betreffen zowel nieuwbouw als bestaande bouw, voor de woningbouw en U-bouw. Aangenomen is dat onder de vigerende ARBO wetgeving (plus aanscherping in 2000) het VOS-gehalte van de binnentoepassing van lakken en verven verder zal dalen tot 10% VOS in 2000. Ook van de buitentoepassing van lak en verven wordt verwacht dat in 2010 het gehalte is gedaald tot 10%. De muurverven zijn in 2000 oplosmiddel arm (VOS-gehalte 1-5%). De particuliere markt voor verf ijlt op de professionele markt na met circa 5 jaar. Kitten en pleisters zijn nu al oplosmiddelarm (VOS-gehalte 1%).



Figuur 5.2 Besparing VOS-emissie in professionele bouw (excl. staalbouw) - en doe-het-zelf sector (kton t.o.v. 1995)

<sup>7</sup> Beton & Milieu. W/E Adviseurs i.o.v. VNCI. Den Bosch 1996

<sup>8</sup> Evaluatie van verzuringsdoelstellingen. RIVM rapport in voorbereiding. 1999.

In 1995 was de emissie van VOS ruim 29 kton, waarvan bijna 15 kton in de professionele bouwsector en ruim 15 kton in de doe-het-zelf sector. In 2000 zal dit afgenomen zijn met bijna 15 kton (oftewel bijna 50%). Deze besparing zal nog verder afnemen tot bijna 17 kton ten opzichte van 1995 in het jaar 2020, dit is een afname van bijna 55%. Zoals al vermeld is de afname het grootst in de professionele bouwsector en wordt na het aanvankelijk achterblijven gevolgd door de doe-het-zelf sector.

## 5.3 Zware metalen

In deze paragraaf over zware metalen, worden koper, zink en lood behandeld, in de afzonderlijke sub-paragrafen.

De resultaten voor de emissie van de zware metalen koper, zink en lood worden als trends weergegeven. De belangrijkste reden hiervoor wordt gevormd door de beperkingen in de beschikbare gegevens, die in detaillering tekortschiet om de voorraad aan koperen, zinken en loden bouwcomponenten in de woningbouw met grote zekerheid te kunnen modelleren. Om een gevoel voor de grootte van het effect te geven is het totale geëmitteerde volume naar water in 1995 weergegeven. Bij de validatie bleken de emissievrachten uit de modelberekeningen af te wijken van wat daar tot nu toe over is gepubliceerd. Bij de gepubliceerde gegevens worden de emissievrachten toegerekend aan de bijdragende sectoren, waaronder huishoudens (c.q. de woningvoorraad). Deze berekeningsmethode benadert de emissie van zware metalen uit de bouwcomponenten dus vanuit de andere zijde dan het hier gehanteerde rekenmodel. Dit rekenmodel berekent de emissievracht op grond van het voor uitloging beschikbare oppervlak, vermenigvuldigd met specifieke uitlogingskentalen. Met andere woorden, er wordt in deze methode uitgegaan van de bouwcomponenten wat resulteert in een emissie. Kalibratie van het model op basis van de gepubliceerde gegevens stuitte in een aantal gevallen op onrealistische ontwerpfactoren. Nader onderzoek naar de daadwerkelijke emissievrachten uit de woning- en utiliteitsbouw wordt aanbevolen.

### 5.3.1 Koper

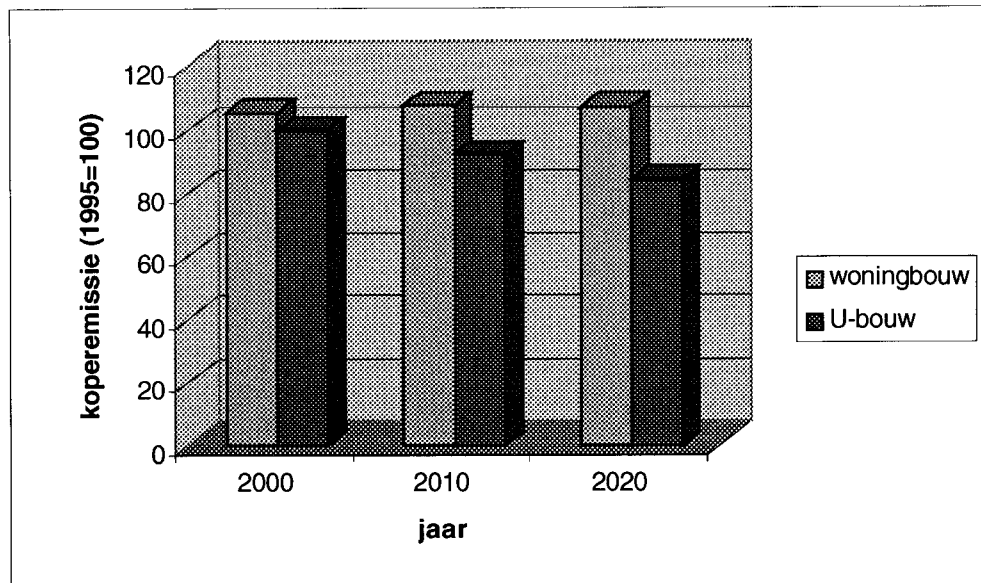
Uitloging van koper kan worden voorkomen door de waterleidingen in gebouwen te vervaardigen van kunststof. Door het gebruik van kunststofleidingen wordt de schaarse grondstof koper minder gebruikt en worden de milieubelastende emissies van koper dus beperkt. Los van het milieuvoordeel is er een bijkomend voordeel van kunststofleidingen, omdat er minder of geen hinder ondervonden wordt van waterslag (geluid). Bij de waterdistributie bedrijven bestaat momenteel al ruim tweederde van het leidingnet uit kunststof. Met uitzondering van de toestelaansluitingen is deze toepassing van kunststof in de woningbouw nog zeldzaam. Desalniettemin zijn voor het leidingnet in woningen diverse gecertificeerde producten verkrijgbaar, vervaardigd uit gemodificeerde polyethyleen, polybutheen en PVC.

De totale emissie koper naar water was ruim 200 ton in het jaar 1995 (VROM 1999). Door sloop van bestaande woningen zal de koper emissie in de bestaande woningbouw zijn afgenomen met ongeveer 11% in 2020 ten opzichte van 1995. De koper emissie in de totale woningbouw (zowel bestaand als nieuwbouw) zal met ruim 7% zijn toegenomen in het jaar 2020 ten opzichte van het jaar 1995.

In de U-bouw neemt de koperemissie af. In 2000 zal de emissie nog op hetzelfde niveau zijn als in 1995, hierna neemt deze af. In het jaar 2020 zal deze emissie met bijna 16% zijn afgenomen ten opzichte van het jaar 2000.

---

<sup>9</sup> Vereniging van Verf- en Drukinktfabrikanten Leiden. Statistieken 1997. V.V.V.F. (1997)



Figuur 5.3 Koperemissie in woningbouw en U-bouw (1995=100)

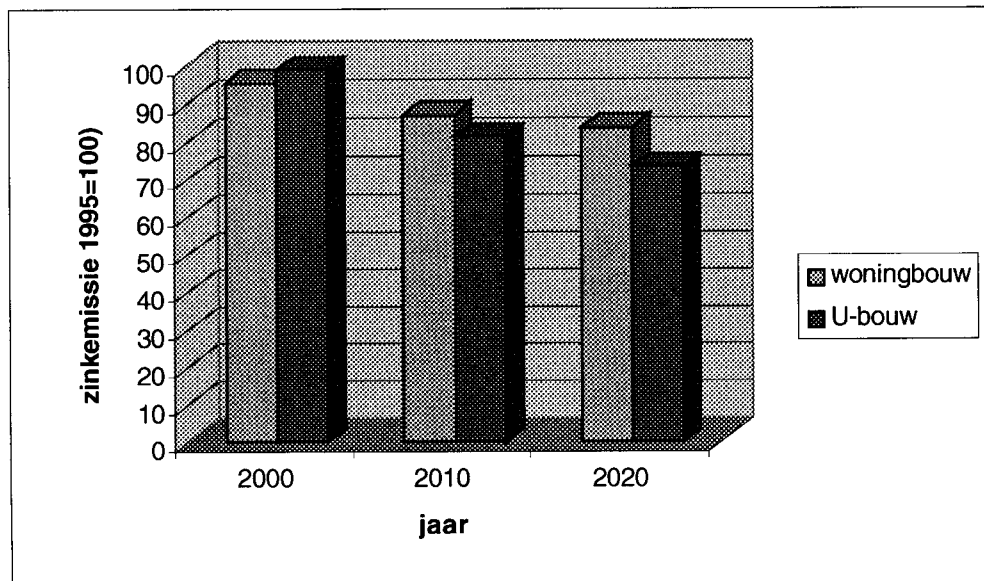
Drie zaken tussen de woningbouw en de U-bouw kunnen met name genoemd worden om het verschil in ontwikkeling te verklaren. Ten eerste is verondersteld dat de implementatie van kunststofleidingen in de woningbouw minder snel zal voortschrijden als in de U-bouw. Ten tweede ligt in de woningbouw de voorraad veel meer vast. Ongeveer driekwart van de totale woningvoorraad in 2020 is momenteel al gebouwd. In de U-bouw ligt de onttrekking van de bestaande voorraad op een hoger peil en is het aandeel nieuwe gebouwen dus groter (waardoor nieuwe of andere materialen sneller geïntroduceerd kunnen worden). Verder wordt in de bestaande U-bouw vaker gerenoveerd. Als laatste wordt in de U-bouw in veel mindere mate gebruik gemaakt van waterleidingen van koper dan in de woningbouw.

### 5.3.2 Zink

Zink wordt voornamelijk toegepast in de dakbedekking (dakgoten, regenpijpen, dakkapellen, kiezelbakken, etc.). In de bestaande bouw zijn, vanuit esthetisch oogpunt, diverse toepassingen, waarbij het gebruik van zink een zekere kwaliteitsuitstraling geeft. Hierdoor zal het gebruik van zink nooit helemaal teruggedrongen worden. Verder kent zink, zeker in afwijkende maten en vormen, een zeker toepassingsgemak boven kunststofmaterialen. Wel bestaan er inmiddels materialen die onder genormeerde condities, een lagere emissie per oppervlakte kennen. Verondersteld wordt dat door Duurzaam Bouwen een merkbare stimulans wordt gegeven aan de toepassing van alternatieve materialen (maatregel B444). Wel wordt verwacht dat er een verre van volledige verdringing van zink door alternatieve materialen zal plaatsvinden, door het esthetische - en het gebruikgemak argument.

De totale zinkemissie naar water in 1995 was 794 ton (VROM 1999). Bijna de helft hiervan is afkomstig uit de woningbouw en eenderde hiervan is afkomstig uit de HDO. De zinkemissie van zowel de woningbouw als de U-bouw zal in de toekomst afnemen. In de woningbouw neemt deze emissie af met 16% in 2020 (ten opzichte van 1995), in de U-bouw neemt deze voor dat jaar af met 27%. Zowel in de woningbouw als de U-bouw komt een deel van de afname in de zinkemissie door de sloop van bestaande gebouwen. Het grootste gedeelte van de afname komt door het verwijderen van zinken daken.

Het verschil in afname tussen de in de woningbouw en de U-bouw kan ook nu verklaard met name worden door het verschil in onttrekkingen aan de bestaande voorraad.

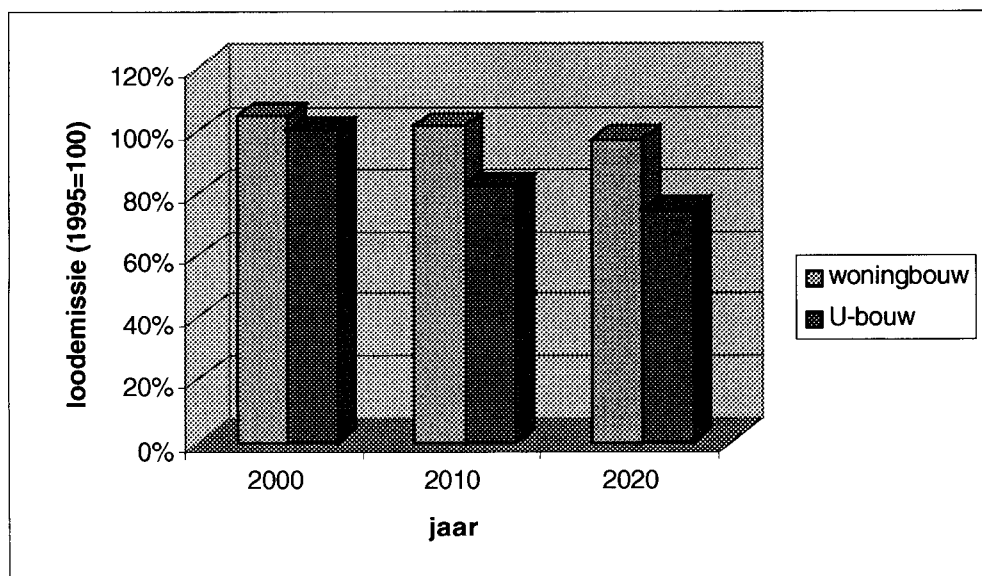


Figuur 5.4 Zinkemissie in woningbouw en U-bouw (1995=100)

### 5.3.3 Lood

Lood wordt in de bouw nog steeds toegepast als afdichtingsmateriaal en bekleding. Daar waar mogelijk dient gebruik gemaakt te worden van loodsparende materialen c.q. systemen. Maatregelen die dan genomen kunnen worden zijn ten eerste het vervangen van loden waterleidingen, nog aanwezig in het voorraadsegment gebouwd voor 1950. Verdere maatregelen zijn het gebruik van een ander waterkerend materiaal dan lood voor het dak, opengaand werk en voor aansluiting van buitenwandopeningen op kozijnen.

Doel van het (DuBo II) beleid is dat in 2005 80% van de loden waterleidingen in woningen zijn vervangen, daarmee wordt een reductie van ca. 2% op de totale emissie-uitstoot van 1995 gerealiseerd.



