

Rapport E.2005.0139.00.R001
Aanscherping EPC-eisen utiliteitsbouw

Haalbaarheidsstudie

Status: DEFINITIEF

Adviseurs voor bouw, industrie, verkeer, milieu en software

lid
ONRI
info@dgmr.nl
www.dgmr.nl

Brugstraat 16, Postbus 153
NL-6800 AD Arnhem
T +31 (0)26 351 21 41
F +31 (0)26 443 58 36

Eisenhowerlaan 112, Postbus 82223
NL-2508 EE Den Haag
T +31 (0)70 350 39 99
F +31 (0)70 358 47 52

Lavendelheide 11
NL-9202 PD Drachten
T +31 (0)512 52 23 24
F +31 (0)512 52 25 19

Prof. P. Willemsstraat 21-23
NL-6224 CC Maastricht
T +31 (0)43 362 36 54
F +31 (0)43 352 00 20



Colofon

Rapportnummer:	E.2005.0139.00.R001		
Plaats en datum:	Arnhem, 15 september 2005		
Versie:	004	Status:	DEFINITIEF
Opdrachtgever:	Ministerie van VROM Directoraat-Generaal Wonen Postbus 30941 2500 GX DEN HAAG		
Opdrachtnummer:			
Contactpersoon:			
Telefoon:			
Fax:			
E-mail:			
Uitgevoerd door:			
Informatie:			
E-mail:			
Telefoon:			
Fax:			
Auteur(s):			
Eind- verantwoordelijke:			
Voor deze:			
Code:	R.00.000	Secretariaat:	VG/BR

Samenvatting

In deze studie heeft DGMR Bouw B.V. de haalbaarheid van aanscherping van de EPC-eisen voor utiliteitsgebouwen onderzocht. De aanscherpingsruimte is bepaald op basis van berekeningen aan 22 gebouwen en een groot aantal maatregelen. Bij deze maatregelen zijn ook warmtepompen meegenomen omdat uit een recente warmtepompstudie [6] bleek dat deze inmiddels voldoende marktrijp zijn. De financiële uitgangspunten zijn vastgesteld volgens prijspeil januari 2005.

Voor ieder gebouw is een pakket bepaald waarbij de kosten van de maatregelen volledig worden terugverdiend binnen de functionele levensduur. Deze pakketten bevatten de volgende maatregelen: isolatie, energiezuinige (regeling van) verlichting, toerenregeling van ventilatoren, warmteterugwinning, hoger cv-rendement, warmtepompen (eventueel met koude opslag), wkk en zonneboilers.

Voor iedere gebruiksfunctie wordt de maximale aanscherpingsruimte van de EPC-eisen bepaald door het gebouw met de kleinste verandering van Q_{ratio} .

Dit leidt tot de volgende waarden van de EPC-eisen.

Tabel 1
EPC-eisen

gebruiksfunctie	huidige EPC-eis	nieuwe EPC-eis
bijeenkomstgebouwen	2.2	2.0
celgebouwen	1.9	1.8
gezondheidszorg niet klinisch	1.5	1.0
gezondheidszorg klinisch	3.6	2.6
kantoren	1.5	1.1
logiesgebouwen	1.9	1.8
onderwijs	1.4	1.3
sportgebouwen	1.8	1.8
winkels	3.4	2.6

Uit gevoeligheidsanalyses blijkt dat de gebruikte levensduur van de maatregelen een groot effect heeft op de annuïteit van het pakket. Bij de huidige studie is de functionele levensduur gebruikt. Bij het gebruik van een kortere levensduur kunnen de meeste maatregelen niet kostenneutraal toegepast worden. Een stijging van de energieprijzen met 8% leidt in bijna alle gebouwen niet tot een ander kostenneutraal maatregelenpakket. De aanscherpingsruimte verandert hierdoor ook niet.

In deze studie is de maximale aanscherpingsruimte van de EPC-eisen bepaald op basis van de voorgeschreven methode. Bij het vaststellen van de daadwerkelijke waarde van de nieuwe EPC-eisen zou besloten kunnen worden tot een geringere aanscherping dan hier berekend is.