Figuur 5.5 Loodemissie in woningbouw en U-bouw (1995=100)

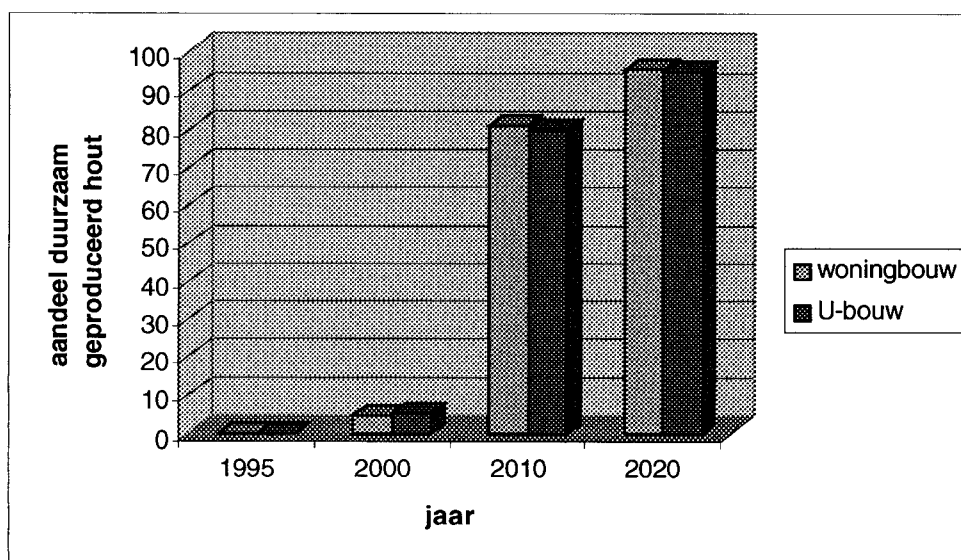
In 1995 was de totale lood emissie naar water 154 ton (VROM 1999). De loodemissie vanuit de woningbouw neemt in 2020 ten opzichte van 1995 af met bijna 3%. In de U-bouw neemt de emissie in dezelfde periode af met bijna 25%. De afname in de woningbouw komt voornamelijk door sloop en het verwijderen van loden waterleidingen. Tot 2000 is er in de woningbouw zelfs een toename van de loodemissie waar te nemen. Deze toename komt door het feit dat de diverse loodsparende maatregelen in de woningbouw pas geëffectueerd worden na 2000. Tot het jaar 2000 is er alleen in de bestaande voorraad een daling van de emissie door de verwijdering van loden waterleidingen.

In de U-bouw is er een continue afname van de loodemissie. De afname in de U-bouw komt met name door een grote afname van het gebruik van lood in de bestaande voorraad. Het grote verschil tussen de woningbouw en de U-bouw komt dus voort uit het wel doorwerken van maatregelen ten aanzien van loodsparende maatregelen in de bestaande U-bouw, tegenover het in mindere mate in de bestaande woningbouw. Zoals ook al genoemd bij de paragraaf over koper, komt dit verschil door een lager slooopercentage in de woningbouw gecombineerd met een lager 'renovatiepercentage'.

## 5.4 Hout

Nadruk bij het thema hout ligt op het gebruik van duurzaam geproduceerd hout. Onder duurzaam hout wordt hier alleen hout met certificaat (FSC dan wel Keurhout) verstaan. In het kader het duurzaam bouwen beleid wordt het gebruik van hout en in het bijzonder van duurzaam geproduceerd hout gepropageerd. Hout wordt voor velerlei toepassingen in de bouw gebruikt.

Aangenomen wordt dat het houtgebruik in de woningbouw zich op het huidige niveau zal stabiliseren, aangezien verwacht wordt dat de huidige stijging in het houtgebruik zich niet zal voortzetten (Hugli Polluck 1999). Ten aanzien van het houtgebruik in de U-bouw wordt een lichte daling verondersteld. Het zichtbare gebruik van hout in puibekleding is de laatste jaren duidelijk toegenomen. Desalniettemin is het de vraag of er van een blijvende trend gesproken mag worden of slechts van een modebeeld (de Boer 1999). Het laatste is aangenomen. Het houtgebruik in de bouw wordt vrijwel alleen in monetaire termen gemeten (EIB 1999). Op basis van beide modellen is een kwantificering van het houtgebruik gegeven. Het totale houtgebruik wordt geschat ergens tussen 2,8 en 2,9 miljoen m<sup>3</sup>. De schatting is dat ongeveer 90% van deze hoeveelheid gebruikt wordt in en voor de woningbouw en de resterende 10% in en voor de U-bouw.



Figuur 5.6 Gebruik duurzaam geproduceerd hout in woningbouw en U-bouw



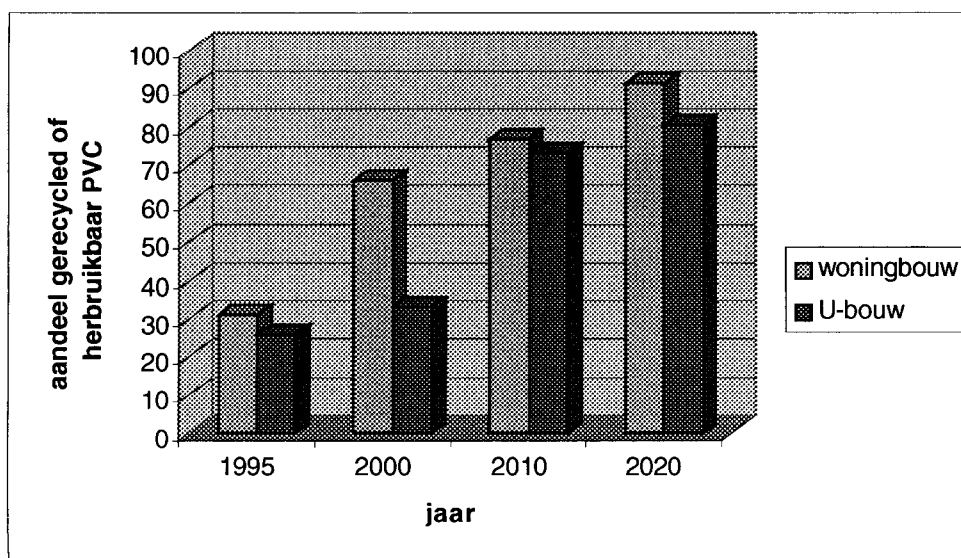
Het gebruik van (gecertificeerd) duurzaam geproduceerd hout is vooralsnog zeer laag, namelijk ongeveer 1,5% in 1998. Voor de komende jaren wordt echter een aanmerkelijke stijging verwacht (Konijnendijk 1999). In 2000 zal ongeveer 5% van het totale houtgebruik bestaan uit duurzaam geproduceerd hout. In 2010 zal dit zijn toegenomen tot ongeveer 80% en in 2020 tot 95%. De ontwikkelingen in de woningbouw en U-bouw zijn hetzelfde. Praktische belemmeringen bij de verdere toename van het gebruik van duurzaam geproduceerd hout zijn, het uitblijven van een goede certificering, het achterblijven van het aanbod en als gevolg hiervan de (significante) meerkosten, wat een verder toename (acceptatie) niet bevordert. Verdere grote praktische belemmeringen zijn de onwil van opdrachtgevers en aannemers ten aanzien van het toepassen van duurzaam geproduceerd hout en het gebrek aan kennis om gecertificeerd hout toe te passen, het huidige aanbod wordt namelijk niet volledig gebruikt.

## 5.5 Overige materialen

In deze paragraaf over 'Overige materialen' worden PVC, kunststofdakbedekkingen en gips behandeld. Het gebruik van PVC en kunststofdakbedekkingen wordt binnen het DuBo-beleid bevordert ten koste van bijvoorbeeld koper, lood en zink.

### 5.5.1 PVC

PVC wordt momenteel op een grootschalige manier toegepast in de bouw. In deze paragraaf licht de nadruk op de ontwikkeling van het gebruik van gerecycled PVC. Aangezien PVC pas sedert ongeveer 25 jaar op een grootschalige manier wordt toegepast is de hoeveelheid PVC die op dit moment vrijkomt voor hergebruik nog beperkt. Hierbij komt nog dat de levensduur van de geplaatste PVC-producten nog niet is verstreken. Gepropageerd wordt om PVC met een herbruikgarantie te gebruiken en indien mogelijk gerecycled PVC. Met de uitvoering van deze maatregel wordt het gebruik van niet vernieuwbare grondstoffen beperkt. Tussen het ministerie van VROM en de branche-organisatie is een convenant gesloten waarin de brancheverenigingen zich verplichten om mee te werken aan een goed inzamelsysteem.



Figuur 5.7 Gebruik gerecycled PVC of PVC met een hergebruikgarantie, aandeel ten opzichte van totaal jaarlijks gebruik

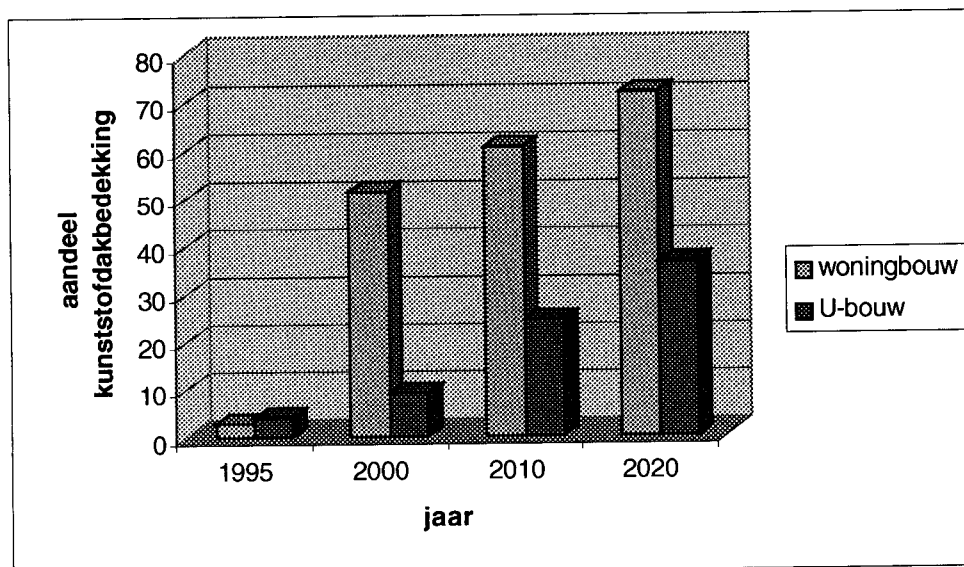
Momenteel wordt in de woningbouw voor ongeveer 30% van het totale PVC-gebruik gebruik gemaakt van gerecycled of herbruikbaar PVC. Het gebruik in de bestaande voorraad ligt op een iets lager niveau dan in de nieuwbouw. In de toekomst zal dit aandeel sterk toenemen. In 2020 wordt voor ruim 90% gebruik gemaakt van gerecycled of herbruikbaar PVC. In de nieuwbouw is het gebruik in 2020 100%, in de bestaande voorraad 80%.

In de U-bouw is het aandeel gerecycled of herbruikbaar PVC gedurende de gehele periode lager. Hier wordt momenteel voor ongeveer 25% gebruik gemaakt van gerecycled of herbruikbaar PVC. Ook hier neemt het gebruik in de toekomst duidelijk toe. In 2020 zal het gebruik van gerecycled of herbruikbaar PVC toegenomen zijn tot ongeveer 80%. In de nieuwbouw is het gebruik dan 70% en in de bestaande voorraad 100%.

Het verschil tussen de woningbouw en de U-bouw komt voort uit verschillen in ambitieniveaus. In de nieuw te bouwen woningen is voor 2020 uitgegaan van het hoogst mogelijke ambitieniveau: alle te gebruiken PVC dient gerecycled of herbruikbaar te zijn. Het aandeel gerecycled of herbruikbaar PVC in de woningbouw wordt duidelijk getemperd door de lagere penetratiegraad van deze maatregel in de bestaande woningvoorraad. In de U-bouw, wordt zowel voor de nieuwbouw als de bestaande voorraad uitgegaan van een vergelijkbare penetratie als in de bestaande woningvoorraad (wel met een iets lagere penetratie in de nieuwbouw dan in de bestaande voorraad gebouwen).

### 5.5.2 Kunststofdakbedekking

De toepassing van kunststofdakbedekkingen wordt gestimuleerd boven het gebruik van bijvoorbeeld bitumen, lood en zink. Zo worden in plaats van bitumen EPDM, APP en of SBS gemodificeerde bitumen gebruikt als platdakafdekking. Deze maatregel levert op diverse fronten milieuwinst op. Het gebruik van niet-vernieuwbare grondstoffen wordt beperkt. Er is een beperking van schadelijke emissies tijdens het productieproces. Het hergebruik wordt bevorderd. En, er vindt een beperking van materiaalgebruik plaats, aangezien de kunststoffen veelal een langere levensduur kennen dan bitumen, lood en zink.



Figuur 5.8 Aandeel gebruik kunststofdakbedekkingen in woningbouw en U-bouw

In de woningbouw is er een sterke toename van het gebruik van kunststofdakbedekkingen ten koste van bitumen. In 1995 werd in circa 3% van de gevallen een kunststofdakbedekking

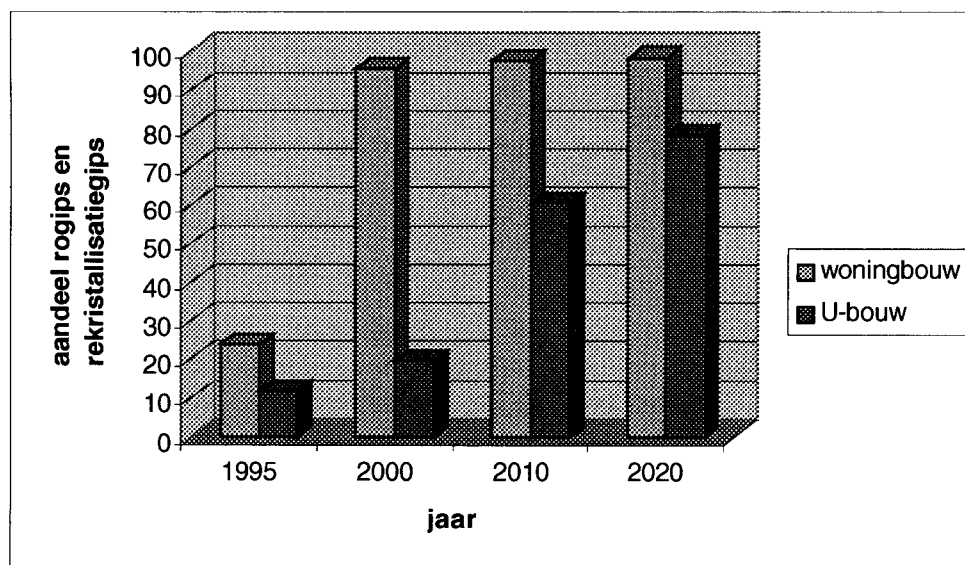
gebruikt, in 2000 is dit al toegenomen tot ruim 50%. Het aandeel kunststofdakbedekkingen is in 2020 ruim 70%.

In de U-bouw ligt de adaptatie op een iets lager peil. In 1995 was het gebruik van kunststofdakbedekkingen ongeveer 4%. In de loop der jaren neemt dit toe, tot ongeveer 37% in 2020.

Het verschil tussen de woningbouw en de U-bouw komt enerzijds door de relatief sterke adaptatie van kunststofdakbedekkingen in de woningbouw. In de U-bouw ligt de adaptatie zowel voor de bestaande bouw als de nieuwbouw op een lager niveau. Anderzijds komt het verschil doordat het materiaalgebruik in de U-bouw iets vaker esthetisch bepaald zal zijn, waardoor kunststof minder snel gebruikt zal worden.

### 5.5.3 Gips

Gips wordt in de bouw gebruikt voor beplatingstoepassingen aan plafond of wand. De DuBo-maatregelen die betrekking hebben op dit materiaal gaan uit van een bevordering bij gipstoe-passingen van andere soorten gips. Het gaat dan om rogips, natuurgips of rekristallisatie-gips<sup>10</sup>. Verder wordt ook nog gips gebruikt voor toepassing binnen, bijvoorbeeld ten behoeve van stukadoorswerk. De milieuwinst die behaald kan worden met deze maatregelen, bestaat uit de bevordering van het nuttig gebruik van (industriële) reststoffen en een betere beheer-sing van de radonconcentraties binnen woningen en gebouwen.



Figuur 5.9 Aandeel gebruik rogips en rekristallisatiegips in woningbouw en U-bouw

In de woningbouw is het aandeel rogips en rekristallisatiegips ten opzichte van totale gipsgebruik in 1995 ruim 20%. Dit neemt tot 2020 vrij sterk toe. In 2020 zal ruim 90% van het totale gipsgebruik bestaan uit rogips en rekristallisatiegips. In de nieuwbouw zal zelfs vanaf 2010 alle gips bestaan uit rogips en rekristallisatiegips. In de bestaande voorraad ligt het gebruik op een iets lager niveau (ongeveer driekwart).

<sup>10</sup> Rogips en rekristallisatiegips zijn industriële nevenproducten. Rogips ontstaat bij de reiniging van rookgassen van kolengestookte elektriciteitscentrales. Rekristallisatiegips ontstaat bij de modernste processen tijdens de productie van kunstmest. Natuurgips is een geïmporteerde primaire grondstof. Rogips, re-kristallisatie gips en natuurgips leveren in vergelijking met normaal nitrogips, fosforgips en fosforzuurgips (reststoffen van industriële processen) relatief weinig tot geen bijdrage aan de radonbelasting in het binnenklimaat van een woning c.q. gebouw..

In de U-bouw ligt het aandeel rogips en rekristallisatiegips in 1995 iets lager (12%) en blijft de gehele periode lager. In 2020 zal iets meer dan driekwart van het gipsgebruik bestaan uit rogips en rekristallisatiegips.

Het verschil tussen de woningbouw en de U-bouw komt ook hier voort uit verschillen in penetratie van de maatregel. De penetratie van rogips en rekristallisatiegips is in de woningbouw vanaf 2000 nagenoeg volledig, in de bestaande woningbouw ligt dit in 2020 rond 75%, vergelijkbaar met het niveau voor de U-bouw.

## 5.6 Conclusies

Jaarlijks wordt in Nederland ongeveer 20.000 kton grind gebruikt. De jaarlijkse besparing aan grind als gevolg van maatregelen ten aanzien van Duurzaam Bouwen zal oplopen tot ruim 3% in 2020. De besparing van grind zal vooral plaats vinden in de nieuwbouw (zowel voor de woning- als de U-bouw). Bij beheer en renovatie worden geen significante hoeveelheden puingranulaat gebruikt.

In 1995 was de emissie van VOS ruim 29 kton, waarvan iets minder dan de helft in de professionele bouwsector en iets meer dan de helft in de doe-het-zelf sector. In 2020 zal de totale VOS-emissie afgenomen tot iets minder dan 9 kton in het jaar 2020, dit is een afname van bijna 70%. De daling is het snelst in de professionele bouwsector en wordt na het aanvankelijk achterblijven gevolgd door de doe-het-zelf sector.

De totale emissie van koper in 1995 was ruim 200 ton. In de woningbouw zal de emissie van koper in de toekomst nog toenemen (met ongeveer 8%). In de U-bouw zal deze emissie dalen met ongeveer 16%. Het verschil tussen beide sectoren komt voort door de bredere penetratie van niet-koper water leidingen en het mindere gebruik van waterleidingen van koper in de U-bouw.

De totale zinkemissie naar water in 1995 was bijna 800 ton. Bijna de helft hiervan is afkomstig uit de woningbouw en eenderde hiervan is afkomstig uit de HDO. De zinkemissie van zowel de woningbouw als de U-bouw zal in de toekomst afnemen. In de woningbouw neemt deze emissie af met 16% in 2020 (ten opzichte van 1995), in de U-bouw neemt deze voor dat jaar af met 27%. Zowel in de woningbouw als de U-bouw komt een deel van de afname in de zinkemissie door de sloop van bestaande gebouwen. Het grootste gedeelte van de afname komt door het verwijderen van zinken daken.

De totale lood emissie naar water was in 1995 ruim 150 ton. De loodemissie vanuit de woningbouw neemt in 2020 ten opzichte van 1995 af met bijna 3%. In de U-bouw neemt de emissie in dezelfde periode af met bijna 25%. De afname in de woningbouw komt voornamelijk door sloop en het verwijderen van loden waterleidingen. De daling in de U-bouw komt met name door een grote afname van het gebruik van lood in de bestaande voorraad. Het grote verschil tussen de woningbouw en de U-bouw komt dus voort uit het wel doorwerken van maatregelen ten aanzien van loodsparende maatregelen in de bestaande U-bouw, tegenover het vrijwel niet in de bestaande woningbouw.

Het gebruik van (gecertificeerd) duurzaam geproduceerd hout is vooralsnog zeer laag, namelijk ongeveer 1,5% in 1998. Voor de komende jaren wordt echter een aanmerkelijke stijging verwacht. De prognose is dat in 2020 het merendeel van het te gebruiken hout duurzaam geproduceerd is. Belemmeringen bij de verdere toename van het gebruik van duurzaam geproduceerd hout zijn het uitblijven van een goede certificering, het achterblijven

van het aanbod en als gevolg hiervan de (significante) meerkosten, wat een verder toename niet bevordert, onwil ten aanzien van het toepassen van duurzaam geproduceerd hout en kennis om gecertificeerd hout volledig toe te passen.

Momenteel wordt in de woningbouw voor ongeveer 30% van het totale PVC-gebruik gebruik gemaakt van gerecycled of herbruikbaar PVC. In 2020 zal dit sterk toenemen en ligt het aandeel gerecycled of herbruikbaar PVC op ongeveer 90%. In 2020 is dit aandeel in de U-bouw iets lager dan in de woningbouw. Het verschil tussen de woningbouw en de U-bouw komt voort uit verschillen in ambitieniveaus. In de nieuw te bouwen woningen is voor 2020 uitgegaan van het hoogst mogelijke ambitieniveau: alle te gebruiken PVC dient gerecycled of herbruikbaar te zijn. Het aandeel gerecycled of herbruikbaar PVC in de woningbouw wordt duidelijk getemperd door de lagere penetratiegraad van deze maatregel in de bestaande woningvoorraad. In de U-bouw, wordt zowel voor de nieuwbouw als de bestaande voorraad uitgegaan van een vergelijkbare zij het iets lagere penetratie.

Zowel in de woningbouw als in de U-bouw zal het gebruik van kunststofdakbedekkingen ten koste van bitumen toenemen. In 1995 was het aandeel in de woningbouw circa 3%, tegenover bijna 5% in de U-bouw. In 2020 zal het aandeel kunststofdakbedekkingen in de woningbouw ruim 70% zijn, tegenover minder dan 40% in de U-bouw. Verschillen komen voort uit de hogere adaptatie in de woningbouw, en het meer gebruiken van traditionele dakbedekking in de U-bouw, vanuit esthetisch oogpunt.

In de woningbouw is het aandeel rogips en rekristallisatiegips ten opzichte van totale gipsgebruik in 1995 ruim 20%. Dit neemt tot 2020 vrij sterk toe. In 2020 zal ruim 90% van het totale gipsgebruik bestaan uit rogips en rekristallisatiegips. In de nieuwbouw zal zelfs vanaf 2010 alle gips bestaan uit uit rogips en rekristallisatiegips. In de bestaande voorraad ligt het gebruik op een iets lager niveau (ongeveer driekwart).

In de U-bouw ligt het aandeel rogips en rekristallisatiegips in 1995 iets lager (12%) en blijft de gehele periode lager. In 2020 zal iets meer dan driekwart van het gipsgebruik bestaan uit rogips en rekristallisatiegips.

Het verschil tussen de woningbouw en de U-bouw komt ook hier voort uit verschillen in penetratie van de maatregel. De penetratie van rogips en rekristallisatiegips is in de woningbouw vanaf 2000 nagenoeg volledig, in de bestaande woningbouw ligt dit in 2020 rond 75%, vergelijkbaar met het niveau voor de U-bouw.

Het verschil tussen de woningbouw en de U-bouw komt ook hier voort uit verschillen in penetratie van de maatregel. De penetratie van rogips en rekristallisatiegips zal in de woningbouw met name getemperd worden door het iets lagere gebruik in de bestaande voorraad.



## Literatuur

Auteurs	Titel	Uitgave
Bentum, F. van, Verstappen, G.G.C., Wagemaker, F.H. 1996	Watersysteemverkenningen 1996; Een analyse van de problematiek in aquatisch milieu	Riza; WSV-doelgroepstudie Bouwmaterialen
BMT 1996	Derde penetratiegraadmeting van waterbesparende voorzieningen in de woningbouw: Rapportage stand van zaken 1995-1996	Utrecht: BMT
Boer, R.C. de Bogaardt V.C.A.	Het houten kozijn, een venster naar de toekomst ('99)	Wageningen
Bouwwereld 23 maart 1998	Afzet zonneboilers verdubbeld	Bouwwereld
Bouwwereld 24 maart 1997	Groeiende vraag naar zonneboilers'	Bouwwereld
CEA 1997	Evaluatie van de verlenging van de 'gezamenlijke afspraak tussen Rijk en Koepels omtrent Energiebesparing in de bestaande woningvoorraad en 0-meting voor het convenant Duurzaam Bouwen	Rotterdam: CEA
CE Compaenen 1995 CPB	Nederlands energiebesparingsbeleid langs de meetlat Analyse bewoners gerenoveerde woningen Economie en fysieke omgeving; beleidsopgaven en oplossingsrichtingen 1995 – 2020	Delft, 1998 I.o.v. DGVH Den Haag: Centraal Planbureau
Damen 1996	Analyse milieueffecten woningvoorraad: KWR 89-91	Rotterdam: Damenconsultants
Damen 1997	De kwaliteit van de Nederlandse Woningvoorraad 1995: Resultaten van de KWR 1994-1996	Amsterdam: RIGO
Damen 1998	KWR '94-'96 Analyse Energie en Water	I.o.v. het ministerie van VROM, Novem, Energiened
DuBocentrum 1997	Regionale convenanten voor duurzaam Bouwen	Utrecht: DuBocentrum
DuBocentrum 1998	DuBo Convenanten in ontwikkeling: Een handleiding voor, en informatie uit de praktijk	Utrecht: DuBocentrum
ECN ECN	Optiedocument voor emissiereductie van broeikasgassen Het SAVE-Model, de modellering van energieverbruiksontwikkelingen	ECN/RIVM oktober '98 Petten: ECN 1994
ECN EIB 1999	Extra energiebesparing nader onderzocht Milieu en bouwproductie (1999)	Petten: ECN 1998 Amsterdam: EIB
Energie-en milieuspectrum mei 1997	Financiële instellingen worden dominant: Duurzame energie wordt BIG Business maar is het nog niet	E&M
Energie-en milieuspectrum mei 1998	Duurzame energie: In drie jaar 10.000 PV-systemen erbij	E&M
Energiened 1996	Bak 1995: Basisonderzoek Aardgasverbruik 1995	Arnhem: Energie Ned
Energiened 1997	Bak 1996: Basisonderzoek Aardgasverbruik 1996	Arnhem: Energie Ned 1997
Energiened 1998 a	Bak 1997: Basisonderzoek Aardgasverbruik 1997	Arnhem: Energie Ned 1998
Energiened 1998 b	BEK 1997; Basisonderzoek Elektriciteitsverbruik Kleinverbruikers 1997	Arnhem: Energie Ned 1998
Energiened 1998 c	BWK 1997; Basisonderzoek Warmte Kleinverbruik 1997	Arnhem: Energie Ned 1998
Energiened 1998 d	Resultaten Milieu Actie Plan energiedistributiesector 1997	Arnhem: Energie Ned
Energiened 1998 d	MAP 2000 Milieu Actie Plan Energiedistributiesector; 3 <sup>e</sup> fase	Arnhem: Energie Ned
Hugli Polluck Read Industriële Marketing Konijnendijk, C.C.	Analyse relatieve marktpositie van hout binnen een aantal PMC's Intermediate evaluation of progress in achieving the Netherlands year 2000 objective for sustainable forest management (1999)	i.o.v. ministerie VROM European Forest Institute
Kreijen, M. Vries, O.M.	Houtgebruik in nationale rekeningen	Amsterdam: EIB