Inhoudsopgave	Pagina
1. INLEIDING	5
1.1 Achtergrond.....	5
1.2 Doel.....	5
1.3 Verschillen met vorige studie.....	5
2. UITGANGSPUNTEN.....	6
2.1 Methodiek	6
2.2 Referentiegebouwen.....	6
2.3 Maatregelen	7
2.4 Energieprijzen.....	8
2.5 Berekeningsmethodiek kosten/baten.....	8
2.6 CO ₂ -emissie	9
3. RESULTATEN	10
3.1 Maatregelen	10
3.2 Maatregelpakketten.....	12
3.3 Beschouwing van aanscherpingsmogelijkheden.....	15
3.4 Gevoeligheidsanalyses	19
3.5 CO ₂ emissie	25
3.6 Controleberekeningen.....	26
3.7 Extra variant.....	27
4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....	28
4.1 Conclusies	28
4.2 Aanbevelingen	29
Bijlage 1 : Literatuur	
Bijlage 2 : Referentiegebouwen	
Bijlage 3 : Energieprijzen	
Bijlage 4 : Temperatuuroverschrijding	
Bijlage 5 : Stijging energieprijzen	
Bijlage 6 : Rekenresultaten	
Bijlage 7 : Forfaitair vermogen ventilatoren	
Bijlage 8 : Compensatie voor koeling	
Bijlage 9 : Warmtepompberekening	
Bijlage 10 : Rapportage investeringskosten Techniplan adviseurs	
Bijlage 11 : Extra variant: pakket zonder warmtepomp	

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

In het kader van het CO₂ reductiebeleid stelt de overheid eisen aan de energiezuinigheid van nieuwe gebouwen. Deze eisen kunnen in de loop der tijd aangescherpt worden. De vorige keer dat dit gebeurd is, was in 2003. Sinds 2003 zijn diverse verkenningen uitgevoerd naar verdere mogelijkheden van aanscherping:

- evaluatie van de aanscherping in 2003;
- onderzoek naar relatie tussen EPC en werkelijk energiegebruik bij kantoorgebouwen;
- twee quick scans aanscherpingsmogelijkheden;
- onderzoek naar marktrijpheid warmtepompsystemen;
- onderzoek naar verklaring succes energie-innovaties in kantoren;
- onderzoek naar vereenvoudiging bepalingmethode en uniformering EPC-eisen.

Uit de verkenningen bleek dat er relatie is tussen de EPC-eisen en de CO₂-emissie. Op basis van de uitkomsten van de verkenningen is besloten tot een vervolgtraject. In een brief aan de Tweede Kamer heeft de staatssecretaris van VROM aangegeven een eventuele aanscherping te onderzoeken en zo mogelijk per 2007 door te voeren in het Bouwbesluit.

1.2 Doel

Het doel van dit onderzoek is om te onderzoeken of een nog verdere aanscherping van de eisen voor utiliteitsgebouwen mogelijk is. Hiervoor is eerst een vooronderzoek uitgevoerd door DGMR waarin de te hanteren methodiek is vastgesteld. Er zal gekeken worden naar kostenneutrale energiebesparende maatregelen en daarnaast moeten de effecten op het binnenmilieu acceptabel zijn.

1.3 Verschillen met vorige studie

Er zijn een paar verschillen met de aanscherpingsstudie die in 2001 door DHV is uitgevoerd [2]:

- de methodiek die gehanteerd moet worden voor de aanscherpingsstudie is opnieuw beschreven in DGMR-rapport E.2004.1388.00.R001 [1]. De nieuwe uitgangspunten worden kort beschreven in paragraaf 2.1;
- de berekeningen worden uitgevoerd met NPR 2917 versie 2.0 in plaats van versie 1.1.