Auteurs	Titel	Uitgave
MBB 1994	MBB-project' waterbesparende voorzieningen in de bouw ; afspraken pakket'	Utrecht: Milieu Beraad Bouw
Ministerie van EZ	Stimuleringsregelingen voor energiebesparing en duurzame energie	Den Haag: Ministerie van EZ
Monitoring BMB 1995	Monitoring BMB 1995	
Moorman, S.A.H., Verlinden, J. 1997	Planninggegevens Vinex-locaties 1995-2005; Actualisatie 1997	Delft: CE
NIPO 1999	Rapport hishoudelijk waterverbruik: Nederlanders gaan zuiniger met water om'	NIPO i.o.v. Vewin
NOVEM 1994	Meerjaren afspraak tussen Zonneboilerindustrie de minister van EZ, energiedistributiebedrijven , energiened, Holland Solar en Novem over de prijsreductie, financiële ondersteunign en marktstimulering van zonneboilers	Utrecht: Novem
NOVEM 1995	Zonneboilers-1995: vijf jaar zonneboilercampagne-1995: plaatsing tienduizendste zonneboiler	Utrecht: Novem
NOVEM 1996	Zonneboilers: stand van zaken begin 1996	Utrecht: Novem
NOVEM 1996	NOZ-PV: samenvatting van het programmavoorstel aan het ministerie an EZ	Utrecht: Novem
NOVEM 1997	Zonneboilers: stand van zaken begin 1996	Utrecht: Novem
NOVEM 1998	Campagne: Warmtekosten ieder zijn deel: Energiebesparing door individuele warmte meting bij Collectieve CV-installaties	
NOVEM 1998	Lage temperatuursystemen; méér comfort met minder energie	Utrecht: Novem
NOVEM 1998	Zonneboilers: stand van zaken begin 1998	Utrecht: Novem
PRC Bouwcentrum 1998	Penetratiegraad toegepaste EPN en DuBo-maatregelen in Nieuwbouwwoningen, opgeleverd in 1997	Bodegraven: PRC Bouwcentrum
RIGO 1996	Huishoudelijk watergebruik in nieuw perspectief	Amsterdam: RIGO
RIGO 1997	Duurzaam bouwen: monitoring toepassing en investeringsniveau maatregelen 1997: Concept	Amsterdam: RIGO
RIGO 1998	Basisgegevens nieuwbouw , 1990-1997: Concept	
RIVM	Milieubalans 98	
RIVM	Woningbouw, milieu-effecten van technische voorzieningen uit het plan van aanpak Duurzaam Bouwen	Bilthoven: RIVM
RIVM	Monitoring Prioritaire Afvalstoffen, gegevens 1997	
SBO 1998	Congres: Marktkansen voor Duurzame energie: marktperspectief voor energie uit zon, wind, water en biomassa	Den Haag: SBO
Staatscourant 27 mei 1998	Grootscheepse vervanging loden waterleidingen	Den Haag: Staatscourant
TNO	Handleiding Bouw-model (Milieu Effecten Bouwactiviteiten) versie 1.0	Delft TNO 1997
VROM 1995	Volkshuisvesting in cijfers 1995	
VROM 1996	Volkshuisvesting in cijfers 1996	
VROM 1997	Volkshuisvesting in cijfers 1997	Den Haag: Ministerie van VROM DGVH
VROM 1998	Volkshuisvesting in cijfers 1998	
VROM 1997	Tweede Plan van Aanpak Duurzaam Bouwen	
VROM 1997	Monitoring Duurzaam Bouwen Resultaten Plan van Aanpak 1995 - 1997	
VROM 1997	Langetermijnperspectief Duurzaam Bouwen	
VVNH	Basisrapport Marktinformatie Houtsector	Almere Buiten: VVNH
W/E 1995	Kwantificering DUBO, fase 2, deel 2	Gouda: WIE
WBO 1994	Woning Behoeftte Onderzoek	Den Haag: VROM/DGVH/Bestuursdienst



## **Bijlagen**



## Bijlage 1 Deskundigen

### 1.1 Woningbouw

Organisaties/deskundigen die een beoordeling hebben gegeven op de diagnose en prognose van de doorwerking van DUBO II maatregelen in de woningbouw, december '98/januari '99.

DHV	dhr. ing. F. van Holland
EnergieNed	dhr. Huiskamp
ERA Bouw bv	ing. A.J. Lucas
Ministerie VROM/DGVH	ir. J.G.M. Bults, (gecoördineerde reactie namens VROM)
Nationaal DUBO Centrum, Nederlands Verbond	ir. J.C. Heemrood
Toelevering Bouw (NVTB)	drs. R.A.J. Goes, Directeur
NOVEM	H.J. Vreuls (gecoördineerde reactie namens NOVEM)
Rijkswaterstaat, DWW	dhr. H. Wever, dhr. W. Zandvliet, mw. S. Mulder
RIVM	ir. J.H.C. Mulschlegel en C. Kamphuis
RIZA	dhr. Teunisse
Stichting Stuurgroep Experimenten Volkshuisvesting	drs. A.F. Gelinck
VEWIN,	dhr. A.J.A. Kock
VG Bouw	Ir. J. Eberwijn

### 1.2 U-bouw

Organisaties/deskundigen die een beoordeling hebben gegeven op de prognose van de doorwerking van DUBO II maatregelen in de utiliteitsbouw, februari – april '99

CUR en Commissieleden	R. Kerp
Damenconsultants	Ir. <del>Damen</del>
ERA Bouw	ing. A.J. Lucas
Milieudienst Tilburg	ing. P.A.J.M. Biemans
Ministerie VROM/RGD	Mw. Ir. A. Zeegers
Ministerie VWS	dhr. P. van Beusekom
NOVEM	H.J. Vreuls (gecoördineerde reactie namens NOVEM)
NVTB	drs. R.A.J. Goes
Rijkswaterstaat, DWW	Mw. S. Mulder, dhr. W. Zandvliet
RIVM	C. Kamphuis, J. Oude Lohuis
SBR	drs. Ir. J.T.H. Straatman
TU Eindhoven	Prof. Ir. P.G.S. Rutten
VEWIN	A.J.A. Kock
VG Bouw	Contactgroep Milieu



## Bijlage 2 Vergelijking resultaten vorige en huidige rapportage

Vergelijking van de resultaten van het onderzoek: "Woningbouw, milieu-effecten van technische voorzieningen uit het plan van aanpak Duurzaam Bouwen, oktober 1997" met de resultaten van dit onderzoek naar de "Milieu-effecten van het Tweede Plan van Aanpak Duurzaam Bouwen, augustus 1999".

Een vergelijking van het RIVM-rapport in 1997 en het RIVM-rapport in 1999 voor het energiegebruik voor warm tapwater en verwarming in de woningbouw in PJ, geeft het volgende beeld te zien:

<i>Tabel</i>	<i>1995</i>	<i>2000</i>	<i>2010</i>	<i>2020</i>
1997	410-420	407	366	370
1999	393	381	348	335

In het rapport van 1999 is het energiegebruik voor warm tapwater en ruimteverwarming gecorrigeerd voor de effecten van sloop. Dit is in het rapport van 1997 niet gedaan. Voor een onderlinge vergelijking, zijn de cijfers van 1997 gecorrigeerd voor sloop.

<i>Tabel</i>	<i>2000</i>	<i>2010</i>	<i>2020</i>
	-3PJ	-19PJ	-40PJ

Het energiegebruik voor 1995 was in het eerste onderzoeksrapport van 1997 hoger ingeschat. Nu zijn meer monitoringsgegevens bekend en kan het werkelijke gebruik betrouwbaarder ingeschat worden. De uitgangspositie is dus anders.

Verder valt op dat het gebouwgebonden energiegebruik in 2020 niet toeneemt, maar verder daalt. Er zijn in het Tweede Plan van Aanpak dan ook meer concrete, technische maatregelen opgenomen voor de bestaande voorraad met de komst van het Nationaal Pakket Beheer.



## Bijlage 3 Prognoses doorwerking maatregelen uit de Nationale Pakketten

### 3.1 Woningbouw

#### Energie

Penetratie energie maatregelen DuBo II		1995	2000	2010	2020
Nieuw- ouw					
S009	Tochtportaal entreezijde/tuinzijde	10%	15%	15%	20%
S011	Galerij, loggia of balkon dichtzetten met glas	8%	24%	25%	26%
S012	Begane grondvloer $R_c \geq 3$ m <sup>2</sup> K/W	12%	62%	2%	1%
S013	Gevels $R_c \geq 3$ m <sup>2</sup> K/W	10%	62%	2%	1%
S014	Dakisolatie $R_c \geq 3$ m <sup>2</sup> K/W	15%	39%	9%	2%
S016	HR-glas in alle verwarmde ruimten	40%	84%	100%	100%
S017	Rolluiken toepassen	1%	2%	4%	7%
S024	Individuele meting van energiegebruik voor verwarming en warm tapwater	6%	21%	13%	13%
S033	Zonneboiler	3%	20%	30%	40%
S037	Pas een laagtemperatuur verwarmingssysteem toe	0%	2%	10%	16%
S038	Geïsoleerde leidingen voor warm tapwater	33%	7%	67%	67%
S042	Isoleer de cv-leidingen in onverwarmde ruimten	90%	100%	100%	100%
S378	Individuele watermeters in laagbouw- en gestapelde woningen	88%	95%	100%	100%
S385	Toilet met watergebruik van maximaal 4 liter/spoeling	10%	55%	74%	75%
S445	Regenton	2%	6%	14%	22%
S451	Gebruik een thermostatische mengkraan voor de douche	10%	26%	45%	45%
S472	Pas gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning toe	1%	4%	50%	60%
S473	Pas zelfregelende ventilatieroosters toe	15%	20%	34%	40%
S478	Plaats een zonnecelinstallatie	1%	4%	9%	33%
S479	Plaats een zonnecelinstallatie met extra vermogen	0%	0%	7%	59%
S484	Installeer energiezuinige lift	20%	43%	65%	65%
S494	Begane grondvloer met $RC > 3,5$ m <sup>2</sup> .K/W	0%	20%	98%	99%
S495	Gevels met $RC > 3,5$ m <sup>2</sup> .K/W	0%	20%	94%	95%
S496	Dakisolatie met $RC > 4$ m <sup>2</sup> .K/W	0%	26%	90%	97%
S860	Waterbesparende douchekoppen (50 %)	60%	85%	95%	95%
S861	Doorstroombegrenzers (50 %)	25%	33%	47%	61%
S863	Beperking leiding verlies (15 %)	10%	78%	80%	80%
Nieuw- bouw	Warmteopwekking Ruimteverwarming cohort	1995	2000	2010	2010
	Stadsverwarming	1%	21%	6%	6%
	Warmtepomp	0%	2%	10%	10%
	Vr_ketel	49%	10%	0%	0%
	Hr_ketel	50%	67%	84%	84%
Nieuw- bouw	Warmteopwekking Tapwateropwekking cohort	1995	2000	2010	2010
	Vr_combi_ketel	49%	10%	0%	0%
	Hr_combi_ketel	47%	47%	54%	54%
	Warmtekrachttoestel	1%	21%	6%	6%
	Warmtepomptoestel	0%	2%	10%	10%
	Zonneboiler	3%	20%	30%	30%
Bestaande voorraad					
B012	Begane grondvloer $R_c \geq 3$ m <sup>2</sup> K/W	0%	3%	22%	36%
B013	Gevels $R_c \geq 3$ m <sup>2</sup> K/W	0%	6%	43%	72%
B014	Dakisolatie $R_c \geq 3$ m <sup>2</sup> K/W	0%	12%	86%	86%
B016	HR-glas in alle verwarmde ruimten	1%	15%	27%	30%
B024	Individuele meting van energiegebruik voor verwarming en warmtapwater	95%	99%	100%	100%

		1995	2000	2010	2020
Penetratie energie maatregelen DuBo II					
B033	Zonneboiler	0%	0%	0%	7%
B037	Pas een laagtemperatuur verwarmingsysteem toe	0%	0%	0%	0%
B038	Geïsoleerde leidingen voor warm tapwater	27%	43%	67%	67%
B042	Isoleer de cv-leidingen in onverwarmde ruimten	27%	43%	67%	67%
B378	Individuele watermeters in laagbouw- en gestapelde woningen	92%	96%	100%	100%
B384	Leidinglengte beperken	0%	1%	3%	5%
B385	Toilet met watergebruik van maximaal 4 liter/spoeling	3%	4%	34%	57%
B386b	Doorstroombegrenzers	0%	5%	35%	58%
B386c	Douchekoppen	32%	47%	53%	80%
B451	Thermostatische mengkraan voor de douche	5%	22%	45%	45%
B472	Pas gebalanceerde ventilatie met warmte terugwinning toe	1%	5%	5%	6%
B473	Pas zelfregelende ventilatieroosters toe	0%	1%	2%	3%
B478	Plaats een zonnecelinstallatie	0%	0%	1%	2%
B479	Plaats een zonnecelinstallatie met extra vermogen	0%	0%	0%	2%
B484	Installeer energiezuinige lift	1%	3%	9%	15%
B500a	Begane grondvloer $R_c \geq 1,3 \text{ m}^2\text{K/W}$	28%	33%	29%	30%
B500b	Gevels $R_c \geq 1,3 \text{ m}^2\text{K/W}$	59%	58%	31%	12%
B500c	Dakisolatie $R_c \geq 1,3 \text{ m}^2\text{K/W}$	54%	52%	1%	14%
Bestaand Opwekkingsmix ketels		1995	2000	2010	2020
Stadsverwarming		3%	3%	3%	3%
Nr_ketel		26%	9%	1%	0%
Vr_ketel		31%	30%	25%	19%
Hr_ketel		14%	40%	63%	78%
Lokaal		14%	7%	0%	0%
Collectief-nr		12%	12%	8%	0%
		100%	101%	100%	100%
Bestaand Opwekkingsmix tapwater		1995	2000	2010	2020
Electrische_boiler		12%	10%	7%	3%
Geiser		43%	20%	5%	0%
Vr_combi_ketel		31%	30%	25%	19%
Hr_combi_ketel		14%	40%	59%	71%
Zonneboiler met hr-bijstook		0%	0%	4%	7%
		100%	100%	100%	100%