2. Uitgangspunten

2.1 Methodiek

De methodiek die gebruikt wordt bij deze aanscherpingsstudie is opgesteld door DGMR [1] en getoetst bij marktpartijen via een klankbordgroep. De methodiek schrijft voor dat een pakket van maatregelen gezocht wordt waarbij de energiebesparing maximaal is en waarbij voldaan wordt aan de volgende criteria:

1. de kosten van maatregelen zijn terug te verdienen:
 - dit criterium wordt getoetst aan de hand van uitgebreide berekeningen;
2. de effecten op het binnenmilieu zijn acceptabel:
 - het belangrijkste effect is de mogelijke temperatuuroverschrijding. Dit wordt getoetst met berekeningen uit het programma VA 114;
3. de milieubelasting van toegepaste materialen en technieken is acceptabel:
 - dit criterium houdt onder andere in dat de CO₂ emissie niet mag toenemen bij toepassing van een pakket maatregelen;
4. de administratieve lasten worden niet vergroot:
 - de benodigde extra tijd voor ontwerp, toetsing en handhaving moeten bij een uurtarief van € 50,-- exclusief BTW in de exploitatie van het gebouw worden terugverdiend. Extra lasten zijn er door het gebruik van werkelijke waarden in plaats van forfaitaire waarden of extra vergunningsprocedures voor warmtepompen;
5. de ingezette maatregelen zijn realistisch en robuust:
 - alle maatregelen die in deze studie onderzocht worden, voldoen aan de eis.

2.2 Referentiegebouwen

2.2.1 Algemene beschrijving

De gebouwen waaraan gerekend wordt, zijn gebaseerd op de gebouwen die bij een eerdere aanscherpingsstudie door DHV [2] gebruikt zijn. De gehanteerde referentiegebouwen zijn een acceptabele afspiegeling van de desbetreffende deelsegmenten in de utiliteitsbouw. In totaal gaat het om 22 gebouwen met verschillende gebruiksfuncties en omvang. De gebouwen zijn fictieve gebouwen die opgebouwd zijn uit maximaal drie rechthoekige blokvormen. Uitzondering hierop zijn de gevangenis, de HBO-school en de sportgebouwen. Deze gebouwen zijn gebaseerd op werkelijke gebouwen.

In ieder gebouw is er één functie die als hoofdfunctie aangemerkt kan worden (meer dan 70% van het bruto vloeroppervlak).

Aanvankelijk was er sprake van een extra gebouw (een zeer klein kantoorgebouw dat bij een woning wordt aangebouwd) maar omdat hiervoor waarschijnlijk geen eisen gesteld kunnen worden, is dit gebouw voorsnog niet meegenomen in deze studie.

Een nadere toelichting op de referentiegebouwen is gegeven in bijlage 2.

2.2.2 Controle temperatuuroverschrijding

Elf referentiegebouwen hebben geen koelinstallatie. Hier zou mogelijk het gevaar van oververhitting kunnen optreden. De gebouwen zijn eerst gecontroleerd met een vereenvoudigde methode uit ISSO 37 [7]. De gebouwen die volgens ISSO 37 een hoge kans hebben op te hoge binnentemperaturen zijn doorgerekend met een uitgebreidere methode, namelijk VA 114.

Uit de analyse met ISSO 37 bleek bij dat de volgende gebouwen mogelijk oververhitting optreedt:

- café restaurant;
- buurtcentrum;
- basisschool;
- VO-school;
- kleine winkel.

Uit de berekeningen met VA 114 bleek evenwel dat de gebouwen in de referentiesituatie nog voldoen aan de gestelde eisen uit de RGD richtlijnen van 1999 [3].

In bijlage 4 zijn de temperatuuroverschrijdingsberekeningen opgenomen.

2.3 Maatregelen

2.3.1 Investeringskosten

De kosten van de maatregelen zijn bepaald door Techniplan. Ze zijn gebaseerd op actuele marktgegevens. De kosten zijn bepaald voor ieder gebouw afzonderlijk en afgestemd op de omvang van de maatregelen. De kosten zijn inclusief montage en toeslag voor materiaal, bouwplaatskosten en onvoorziene kosten.

De kosten van de maatregelen en de overwegingen die gebruikt zijn bij de bepaling daarvan, zijn uitgebreid beschreven in de rapportage van Techniplan (bijlage 10).

2.3.2 Warmtepompen

In deze haalbaarheidsstudie zijn ook warmtepompen als maatregel onderzocht omdat uit de studie "Marktrijpheid warmtepompsystemen" [6] blijkt dat warmtepompen voldoende marktrijp zijn. De belangrijkste conclusies uit het warmtepomponderzoek zijn:

- de marktinfrastructuur voor warmtepompsystemen heeft zich het afgelopen decennium positief ontwikkeld en heeft geen belemmering voor verdere groei. De markt is het verst voor grote kantoorgebouwen, bijeenkomstgebouwen, klinische gezondheidszorg en HBO-onderwijsgebouwen;
- uit monitoring van gerealiseerde projecten blijkt dat de energetische prestaties goed zijn, mits de systemen goed ontworpen en ingesteld zijn;
- de bestaande wet- en regelgeving vormt geen belemmering voor warmtepompsystemen. Alleen voor kleinere projecten geldt dat enkele bestaande procedures voor vergunningverlening tot beperkte toename van de administratieve last kunnen leiden;
- het stadium van de marktintroductie verschilt per sector, maar kan gemiddeld aangegeven worden als 'early majority'. In deze fase heeft de technologie zich in de praktijk bewezen en is voldoende gestandaardiseerd;

- de marktpenetratie is in het kantorenssegment het grootst en bedraagt circa 20% tot 30% van het totale nieuwbouwwolume van grote kantoren. Voor het overige deel is weinig detailinformatie bekend, maar dit is naar schatting 10% van het nieuwbouwwolume;
- de overall beoordeling van warmtepompsystemen is neutraal tot goed. De aspecten prestaties in de praktijk en stadium van marktintroductie scoren beter dan robuustheid marktinfrastuctuur en wet- en regelgeving.

Voor ieder gebouw uit de haalbaarheidsstudie zijn aanbevelingen gedaan voor de keuze van het toe te passen warmtepompsysteem. Voor de kleine gebouwen zijn dit de warmtepompen die de minste administratieve lasten met zich meebrengen.

2.4 Energieprijzen

De prijzen voor gas en elektriciteit bestaan uit een deel voor netbeheer, levering en belasting. De kosten hiervoor zijn afhankelijk van het jaarverbruik en het aansluitvermogen. Er zijn voor zowel gas als elektriciteit drie categorieën opgesteld (klein, middel en groot) met verschillende prijzen. Ieder gebouw is toegewezen aan één categorie. De categorie voor gas kan anders zijn dan die voor elektriciteit. Bij alle berekeningen aan een gebouw wordt dezelfde energieprijzen gehanteerd. De in tabel 2 genoemde prijzen zijn het gemiddelde van drie landelijke aanbieders (Nuon, Essent en Eneco). Peildatum is 1 januari 2005. De bedragen zijn exclusief BTW.

Tabel 2
Energieprijzen inclusief belasting exclusief BTW

categorie	klein	middel	groot
gas grenzen jaarverbruik gasprijs (euro/m ³)	tot 5000 m ³ 0.437	van 5000 tot 170.000 m ³ 0.372	meer dan 170.000 m ³ 0.211
elektriciteit grenzen jaarverbruik elektriciteitsprijs (euro/kWh)	tot 10.000 kWh 0.155	van 10.000 tot 50.000 kWh 0.111	meer dan 50.000 kWh 0.101

In bijlage 3 zijn de energieprijzen uitgebreid beschreven. Als gevoeligheidsanalyse is gerekend met andere energieprijzen.

2.5 Berekeningsmethodiek kosten/baten

De kosten- en batenberekening wordt uitgevoerd aan de hand van de netto contante waarde methodiek (NCW) en de annuïteitenmethodiek (ANN). Indien de methoden leiden tot een verschillend resultaat, dan geeft de annuïteitenmethode de doorslag.