## Water

Penetratie water maatregelen Dubo II		1995	2000	2010	2020
Nieuwbouw					
S378	Individuele watermeters in laagbouw- en gestapelde woningen	88%	95%	100%	100%
S385	Toilet met watergebruik van maximaal 4 liter/spoeling	10%	55%	74%	75%
S445	Regenton	2%	6%	14%	22%
S451	Gebruik een thermostatische mengkraan voor de douche	10%	26%	45%	45%
S860	Waterbesparende douchekoppen	60%	85%	95%	95%
S861	Doorstroombegrenzers	25%	33%	47%	61%
S863	Beperking leiding verlies	10%	78%	80%	80%
Bestaande voorraad					
B378	Individuele watermeters in laagbouw- en gestapelde woningen	92%	96%	100%	100%
B384	Leidinglengte beperken	0%	1%	3%	5%
B385	Toilet met watergebruik van maximaal 6 liter/spoeling	3%	4%	34%	57%
B386b	Doorstroombegrenzers	0%	5%	35%	58%
B386c	Douchekoppen	32%	47%	53%	80%
B451	Thermostatische mengkraan voor de douche	5%	22%	45%	45%



## 3.2 U-bouw

In de tabel wordt per set van maatregelen aangegeven verwezen naar of maatregelen verdrongen of concurrerend zijn. De volgende codes worden gehanteerd:

- v. maatregelen kunnen verdrongen worden door een beter alternatief
- nv maatregelen kunnen niet verdrongen worden door een beter alternatief
- a,b,c drie categorieën van maatregelen die concurrerend zijn en elkaar onderling uitsluiten

	1995	2000	2010	2020
Nieuwbouw				
Energie, nieuwbouw, laag (v)	11%	35%	8%	0%
U012				
U013				
U014				
U015				
U016				
Energie, nieuwbouw, laag (nv)	11%	35%	99%	100%
U038				
U042				
U048				
U383				
U606				
U608				
Energie, nieuwbouw, midden	0%	10%	66%	35%
U494				
U495				
U496				
U499				
U504				
U605				
Energie, nieuwbouw, hoog a	10%	10%	12%	30%
U033				
U040				
Energie, nieuwbouw, hoog b	5%	5%	7%	25%
U037				
U479				
U480				
U494				
U495				
U496				
U499				
U504				
U605				
U018				
Energie, nieuwbouw, hoog c	5%	5%	7%	20%
U041				
U634				
U651				
U018				
U494				
U495				

		1995	2000	2010	2020
U496	maak warmteweerstand hellend dak $R_c \geq 4,0$ $m^2.K/W$				
U499	maak warmteweerstand plat dak $R_c \geq 4$ $m^2.K/W$				
U504	Gebruik HR++-glas met $U \leq 1,2$ $W/m^2.K$ in alle verwarmde ruimten				
U605	maak gebruik van natuurlijke ventilatie (indien technisch mogelijk)				
<b>Bestaand</b>					
<b>Energie, bestaande bouw, laag</b>					
		5%	6%	27%	35%
U012	maak warmteweerstand begane grondvloer $R_c \geq 3$ $m^2.K/W$				
U014	maak warmteweerstand hellend dak $R_c \geq 3$ $m^2.K/W$				
U015	maak warmteweerstand plat dak $R_c \geq 3$ $m^2.K/W$				
U016	Gebruik HR+-glas met $U \leq 1,6$ $W/m^2.K$ in alle verwarmde ruimten				
U383	tref waterbesparende voorzieningen				
<b>Energie, bestaande bouw, midden</b>					
		2%	3%	19%	25%
U013	maak warmteweerstand gesloten geveldelen $R_c \geq 3$ $m^2.K/W$				
U038	isoleer de leidingen voor warm tapwater volledig				
U040	Gebruik cv/warmwatertoestel met zeer hoog rendement (niet met U037/480)				
U042	isoleer cv- en distributieleidingen				
U504	Gebruik HR++-glas met $U \leq 1,2$ $W/m^2.K$ in alle Verwarmde ruimten				
U608	pas warmteterugwinning toe bij mechanische ventilatie				
U615	pas meerdere kleine ketels toe in plaats van één grote				
<b>Energie, bestaande bouw, hoog</b>					
		0%	1%	7%	10%
U018	isoleer scheidingsconstructies tussen verwarmd gebied en een onverwarmd gebied op een niveau $R_c \geq 2$ $m^2.K/W$				
U033	plaats een zonneboiler				
U037	pas een laagtemperatuur verwarmingssysteem toe (in comb. Met U480)				
U041	zorg voor een aansluiting op een warmtedistributienet (indien mogelijk)				
U479	plaats een zonnecelinstallatie met extra vermogen				
U494	maak warmteweerstand begane grondvloer $R_c \geq 3,5$ $m^2.K/W$				
U495	maak warmteweerstand gesloten geveldelen $R_c \geq 3,5$ $m^2.K/W$				
U496	maak warmteweerstand hellend dak $R_c \geq 4,0$ $m^2.K/W$				
U499	maak warmteweerstand plat dak $R_c \geq 4$ $m^2.K/W$				
U605	maak gebruik van natuurlijke ventilatie (indien technisch mogelijk)				

## Bijlage 4 Effecten van niet in het onderzoek betrokken Dubo II energiemaatregelen

### 4.1 Woningbouw

#### Nieuwbouwwoningen

Voor de maatregelen die niet meegenomen worden in de modellering gelden de volgende indicaties voor de procentuele besparing van gas voor ruimteverwarming en elektra voor verlichting en huishoudelijke apparatuur. Met nadruk wordt gewezen op het feit dat deze maatregelen niet voor ieder type woning gelden (zoals S007, S048 en S482). Bovendien zal de serre maar in een beperkt aantal gevallen overwogen worden. Als rekening gehouden wordt met het niet van toepassing zijn van enkele maatregelen bij bepaalde type woningen en aangenomen wordt dat de maximum penetratie van serres van 20% is dan is de maximale invloed van de niet in de modellering meegenomen maatregelen op het gasverbruik lager dan 10% en de maximale invloed op het elektra verbruik lager dan 5%. Aangezien de maatregelen in praktijk nooit volledig zullen penetreren en soms zelfs maar beperkt zullen worden toegepast is te verwachten dat de invloed van de niet in beschouwing genomen maatregelen aanzienlijk lager is dan de genoemde 10% en 5%.

#### *Niet meegenomen energiebesparing nieuwbouw woningen*

Code	Maatregel	Potentiële Besparing Gasgebruik	Potentiële Besparing Elektriciteitsgebruik
S007	Geen open trap woonkamer (eg)	1%	
S008	Bied de mogelijkheid voor een gesloten keuken aan	1%	
S027	Optimaliseer dag licht toetreding	1%	
S030	Daglicht toetreding bergingen		1%
S031	Verhoogd aandeel glas oppervlak plafond	Zie S027	
S032	Maak ontwerp geschikt voor zonne-energie	5%	
S036	Warmwateraansluiting voor wasmachine en vaatwasmachine		2%
S048	Hoogrendement HF armaturen voor collectieve verlichting (mg)		2%
S482	Maak een serre aan de woning (eg)	10%	
S491	Energiebesparende regelingen voor verwarming en ventilatie	Onbekend	
S497	Plaats inregelvoorziening t.b.v. verwarmingsinstallatie	Onbekend	
S498	Goede inregeling verwarmingsinstallatie	Onbekend	
	Totale maximale besparing	<10%	<5%
	Bij correctie voor verwachte toepassing	<<10%	<<5%

#### Bestaande woningen

De potentiële besparingen van energie in bestaande woningen zijn hoger dan in nieuwbouwwoningen. Dit geldt ook voor de maatregelen die niet gemodelleerd zijn. Veel maatregelen zijn in bestaande woningen aanzienlijk moeilijker te treffen. Wanneer aangenomen wordt dat de meeste niet gemodelleerde maatregelen niet of niet meer dan 20% zullen penetreren dan blijft de afwijking van de te berekenen besparingen onder de 5%.

#### *Niet meegenomen energiebesparing bestaande woningen*

Code	Maatregel	Potentiële Besparing Gasverbruik	Potentiële Besparing Elektriciteitsgebruik
B005	Hef koudebruggen op	2%	
B007	Pas geen open trap in de woonkamer toe (eg)	1%	
B008	Bied de mogelijkheid voor een gesloten keuken aan	1%	

Code	Maatregel	Potentiële Besparing Gasverbruik	Potentiële Besparing Elektriciteits- gebruik
B009	Neem een tochtportaal op voorzijde (eg)	1%	
B009	Neem een tochtportaal op tuinzijde (eg)	1%	
B011	Zet galerij, loggia of balkon dicht met (enkel) glas (mg)	1%	
B018	Isoleer scheidingsconstructies tussen een verwarmd gebied en een onverwarmd gebied (niet algemeen)	1%	
B019	Pas verbeterde kierdichting toe bij bewegende delen in kozijnen		
B020	Breng een brievenbus met verbeterde tochtwerendheid aan	Zie B049	
B022	Isoleer kruipluiken en zorg voor een goede afdichting (eg)	Zie B049	
B030	Zorg voor daglichttoetreding in bergingsgangen van meergezinswoningen		1%
B031	Breng een verhoogd aandeel van het glasoppervlak dichtbij het plafond aan	1%	
B032	Maak het gebouwoontwerp en het installatieontwerp geschikt voor het gebruik van zonne-energie	10%	
B036	Voorzie in een warmwateraansluiting voor een vaatwasmachine		2%
B046	Beperk het ventilatorvermogen t.b.v. mechanische ventilatie	3%	
S048	Hoogrendement HF armaturen voor collectieve verlichting (mg)		2%
B049	Breng ventilatie op niveau Bouwbesluit (nieuwbouw)	5%	
B050	Optimaliseer het ontwerp op leidinglengtes	1%	
B482	Maak een serre aan de woning (eg)	5%	
B491	Gebruik energiebesparende regelingen voor verwarming en ventilatie	Onbekend	
	Totale maximale besparing	<30%	<5%
	Bij correctie voor verwachte toepassing	<5%	<4%

## 4.2 Utiliteitsbouw

Tijdens de uitvoering van het onderzoek is gebleken dat de volgende maatregelen in tegenstelling tot de eerder gerapporteerde zeefstap wel in het model opgenomen kunnen worden:

- maak gebruik van alternatieve koelsystemen
- voer vloersparingen en -aansluitingen in constructies luchtdicht uit
- gebruik energie-efficiënte verlichting
- maak gebruik van optimaliseringsregelingen voor verlichting

### *Niet meegenomen energiebesparing Utiliteitsbouw*

code	Omschrijving	Potentiële Besparing Gasverbruik	Potentiële Besparing Elektriciteits- gebruik
U036	Voorzie in een warmwateraansluiting voor een vaatwasmachine		
	Vaatwasser vullen met warm water (opwekking via gas en HR)	0.0%	2.2%
	Vaatwasmachine aansluiten op warmwatercircuit	0.1%	3.2%
		0.0%	2.5%
U022	Isoleer kruipluiken en zorg voor een goede afdichting/		
U019	Pas verbeterde kierdichting toe bij bewegende delen in kozijnen		
	Kierdichting verbeteren/aanbrengen	0.2%	0.0%
		0.2%	0.0%
U612	Maak voor ventilatoren en pompen gebruik van een (elektronische) toerenregeling		
U046	Beperk het ventilatorvermogen t.b.v. mechanische ventilatie		
	Toerentalregeling ventilator toepassen (mech. Vent.)	0.3%	1.4%
	Bijstellen toerentalregeling ventilator (mech. Vent.)	1.8%	0.0%
		0.4%	1.3%
U619	Pas een gebouwbeheersysteem toe (GBS)		
	Installeren gebouwbeheersysteem	2.7%	2.9%
		2.7%	2.9%

code	Omschrijving	Potentiële Besparing Gasverbruik	Potentiële Besparing Elektriciteits gebruik
U715	Voorkom gelijktijdig koelen en verwarmen Het voorkomen van gelijktijdig koelen en verwarmen, "dode zone" ingeven	1.2% 1.2%	1.0% 1.0%
U416	Pas geïntegreerde buitenzonwering toe Buitenzonwering aanbrengen	0.0% 0.0%	0.6% 0.6%
U050	Optimaliseer het ontwerp op leidinglengtes Decentraliseren warmtapwateropwekking (beperken leidinglengten) Centraliseren warmtapwateropwekking (beperken leidinglengten)	5.6% 0.0% 1.4%	0.0% 0.0%
U024	Pas individuele registratie van het energieverbruik toe Energieverbruiken registreren en beoordelen	0.9% 0.9%	1.9% 1.9%
U443	Lever een duidelijke gebruikershandleiding mee Instructie juist gebruik van installaties	1.6% 1.6%	1.5% 1.5%
U676	Zorg voor afzuiging van warmte afkomstig van verlichting Stem de ventilatie-hoeveelheid af op het gebruik Ventilatie uitschakelen na gebruik ruimten		1.6% 1.6%
U009	Neem een tochtportaal op Plaatsen van tochtsluizen bij toegang Afstelling tochtsluizen verbeteren	0.5% 0.4% 0.5%	
U709	Stem ruimtetemperatuur af op de aanwezigheid van personen Plaats binnentemperatuuropnemers verbeteren (juiste ref.vertrek(ken)) (verwarming) Optimaliseringsregeling aanbrengen (verwarming)	0.0% 0.7% 0.6%	0.0% 1.2% 1.2%
	Schattingen:		
U601	Beperk permanente warmteverliezen van warm tapwater	0.8%	
U618	Deel het ventilatiesysteem en de verlichting op in gebouwdelen	Onbekend	
U680	Indien luchtbevochtiging toegepast wordt: kies voor ultrasone of infrasone luchtbevochtiging	Onbekend	
U698	Verbeter de luchtverdeling door beter inregelen	Onbekend	
U005	Hef koudebruggen op	2.0%	
U028	Optimaliseer het gebouw ontwerp op daglichttoetreding en visueel comfort		1.0%
U378	Breng individuele watermeters aan bij meerdere gebruikers in een gebouw	Onbekend	
U498	Zorg voor een goede inregeling van de verwarmingsinstallatie	Onbekend	
U603	Pas een niet verwarmde grote glasoverkapte ruimte toe	Onbekend	
U657	Zorg voor een daglichtfactor op de werkplek van ten minste 3%	zie opt. Daglicht toetreding	
	Totaal maximaal besparingspotentieel	9,8%	13,9%
	Bij correctie voor verwachte toepassing	<5%	<5%
	Onder voorbehoud opgenomen in energiemodule:		
U622	Maak gebruik van een weersafhankelijke regeling	0,9%	0,4%
	Totaal maximaal besparingspotentieel (inclusief U622)	10,6%	14,2%

## Conclusie

De verwachting van de afwijking van de te berekenen energiebesparingen door het niet opnemen van bepaalde maatregelen in het model blijft voor wat betreft bestaande woningen en utiliteitsbouw onder de 5%. De besparing van het aardgasverbruik voor ruimteverwarming kan grotere afwijkingen vertonen.



## Bijlage 5 Modellen

Het RIVM heeft door TNO beleidsondersteunend instrumenten laten ontwikkelen, waarmee diverse maatregelen uit de Nationale Pakketten Duurzaam Bouwen doorgerekend kunnen worden. Tot dusver zijn er twee modellen ontwikkeld. Ten eerste een model voor de woningbouw, en ten tweede een model voor de utiliteitssector. Beide modellen zijn in een Excel-omgeving ontwikkeld, en zijn, voor een ingevoerde gebruiker, te gebruiken om eigen berekeningen te maken. Door de gedetailleerdheid van zowel invoer als uitvoer, zijn de modellen niet direct handzaam voor en te gebruiken door een geïnteresseerde leek.

In de modellen worden berekeningen uitgevoerd met betrekking tot de thema's energie, water en materialen.

### 5.1 Beschrijving woningbouw

Voor de berekeningen ten behoeven van het model woningbouw is de woningvoorraad ingedeeld naar 35 representatieve standaardobjecten. De woningvoorraad wordt op basis van bepaalde verdeelsleutels (gebaseerd op CBS-data) ingedeeld naar een- en meergezinswoningen. Vervolgens worden deze hoofdtypen nog verder verdeeld naar type woning, zoals portiekwoning, maisonnette, galerijflat, etc. Deze indelingen zijn gebaseerd op gegevens uit de Kwalitatieve Woning Registratie. Hierna vindt een verdeling naar bouwwijze plaats. Deze verdeling is gebaseerd op literatuur en inschattingen door deskundigen. Bij deze verdeling wordt een onderscheid gemaakt naar 14 bouwperiodes.

Op deze wijze worden 35 standaardobjecten onderscheiden. Van deze standaardobjecten is op basis van bestekken een inschatting gemaakt van de technische prestaties en het materiaalgebruik. In het model wordt geen onderscheid gemaakt tussen huur of koop, en naar type verhuurder.

Voor ieder standaardobject is per prognose tijdvak (steekjaren 2000, 2010 en 2020) een penetratie gegeven van installatievoorzieningen en materiaalgebruik op maatregelniveau met 1995 als basisjaar.

Door nu de uitgangssituatie te vergelijken met een situatie, waarin de penetratiegraden zijn aangepast aan de doorwerking in dat jaar, worden de resultaten (verwachte effecten) gegenereerd.

In de berekeningen voor de woningbouw worden de volgende zaken berekend:

- energieeffecten (bij het energiegebruik wordt uitgegaan van ruimteverwarming en warm tapwater),
- waterverbruik, en
- materialen (gebruik van grind en puingranulaat, emissies van koper, zink en lood, gebruik van hout, en gebruik van overige materialen).

Bij de berekeningen van het energiegebruik wordt er dus geen rekening gehouden met het gebruik van apparatuur, zowel wit- als bruingoed. Ontwikkelingen hierin zullen natuurlijk het energiegebruik per woning beïnvloeden, maar zijn niet meegenomen in de modellering, daar zij geen onderdeel uitmaken van Duurzaam Bouwen.

### 5.2 Beschrijving U-bouw

Het model voor de U-bouw is op een soortgelijke manier opgebouwd als het model voor de woningbouw. De volgende HDO-sectoren worden onderzocht:

- Zorgsector

- Onderwijs
- Kantoren
- Detailhandel

De huidige voorraad aan gebouwen in de U-bouw is ingedeeld naar een gebouwcluster. Een gebouwcluster is een gedeelte van de voorraad van een deelsector binnen een bouwperiode en afmetingenrange. Elke sector heeft ongeveer 2 tot 6 deelsectoren. De deelsectoren zijn onderscheiden om binnen de indelingen van de gebouwen naar sectoren zoveel mogelijk consistente gebruikersgroepen te onderscheiden. Per deelsector worden 28 tot 99 gebouwclusters onderscheiden. De gebouwclusters variëren naar bouwperiode en omvang van het gebouw.

Voor alle onderscheiden gebouwclusters is een inschatting gemaakt van het huidige energiegebruik, waterverbruik en het gebruik aan andere materialen.

Ten aanzien van het energiegebruik wordt, in tegenstelling tot de woningbouw, ook het elektriciteitsgebruik van kantoorapparatuur en dergelijke meegerekend. Het gebruik van deze apparatuur is onlosmakelijk verbonden aan de gebouwfunctie en heeft tevens een sterke invloed op het binnenklimaat in het gebouw. Bij de prognose worden er geen (kwalitatieve) ontwikkelingen ten aanzien van het gebruik verondersteld, anders dan de (kwantitatieve) ontwikkelingen met betrekking tot het bruto vloeroppervlak.

Ten aanzien van de maatregelen wordt in het model een onderscheid gemaakt naar ambitieniveaus. Deze ambitieniveaus komen zoveel mogelijk overeen met ambities die ontwikkelaars en gebruikers ten aanzien van milieumaatregelen nemen. Binnen deze ambitieniveaus zijn de penetratiegraden van de diverse maatregelen gemodelleerd. Dit onderscheid in ambitieniveaus sluit aan bij het denken van besluitvormers (wordt er wel of niet een ambitieus energiebesparingsbeleid gevoerd).

De maatregelen uit het pakket Utiliteitsbouw zijn ingedeeld in 3 ambitieniveaus. Dit zijn maatregelen die een vergelijkbare penetratiecurve in de tijd laten zien. Het zijn maatregelen die een vergelijkbare inspanning kosten om ingevoerd te worden.

Drie niveaus worden onderscheiden, te weten, laag, midden en hoog.

- *Ambitieniveau laag*

De maatregelen die een relatief laag investeringsniveau kennen, redelijk algemeen zijn, een korte terugverdientijd hebben en technisch goed toepasbaar zijn, behoren tot het lage ambitieniveau. Deze maatregelen zijn in alle U-bouw sectoren toepasbaar.

- *Ambitieniveau, midden*

Hieronder verstaan we de maatregelen die tot het gemiddelde ambitieniveau behoren. Dit zijn maatregelen die duurder zijn, in de praktijk toegepast zijn, wel kosteffectief zijn, maar een redelijk lange terugverdientijd hebben.

- *Ambitieniveau, hoog*

Deze maatregelen zijn 'hoogdrempelig' en kenmerken zich door hoge investeringskosten, een nog beperkte toepassing en vaak zeer afhankelijk van het toepassingsgebied. Deze maatregelen zullen in de loop van de jaren wel meer toegepast worden, maar pas op de langere termijn en in een beperkt deel van de voorraad gepenetreerd worden.

Toelichting op de maatregelen per HDO-sector

- *Zorgsector*

De omvang van deze sector is beperkt in vergelijking tot de overige sectoren. Toch kunnen er aanzienlijke besparingen optreden als gevolg het nemen van verschillende maatregelen op het gebied van installatietechniek en isolatie.

- *Onderwijs*

De warmte behoefte in scholen is laag. Isolatiemaatregelen zijn daarom ook minder effectief. Installatie-technische maatregelen zijn wel effectief.



- *Kantoren*  
Installatietechniek, glasisolatie en verlichtingsmaatregelen blijken zeer effectief te zijn.
- *Detailhandel*  
Het elektragebruik is zeer hoog. De toepassing van energiezuinige verlichting en de toepassing van energiezuinige apparatuur zijn dan ook meer voor de hand liggend dan het toepassen van installatietechnische maatregelen of de toepassing van isolatiemaatregelen.

### **5.3 Verschil aanpak onderzoek woningbouw en HDO**

Aan het rekenmodel wordt voor elke technisch objectgebonden maatregel een penetratiecurve ingevoerd. Voor de maatregelen in de woningbouw zijn deze curven specifiek voor de diverse individuele maatregelen. De momenteel beschikbare gegevensbasis biedt daartoe de mogelijkheden. Voor de HDO-sector staat echter een veel minder omvangrijke gegevensbasis tot beschikking. Van oudsher wordt in de utiliteitsbouw de besluitvorming over te bouwen objecten veel meer ingegeven vanuit de markt. Hierdoor ligt het accent op andere oogmerken dan in de woningbouw (bedrijfsvoering & imago). De maatregelen voor de HDO-sectoren zijn daarom geclusterd naar thema (energie, water, materialen), waarbij per thema ambitieniveaus zijn onderscheiden.

Dit verschil in modellering houdt dus in dat in de U-bouw er geen onderscheid gemaakt kan worden naar het effect van de diverse maatregelen. In de berekeningen is voor de bestaande bouw en de nieuwbouw van gebouwen in de U-bouw met ambitieniveaus die door de experts als aannemelijk beschouwd worden.



## Bijlage 6 Indeling sectoren naar SBI-code

Percentage van de sectoren in dit onderzoek dat toegeschreven kan worden aan een SBI sector van het CBS

SBI code	Naam	Zorg	Detailhandel	Onderwijs	Kantoren
50	Handel in auto's en motorfietsen, benzineservicestations				
51	Groothandel en handelsbemiddeling				
52	Detailhandel		100%		
55	Logies, maaltijd en drankenvoorziening				
60	Vervoer over land				
61	Vervoer over water				
62	Vervoer door de lucht				
63	Dienstverlening t.b.v. het vervoer				
64	post- en telecommunicatie				
65	Financiële instellingen				11%
66	Verzekeringswezen en pensioenfondsen				5%
67	Activiteiten verwant aan financiële inst.				2%
70	Verhuur van en handel in onroerend goed				4%
71	Verhuur van roerende zaken				3%
72	Computerservice en IT				3%
73	speur en ontwikkelingswerk				4%
74	Overige zakelijke dienstverlening				36%
75	Openbaarbestuur en overheidsdiensten				
80	Onderwijs			100%	
85	Gezondheid en welzijn	100%			
90	Milieudienstverlening				1%
91	Werkgevers en werknemersorg				
92	Cultuur sport recreatie				
93	Overige dienstverlening				31%
	TOTAAL	100%	100%	100%	100,00%



## Bijlage 7 Vergelijking met resultaten optiedocument (UK)

*Het DuBo-model (zowel voor de woningbouw als voor de Utiliteitsbouw) is bedoeld om het (mogelijke) effect op het energie-, water- en materiaalgebruik van maatregelen ten aanzien van Duurzaam Bouwen te prognosticeren. Beide deelmodellen zijn derhalve geen modellen om de totale energiebehoefte en de hiermee samenhangende CO<sub>2</sub>-emissie uit te rekenen. De cijfers uit het DuBo-model bestrijken dus een beperkter terrein dan de CO<sub>2</sub>-cijfers in de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid en het Optiedocument. Gegeven de verschillen in aanpak van beide studies liggen de cijfers van beide bronnen met elkaar in lijn.*

### Inleiding

Op verzoek van de Begeleidingscommissie van het DuBo-onderzoek heeft het RIVM in samenwerking met het ECN een vergelijking gemaakt tussen de CO<sub>2</sub>-emissies gerapporteerd in het Optiedocument voor emissiereductie van broeikasgassen ten behoeve van de inventarisatie in het kader van de Uitvoeringsnota Klimaatverandering en de RIVM-rapportage Evaluatie en Prognose Milieu-effecten Duurzaam Bouwen. Het DuBo-model is ontwikkeld om het effect van maatregelen ten aanzien van Duurzaam Bouwen te prognosticeren, deze effecten behelzen het energiegebruik, het watergebruik en het gebruik van materialen. Het SAVE-model (in deze tekst wordt hiermee de resultaten zoals gepubliceerd in het optiedocument bedoeld) heeft als doel het totale energiegebruik en de hiermee samenhangende broeikasgasemissie te prognosticeren.

### Resultaten

In het Optiedocument voor emissiereductie van broeikasgassen, inventarisatie in het kader van de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid, van ECN/RIVM wordt de emissie van CO<sub>2</sub> gepresenteerd voor o.a. het EC-scenario van de Lange Termijn Verkenningen van het CPB (pagina 18). In deze rapportage, Evaluatie en Prognose Milieu-effecten Duurzaam Bouwen, zijn verschillen in uitkomsten met de waarden in het Optiedocument te constateren. Uit de resultaten gepubliceerd in het optiedocument komt een stijging van de CO<sub>2</sub>-emissie naar voren in de HDO-sector en een stabilisatie bij consumenten. Uit de resultaten van het DuBo-model komt in beide gevallen (zowel voor de woningbouw als de U-bouw) een daling naar voren.