De methoden gaan uit van een investering en een jaarlijkse besparing op energiekosten. Daarnaast zijn er voor installatiemaatregelen extra jaarlijkse (onderhouds-) kosten die 5% bedragen van de investering. Voor overige maatregelen zijn de extra kosten 0%. Deze benadering is erg globaal omdat er verschillen per maatregel zijn maar in het kader van deze aanscherpingsstudie is een nauwkeuriger benadering niet zinvol.

Het reële rentepercentage is 2.8%. Dit is gebaseerd op een kapitaalmarktrente van 4.0% en een inflatiepercentage van 1.2% (peildatum 1 januari 2005). Daarnaast is er een toeslag voor het renteverlies op het geïnvesteerde kapitaal. Deze toeslag is 1.0% voor commercieel geëxploiteerde gebouwen en 0.4% voor de overige gebouwen. Resumerend betekent dit een rentepercentage van 3.8% voor commerciële gebouwen (bijkomstgebouwen, kantoorgebouwen, logiesgebouwen, sportgebouwen en winkels) en 3.2% voor de niet-commerciële gebouwen (overige functies).

Voor de berekening is een looptijd nodig. Bij een set van maatregelen is deze gelijk aan de minimale levensduur van de afzonderlijke maatregelen. Voor maatregelen die een langere levensduur hebben is er een restwaarde, waarbij de investering lineair wordt afgeschreven. De te hanteren levensduur van de maatregelen is vermeld in [1].

De NCW en ANN worden berekend volgens:

$$NCW = -I_0 + (B - O) \times \frac{1 - (1+r)^{-LT}}{r} + \frac{R}{(1+r)^{LT}}$$

$$ANN = NCW \times \frac{r}{1 - (1+r)^{-LT}}$$

Hierin is:

I_0 [euro]	Investering
B [euro]	Jaarlijkse besparing energiekosten
O [euro]	Jaarlijkse kosten voor onderhoud
r [%]	Rentepercentage
LT [jaar]	Looptijd van het project
R [euro]	Restwaarde van investering na looptijd

2.6 CO₂-emissie

Een randvoorwaarde bij de berekeningen is dat de CO₂-emissie niet mag toenemen bij het toepassen van een maatregelenpakket. De emissie wordt berekend met dezelfde emissiekengetallen die in NPR 2917 versie 2.0 gebruikt worden. Deze kengetallen zijn:

- gas 56 kg CO₂/GJ;
- elektriciteit 69.4 kg CO₂/GJ

Als de verwarmingsinstallatie uit twee verschillende opwekkers bestaat waarbij de ene op gas en de andere op elektriciteit werkt, dan wordt in de berekening van de CO₂-emissie het energiegebruik voor verwarming volledig toegewezen aan de drager van de preferente opwekker. Dit heeft een marginale invloed op de uitkomst omdat bij een vermogensverhouding van 50%-50% het preferente toestel al een aandeel van 97% van het energiegebruik heeft in de normberekening.

3. Resultaten

3.1 Maatregelen

In de onderstaande matrix is met kruisjes aangegeven welke maatregelen nog genomen zouden kunnen worden in de diverse gebouwen. Als er geen kruisje staat, betekent dit dat de maatregel al in de referentie zit of dat de maatregel niet zinvol is voor dit gebouw.

Voor deze maatregelen zijn de kosten bepaald door Techniplan. De maatregelen zijn afzonderlijk doorgerekend met NPR 2917. Een grijs vakje geeft aan dat de maatregel terugverdiend kan worden (dit is zo als de netto contante waarde groter is dan nul). De witte vakjes hebben een negatieve netto contante waarde.