Tabel CO<sub>2</sub>-emissie EC-scenario

	Optiedocument			DUBO	
	1995	2020		1995	2020
HDO	10	13	U-bouw	10	9
Consumenten	22	22	Woningbouw	23	20

### Vergelijking

Een directe, oppervlakkige vergelijking van deze tabellen lijkt te wijzen op tegenstrijdige ontwikkelingen. Zo geven de resultaten gepubliceerd in het Optiedocument een stijging van de CO<sub>2</sub>-emissie aan in de HDO-sector en een stabilisatie bij Consumenten. Uit de resultaten van het DuBo-onderzoek komt in beide gevallen (zowel voor de woningbouw als de Utiliteitsbouw (U-bouw) een daling van de CO<sub>2</sub>-emissies naar voren.

De emissie in het Optiedocument is echter gepresenteerd conform de indeling van de Milieuverkenning van RIVM. Hierin wordt de emissie, die vrijkomt bij elektriciteitsproductie toegerekend aan de sector energiebedrijven, niet aan de sector waar de elektriciteit gebruikt wordt. In de DUBO-rapportage wordt de emissie behorend bij (een deel van de) elektriciteit toegerekend aan de sector, waar de elektriciteit wordt gebruikt (in dit geval U-bouw en woningbouw). Inclusief de bijbehorende emissie voor het elektriciteitsgebruik zou de CO<sub>2</sub>-

emissie voor HDO in 1995 ongeveer 23 Mton bedragen en in het EC-scenario in 2020 ongeveer 28 Mton.

Voor de bepaling van de emissies in het EC-scenario is gebruik gemaakt van modellen van CPB (SENECA/NEMO) en ECN (SAVE), voor de DUBO-rapportage van het DUBO-model van RIVM.

Gezien de verschillen in uitkomsten is het RIVM gevraagd om in samenwerking met het ECN de verschillen tussen de modellen en de uitkomsten nader te analyseren. Door gesprekken en de uitwisseling van gegevens zijn de verschilpunten nader onderzocht en de kentallen vergeleken (en aangepast). Als de kentallen vergelijkbaar zijn, zijn de verschillen terug te voeren op een vijftal onderwerpen, te weten:

- 1) Definitie (van de onderzoeksopdracht),
- 2) Benadering van de vraagstelling,
- 3) Volume,
- 4) Gedrag / Structuur, en
- 5) Maatregelen.

Aansluitend op de behandeling van deze 5 onderwerpen zal een inschatting gegeven worden in hoeverre de genoemde verschillen bijdragen aan de verklaring van de verschillen in resultaten. Deze inschatting heeft dan betrekking op de punten 2), 3) en 4). Voor de punten 1) en 5) kan alleen een indicatie gegeven worden in welke richting de verschillen zich begeven.

#### **Ad 1) Definitie**

##### ***Woningbouw (DuBo) versus Consumenten (SAVE)***

Uitgangspunt van het DuBo-model zijn de woningen. In de berekeningen wordt rekening gehouden met het gasgebruik, exclusief het gasgebruik voor koken, en het objectgebonden elektriciteitsgebruik (bijvoorbeeld warm tapwater, liften, ventilatoren, etc.). De woningvoorraad is ingedeeld naar type en periode, resulterend in 35 standaardobjecten. In het SAVE-model zijn huishoudens het uitgangspunt en wordt rekening gehouden met het volledige energiegebruik (gas, elektriciteit, warmte). Er wordt rekening gehouden met bewoonde woningen, meerdere huishoudens op één adres en huishoudens wonend in niet-woningen (bijvoorbeeld woonwagens, woonboten). De huishoudens in Nederland zijn ingedeeld naar 9 typen (3 typen woningen en 3 typen huishoudens).

Er is een verschil in definitie. Enerzijds is er een verschil omdat in het DuBo-model uitgegaan wordt van woningen en in het SAVE-model van huishoudens. Gegeven dit verschil zal in Ad 3) gekeken worden wat het effect hiervan is op de volume ontwikkeling. Er zijn meer huishoudens dan woningen, maar daarnaast wordt in het DuBo-model geen rekening gehouden met leegstand.

In beide modellen (DuBo en SAVE) wordt naast het gasgebruik ook het woninggebonden elektriciteitsgebruik meegenomen, in SAVE zelfs het volledige elektriciteitsverbruik. In de rapportage ontstaat echter verschil. In het Optiedocument wordt voor de doelgroep consumenten alleen de emissie als gevolg van het gasgebruik gerapporteerd. Hierdoor is het energiegebruik en de bijbehorende CO<sub>2</sub>-emissie in de DUBO-rapportage hoger.

#### **Conclusie**

Door verschillen in onderzoeksdoelstelling en presentatie zijn de cijfers niet eenvoudig vergelijkbaar. Door de presentatie zal het energiegebruik de bijbehorende CO<sub>2</sub>-emissie in de DUBO-rapportage hoger zijn.

### ***U-bouw (DuBo) versus HDO (SAVE)***

In het DuBo-model zijn 4 sectoren geselecteerd uit de totale Utiliteitssector, waar, bouwtechnisch gezien, maatregelen ten aanzien van Duurzaam Bouwen het meest van toepassing zijn, als ook waarvoor betrouwbare data beschikbaar zijn. Het gaat dan om de sectoren Onderwijs, Gezondheidszorg, Kantoren en Detailhandel. Binnen deze deelsectoren worden gebouwtypen onderscheid naar omvang en soort. Van deze deelsectoren wordt het gasgebruik en functiegebonden elektriciteitsgebruik berekend. Het functiegebonden elektriciteitsgebruik slaat op dat gedeelte van het gebruik wat bij de functie hoort. Bijvoorbeeld in de sector kantoren wordt het elektriciteitsgebruik voor apparatuur (p.c., copierder, etc.), verlichting, ventilatie, liften, etc. meegenomen, maar mogelijke besparingen (of ontsparingen) door gedragsveranderingen etc. niet.

In het SAVE-model wordt uitgegaan van de economische sectoren. Tot de HDO-sector behoren alle sectoren met SBI-code 5 tot en met 9. Binnen deze sectoren worden geen verdere onderverdelingen gehanteerd. Voor HDO wordt evenals bij huishoudens het volledige energieverbruik meegenomen (gas, elektriciteit, warmte). De in het optiedocument voor deze doelgroep gepresenteerde resultaten hebben alleen betrekking op het gasgebruik.

### **Conclusie**

Het energiegebruik in het DuBo-model ligt lager dan in het SAVE-model, doordat niet de gehele HDO-sector meegenomen is in de berekeningen (circa 50% van het energiegebruik van de HDO-sector in SAVE). Dit blijkt mede uit de toelichting bij tabel 1. Gegeven dit verschil dient de vergelijking van de uitkomsten zich dus vooral te richten op de relatieve ontwikkelingen, niet op de absolute uitkomsten.

### **Ad 2) Benadering'**

#### ***Woningbouw (DuBo) versus Consumenten (SAVE)***

In het DuBo-onderzoek wordt een berekening gemaakt van het energiegebruik van de woningen in Nederland. Doel van het onderzoek is om gegeven de penetratie van objectgebonden maatregelen (DuBo-pakket), na te gaan welke besparingen in energie- water- en materiaalgebruik behaald kunnen worden. De penetratie van maatregelen en de ontwikkeling hierin is gebaseerd op beoordeling van een forum van deskundigen. In het onderzoek worden alleen de effecten van DuBo-maatregelen geanalyseerd gegeven de woningvoorraadontwikkeling van het EC-scenario. Het onderzoek omvat alleen objectgebonden energiegebruik.

In het SAVE-model wordt de energiebehoefte van de Nederlandse huishoudens berekend en de mogelijke besparingen hierin. De penetratie van maatregelen ten aanzien van Duurzaam Bouwen wordt gebaseerd op een kosten-baten analyse. Gegeven de uitkomsten van deze kosten-baten analyse vindt er een validatie plaats met de scenario-parameters van het CPB. Ontwikkelingen in de energiebehoefte slaan niet alleen op de woning- en huishoudengebonden ontwikkelingen, maar ook op besparingen en ontsparingen als gevolg van gedragsveranderingen.

### **Conclusie**

In het SAVE-model wordt een prognose gemaakt van de totale energiebehoefte, terwijl in het DuBo-onderzoek, gegeven de woningvoorraadontwikkeling, het effect van objectgebonden maatregelen ten aanzien van Duurzaam Bouwen geprognosticeerd wordt. In het DuBo-model wordt geen rekening gehouden met het effect van gedragsveranderingen.

### ***U-bouw (DuBo) versus HDO (SAVE)***

In het DuBo-model wordt een berekening gemaakt van het energiegebruik van de Utiliteitsbouw. Het betreft dan het gebouw- en functiegebonden energiegebruik. Doel van het

onderzoek is om gegeven de penetratie van objectgebonden maatregelen, tot welke besparingen in energie-, water- en materiaalgebruik dit kan leiden. De penetratie van maatregelen en de ontwikkeling hierin is gebaseerd op beoordeling van een forum van deskundigen. Gegeven de aard van de sector zijn de maatregelen ingedeeld in ambitieniveaus. Deze ambitieniveaus zijn gerelateerd aan het 'duurzame karakter c.q. uitstraling' van het gebouw. In het onderzoek worden alleen de effecten van DuBo-maatregelen geanalyseerd gegeven de voorraadontwikkeling van het EC-scenario. In de gehanteerde benadering wordt ook het effect van elektrische apparatuur op het gasgebruik meegenomen. In het SAVE-model wordt de energiebehoefte van de economische sectoren berekend en de mogelijke besparingen. De penetratie van maatregelen wordt op een vergelijkbare manier berekend als gebeurt bij de huishoudens. Uitgangspunt bij de berekeningen is dat de economische groei (uitgesplitst naar SBI-sectoren) en bijbehorende fysieke grootheden (b.v. aantal werknemers) uitgangspunt is voor de ontwikkeling van de energievraag. De stijging van de arbeidsproductiviteit vertaalt zich in extra elektriciteitsverbruik.

### Conclusie

In het DuBo-model wordt uitgegaan van de ontwikkeling van het energiegebruik in gebouwen, terwijl in het SAVE-model uitgegaan wordt van de sectoren en de economische ontwikkeling. Ook hier geldt dat in het DuBo-model de aandacht ligt bij het effect van gebouwgebonden maatregelen, gegeven een bepaalde voorraadontwikkeling, los van ontwikkelingen in gedrag en arbeidsproductiviteit. In het SAVE-model worden naast het effect van deze DuBo-maatregelen ook onder andere het effect van veranderingen in gedrag, beheer en arbeidsproductiviteit in beschouwing genomen.

### Ad 3) Volume

Gegeven de verschillen in definitie en benadering is de volumeontwikkeling nader onderzocht. Hierbij wordt dan niet gekeken in absolute verschillen in omvang, maar naar de relatieve verschillen in volumeontwikkeling.

#### *Woningbouw (DuBo) versus Consumenten (SAVE)*

Het aantal woningen in 1995 bedroeg 6,3 miljoen, tegenover 6,5 miljoen huishoudens. Er zijn in Nederland nog altijd meer huishoudens dan woningen, doordat bijvoorbeeld meer huishoudens op 1 adres wonen, huishoudens wonen in een andere woonruimte dan een woning (bijv. woonboot, woonwagen, pension, etc.). Maar dit verschil komt voort uit een verschil in benadering en definitie. Gegeven deze verschillen is er echter geen verschil in de ontwikkeling van het volume. In 2020 is zowel het aantal woningen als het aantal huishoudens met 23% toegenomen (zie tabel).

		1995 (abs)	1995	2000	2010	2020
		(x 1.000.000)	(1995=100)			
DuBo	woningen	6,3	100	106	116	123
SAVE	huishoudens	6,5	100	106	114	123

### Conclusie

Verschillen in uitkomsten komen dus niet voort uit een verschil in de ontwikkeling van het volume, voor wat betreft de woningbouw en consumenten.

#### *U-bouw (DuBo) versus HDO (SAVE)*

In beide modellen wordt uitgegaan van het Bruto VloerOppervlak (BVO) als rekeneenheid. In het DuBo-model is de ontwikkeling van het bruto vloer oppervlak van de 4 geselecteerde sectoren gebaseerd op enerzijds een schatting van het huidige bruto vloeroppervlak, en



anderzijds op een inschatting van de (mogelijke) ontwikkeling hierin op basis van het EC-scenario.

In het SAVE-model wordt verondersteld dat de groei van het bruto vloeroppervlak afhangt van de ontwikkeling van de economische groeivoet en de daarbij behorende werkgelegenheid (gegevens van CPB). Ten aanzien van het huidige bruto vloeroppervlak zijn schattingen gemaakt met hieraan gekoppeld het energiegebruik.

	DuBo-model	SAVE-model
Gezondheidszorg	127%	156%
Onderwijs	88%	122%
Kantoren	133%	209 tot 301%
Detailhandel	127%	231%

De in het SAVE-model gehanteerde groeicijfers zijn fors hoger dan waar in het DuBo-model vanuit gegaan wordt. Door deze lagere groeicijfers in het DuBo-model is ook de ontwikkeling van het energiegebruik uit dit model lager. De ontwikkelingen in het DuBo-model zijn gebaseerd op andere onderzoeken, terwijl in het SAVE-model de groei van het bruto vloeroppervlak gekoppeld is aan de economische groei via de groei van de werkgelegenheid. Rekening houdend met dit verschil in invalshoek leidt dit tot verschillen in uitkomsten.

### Conclusie

De ontwikkeling van het bruto vloer oppervlak in de U-bouw in het DuBo-model is gekoppeld aan fysieke ontwikkelingen, terwijl de ontwikkelingen in het SAVE-model gekoppeld zijn aan de economische en werkgelegenheidsontwikkelingen. Rekening houdend met dit verschil in invalshoek leidt dit tot een optimistischer groei in het SAVE-model en leidt tot een toename van het energiegebruik die groter is dan in het DuBo-model.

### Ad 4) Gedrag / Structuur

#### *Woningbouw (DuBo) versus Consumenten (SAVE)*

Gedragsveranderingen zijn niet meegenomen in het DuBo-model. In het model wordt uitgegaan van het gedrag anno 1995, zonder dat hierin veranderingen optreden.

Structuurveranderingen zijn wel meegenomen, de woningvoorraad verandert van samenstelling doordat er nieuwe (andere) woningen gebouwd worden.

In het SAVE-model zijn gedragsveranderingen wel meegenomen in de berekeningen, aangezien deze een wezenlijk onderdeel vormen voor de energievraag van huishoudens in de toekomst. Verder worden er ook structureffecten verondersteld op te treden, zoals bijvoorbeeld ander type nieuwbouw dan bestaande voorraad, aandeel blokverwarming / lokale verwarming, inhoud woningen neemt toe, thermostaat instellingen, etc. In het algemeen geldt dat deze gedrags- en structuurveranderingen ontsparend werken op het energiegebruik. Om een betere vergelijking te kunnen maken heeft ECN aanvullende berekeningen uitgevoerd, waarbij deze structuurveranderingen niet worden meegenomen. Dit leidt tot de volgende resultaten:

CO2-emissie (Mton/jaar)	1995	2000	2010	2020
DuBo	23	23	21	20
SAVE inclusief	22	23	23	23
SAVE exclusief structuur	22	22	22	21
SAVE excl. structuur, incl sloop + aanwezigheid				20

In 2020 is er nog steeds sprake van een verschil in uitkomsten tussen het DuBo-model en het SAVE-model. Hierbij moet worden aangetekend dat in het SAVE-model het slopen van

woningen en de aanwezigheidsgraad (van mensen in een woning) als een van de structureffecten wordt aangemerkt. Het slopen van woningen zit expliciet in de berekeningen van het DuBo-model. De aanwezigheidsgraad zit impliciet in de berekeningen van het DuBo-model door de correctie van de gegevens voor de veranderingen in gemiddelde huishoudensgrootte. Andere structureffecten zijn niet opgenomen in het DuBo-model. Als het effect van sloop en aanwezigheid wel wordt meegenomen in de SAVE-berekeningen en de andere structureffecten niet, blijkt de CO<sub>2</sub>-emissie in 2020 20,4 Mton tegenover 19,7 Mton in het DuBo-model. Los van de genoemde structureffecten, waarvoor in de uitkomsten gecontroleerd kan worden is er nog een effect van de verandering van de verdeling van huishoudens naar type (qua leeftijd en type woning). Verder kan een deel verklaard worden enerzijds door de fijnere onderverdeling naar woningtypen in het DuBo-model en anderzijds door een verschil in meegenomen maatregelen en het tempo van de penetratie van deze maatregelen.

### **Conclusie**

Als de uitgangspunten ten aanzien van gedrag en structuur nagenoeg gelijk zijn is er nog nauwelijks een verschil in uitkomsten. Het nog overblijvend verschil kan goed worden verklaard uit een aantal niet makkelijk kwantificeerbare structureffecten.

### ***U-bouw (DuBo) versus HDO (SAVE)***

Een belangrijk gegeven in het SAVE-model zijn de ontwikkelingen (ten aanzien van energievraag en mogelijke besparingen) die het gevolg zijn van veranderingen in gedrag, beheer en structuur. Expliciet worden in het model dan ook veranderingen meegenomen gerelateerd aan bijvoorbeeld de ontwikkeling in werk- en openingstijden, maar bijvoorbeeld ook ontwikkelingen ten aanzien van toename van de arbeidsproductiviteit. Het ECN schat dat dit productiviteitseffect voor het elektriciteitsverbruik rond de 1% per jaar ligt. De invalshoek van het DuBo-model ligt bij de gebouwen, en het effect van maatregelen ten aanzien van Duurzaam Bouwen op het energiegebruik. Het effect van veranderingen in gedrag en beheer worden niet in beeld gebracht.

### **Conclusie**

Binnen de huidige tijdslimiet is het niet mogelijk berekeningen uit te voeren, waarbij op identieke wijze de verschillende veronderstellingen in de berekeningen verwerkt worden. Wel kan nagegaan worden wat ongeveer het effect zou zijn van de extra productiviteitsstijging die in de berekeningen van het SAVE-model wordt meegenomen. Indien deze zelfde stijging van de productiviteit wordt toegepast op de uitkomsten van het DuBo-model, komen we op een totale CO<sub>2</sub>-emissie van circa 12 Mton. Met deze productiviteitsstijging worden nog geen veranderingen in gedrag verklaard, zoals bijvoorbeeld langere (flexibele) werkdagen, maar wel bijvoorbeeld de toename van het aantal elektrische apparaten per m<sup>2</sup>. Gezien deze verschillen zijn de uitkomsten van beide modellen goed vergelijkbaar.

### **Ad 5) Maatregelen**

#### ***Woningbouw (DuBo) versus Consumenten (SAVE)***

Het DuBo-model is opgezet om het effect op energie- water en materiaalgebruik van bouwtechnische maatregelen weer te geven. Hiertoe worden dus alleen ingrepen aan de woning in beschouwing genomen.

In het SAVE-model worden behalve bovengenoemde maatregelen ook gedragsmaatregelen en veranderingen meegenomen in de berekeningen.

Bij een globale vergelijking lijkt ECN wat betreft nieuwbouw iets 'optimistischer' te zijn dan het DuBo-model bij de penetratie van maatregelen. Daarentegen bij de bestaande bouw is ECN over het geheel gezien wat conservatiever c.q. voorzichtiger. Gezien het feit dat de bestaande bouw (gebouwd voor 1995) in 2020 nog altijd 70% van de totale woningvoorraad uitmaakt, tegenover 30% woningen gebouwd na 1995 lijkt de conclusie dat het DuBo-model een iets optimistischere inschatting maakt reëel. Globaal gezien lijkt dit dus te wijzen op een grotere reductie van de CO<sub>2</sub>-emissie in het DuBo-model. Nogmaals moet er op gewezen worden dat de methodiek om tot een inschatting van de maatregelen totaal verschillend is, maar desondanks tot vergelijkbare penetraties leidt.

### ***U-bouw (DuBo) versus HDO (SAVE)***

Ten aanzien van het meenemen en laten penetreren van maatregelen ten aanzien van Duurzaam Bouwen kunnen vergelijkbare conclusies getrokken worden als ten aanzien van de woningbouw. Wel moet hierbij opgemerkt worden dat de effecten van de DuBo-maatregelen in het SAVE-model op een meer impliciete wijze in de berekeningen zijn betrokken, aangezien hier uitgegaan wordt van de economische sectoren. In het DuBo-model zijn de verschillende maatregelen onderverdeeld naar zogenaamde ambitieniveaus. Met deze ambitieniveaus zijn de penetratiegraden van diverse maatregelen gedefinieerd. Ten aanzien van het onderwerp 'maatregelen' is het moeilijk een inschatting te maken wat het effect zal zijn op de uitkomsten van beide modellen, gezien de grote verschillen in aanpak en invalshoek.

## **Conclusie**

### **Vergelijking van de uitkomsten**

	Woningbouw / consumenten	U-bouw / HDO
A. Benadering	<ul style="list-style-type: none"> <li>DuBo-model richt zich op effect maatregelen Duurzaam Bouwen en kan derhalve beschouwd worden als een bijzondere doorsnede van het SAVE-model</li> <li>SAVE-model berekent meer dan alleen effecten Duurzaam Bouwen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DuBo-model richt zich op effect maatregelen Duurzaam Bouwen en kan derhalve beschouwd worden als een bijzondere doorsnede van het SAVE-model</li> <li>SAVE-model berekent meer dan alleen effecten Duurzaam Bouwen</li> </ul>
B. Definitie	<ul style="list-style-type: none"> <li>in DuBo-model zijn woningen de onderzoekseenheid in het SAVE-model huishoudens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>in DuBo-model zijn de gebouwen de onderzoekseenheid, in het SAVE-model de economische sectoren.</li> </ul>
C. Volume	<ul style="list-style-type: none"> <li>ontwikkelingen zijn vergelijkbaar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>in DuBo-model wordt uitgegaan van een minder sterke stijging van BVO</li> </ul>
D. Gedrag / Structuur	<ul style="list-style-type: none"> <li>gedragsveranderingen hebben een verhogend effect op de CO<sub>2</sub>-emissie (maximaal 12% van de totale CO<sub>2</sub>-emissie)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>gedrags- en productiviteitsveranderingen hebben een verhogend effect op de CO<sub>2</sub>-emissie (maximaal 30% van de totale CO<sub>2</sub>-emissie)</li> </ul>
E. Maatregelen	<ul style="list-style-type: none"> <li>optimistischere inschatting penetratie DuBo-maatregelen in de bestaande voorraad in het DuBo-model leidt tot een sterkere daling van CO<sub>2</sub>-emissie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>onzeker</li> </ul>

### ***Woningbouw (DuBo) versus Consumenten (SAVE)***

Het DuBo-model is een model bedoeld om het mogelijke effect op het energiegebruik (alsmede het water- en materiaalgebruik) ten aanzien van maatregelen met Duurzaam Bouwen te prognosticeren. Het is geen model om de totale energiebehoefte en de hiermee samenhangende CO<sub>2</sub>-emissie uit te rekenen. Het DuBo-model moet dan ook beschouwd worden als een verbijzondering van het SAVE-model. In het SAVE-model kunnen wel de totale energiebehoefte en hiermee samenhangende CO<sub>2</sub>-emissie geprognosticeerd worden. Gezien de verschillen in veronderstellingen ten aanzien van gedrags- en

---

structuurveranderingen alsmede de verschillen in de penetratie van DuBo-maatregelen kan de conclusie getrokken worden dat de uitkomsten van beide modellen niet wezenlijk verschillen. Gegeven de verschillen in benadering en uitgangspunten natuurlijk. Verder lijken de uitkomsten, ook mede gezien de bandbreedte van de uiteindelijke berekeningen, niet wezenlijk van elkaar te verschillen.

***U-bouw (DuBo) versus HDO (SAVE)***

Ook hier geldt dat het DuBo-model bedoeld om het mogelijke effect van maatregelen ten aanzien van Duurzaam Bouwen op het energiegebruik (alsmede het water- en materiaalgebruik) te prognosticeren. Het is geen model om de totale energiebehoefte en de hiermee samenhangende CO<sub>2</sub>-emissie uit te rekenen. Het DuBo-model moet ook ten aanzien van de Utiliteitssector beschouwd worden als een soort verbijzondering van het SAVE-model. Gegeven de verschillen in definitie, benadering en invalshoek lijkt ook hier de conclusie gerechtigd dat de uitkomsten van beide modellen niet wezenlijk van elkaar verschillen.

## Bijlage 8 Verzendlijst

1. VROM, DGM, directeur bestuurszaken, mr. J.H. van den Heuvel
2. VROM, DGM, drs M.A. van der Kamp
3. VROM, DGM, drs. R.F.A. Cuelenaere
4. VROM, DGM, drs M.T.V. de Jong
5. VROM, DGM, mw ir M. Fokke-Baggen
6. VROM, DGM, ir J.F. de Waal
7. VROM, Projectbureau Duurzaam Bouwen, ir H.R. Haarman
8. VROM, Projectbureau Duurzaam Bouwen, drs E. Maass
9. VROM, Projectbureau Duurzaam Bouwen, drs. H. Cox
10. VROM, DGVH, mr. A.M. van Laarhoven-Thieme
11. VROM, DGVH, A.J.A. Kramps
12. VROM, DGVH, ir P.J. van Luijk
13. VROM, DGVH, ing H.W. Verkes
14. VROM, RGD, ir H.M. Croes
15. VROM, RGD, mw ir A. Zeegers
16. VROM, PEGO, ir G.F.M. Brouwers
17. drs R.K. Bekhof, Ministerie van EZ
18. ir M.G. Gijbers, Ministerie van Defensie, DGW&T
19. prof. ir c Gouwens, TNO-Bouw, Delft
20. ing. K.H. Dekker, TNO-Bouw, Delft
21. drs J.R.P. Nijland, TNO-Bouw, Delft
22. ing. A. Dullemond, TNO-Bouw, Delft
23. A. van Delft, TNO-Bouw, Delft.
24. ing. F. van Holland, DHV, Amersfoort
25. dhr. Huiskamp, EnergieNed, Arnhem
26. ing, A.J. Lucas, ERA Bouw bv, Zoetermeer
27. ir. J.C. Heemrood, Nationaal DUBO Centrum, Utrecht
28. drs. R.A.J. Goed, Nederlands Verbond Toelevering Bouw (NVTB), Den Haag
29. dhr. H.J. Vreuls, Novem, Sittard
30. ir F. Klinckenberg, Novem, Sittard
31. dhr. H. Wever, Rijkswatersaat, DWW, Delft
32. dhr. W. Zandvliet, Bouwdienst Rijkswaterstaat, Utrecht
33. mw. S. Mulder, Rijkswaterstaat, DWW, Delft
34. drs A.F. Gelinck, Stichting Stuurgroep Experimenten Volkshuisversting, Rotterdam
35. dhr. A.J.A. Kock, VEWIN, Rijswijk
36. ir J. Eberwijn, VG Bouw, Zoetermeer
37. ing. J.J. M. Happel, Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg
38. VG Bouw contactgroep Milieu
39. M. Beeldman, ECN, Petten
40. P. Boonekamp, ECN, Petten
41. M. Menkveld, ECN, Petten
42. Directie RIVM
43. Mw. dr. J.A. Hoekstra
44. mw. dr. M. Kuijpers-Linde
45. dr Th.G. Aalbers
46. K. Vringer
47. mw drs. G.A. Rood
48. D. Nijdam

49. drs. A.A. Bouwman
50. J. Oude Lohuis
51. R. van den Wijngaart
52. dr L. Crommentuijn
53. ir J.H.C. Mulchlegel
54. ir J.G. Elzenga
55. drs A.H. Hanemaayer
56. dhr. A.E.M. de Hollander
57. Mw. Drs. E.D.M. Verbeek, LieVer Milieumanagement bv, Amersfoort
58. Depot Nederlandse publicatie en Nederlandse bibliografie
59. Hoofd Bureau Voorlichting en Public Relations
60. Bibliotheek RIVM/BMV
61. Bibliotheek RIVM/LAE
62. Bibliotheek RIVM
63. Bureau Rapportenregistratie
- 64-94 30 exemplaren VROM, Projectbureau Duurzaam Bouwen
- 95-125 30 exemplaren Bureau Rapportenbeheer