	Bijeenkomst				Cellen	Gezondheidszorg			Kantoor			
	Cafe restaurant	buurtcentrum	museum	theater		Gevangenis	niet klinisch	klinisch		Klein	Middel	Groot
							Groepspraktijk	Verpleegtehuis	Ziekenhuis			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<i>Bouwkundig</i>												
isolatie totaal Rc=3												
Isolatie gevel Rc=3.5			x									
Isolatie gevel Rc=4			x									
Isolatie dak Rc=3.5			x									
Isolatie dak Rc=4			x									
Isolatie vloer Rc=3.5			x									
Isolatie vloer Rc=4			x									
Isolatie totaal Rc=4			x									
Isolatie ramen U=1.8	x	x				x			x			
Glaspercentage 25%			x	x								
Glaspercentage 50%	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Installatie</i>												
Energiezuinige verlichting HF+					x							
Reg ventilatoren inlaat/waaier	x	x	x	x		x		x	x			
Reg ventilatoren toerenregeling	x	x	x	x		x		x	x			
Reg verlichting veegpuls			x	x	x			x	x			
Reg verlichting daglicht		x	x	x	x			x	x			
Reg verlichting daglicht+veegpuls	x	x	x	x	x	x	x	x		x		
Aanwezigheidsdetectie			x	x		x				x		
WTW ventilatielucht rend 60%												
WTW ventilatielucht rend 65 %												
WTW ventilatielucht rend 70%			x	x	x			x		x		
Verhogen rendement CV			x	x								
LTS	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	
Warmtepomp	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Warmte/koudeopslag			x	x	x			x	x	x	x	
Zonneboiler voor ww											x	
WKK								x				

	Loges	Onderwijs				Sportgebouw				Winkel		
	Hotel	Basisschool	VO school	HBO	Gymzaal	Tennishal	Sportthal	Zwembad	Klein	Super	Warenhuis	
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
<i>Bouwkundig</i>												
isolatie totaal Rc=3										x		
Isolatie gevel Rc=3.5						x				x		
Isolatie gevel Rc=4						x				x		
Isolatie dak Rc=3.5						x				x		
Isolatie dak Rc=4						x				x		
Isolatie vloer Rc=3.5						x				x		
Isolatie vloer Rc=4						x				x		
Isolatie totaal Rc=4						x				x		
Isolatie ramen U=1.8	x	x			x				x			
Glaspercentage 25%												
Glaspercentage 50%	x	x	x	x	x		x		x	x	x	
<i>Installatie</i>												
Energiezuinige verlichting HF+							x					
Reg ventilatoren inlaat/waaier			x	x				x		x	x	
Reg ventilatoren toerenregeling			x	x				x		x	x	
Reg verlichting veegpuls	x	x										
Reg verlichting daglicht	x	x										
Reg verlichting daglicht+veegpuls	x	x				x						
Aanwezigheidsdetectie		x	x	x	x	x	x	x				
WTW ventilatielucht rend 60%								x				
WTW ventilatielucht rend 65 %												
WTW ventilatielucht rend 70%	x	x		x		x		x		x	x	
Verhogen rendement CV		x	x			x				x	x	
LTS	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Warmtepomp	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	
Warmte/koudeopslag				x						x	x	
Zonneboiler voor ww						x						
WKK								x				

Opmerkingen:

1. het opgeven van het werkelijke vermogen van de ventilatoren in plaats van forfaitaire waarden is geen echte maatregel maar het leidt in de meeste gevallen wel tot een verlaging van de EPC. Hiervoor zijn extra (administratieve) kosten opgenomen van € 100,-;
2. de regeling voor ventilatoren kan in het rekenprogramma alleen worden toegepast als de werkelijke ventilatorvermogens zijn opgegeven (en niet forfaitair);
3. de maatregelen kunnen niet altijd in het gehele gebouw worden toegepast. Dit geldt bijvoorbeeld voor verlichtingsregelingen. Als een maatregel terugverdiend kan worden dan betekent dit soms dat de maatregel slechts in een deel van het gebouw wordt toegepast;

4. bij het toepassen van een isolatiemaatregel of warmteterugwinning kan het opgestelde vermogen voor verwarming kleiner worden waardoor er een kostenbesparing optreedt. De meeste gebouwen waren in de referentie echter al geïsoleerd tot een R_c van $4 \text{ m}^2\text{K/W}$. Het effect is daarom beperkt¹ en om die reden is dit niet meegenomen, ook niet bij de combinaties van maatregelen (het pakket). Bij het toepassen van een warmtepomp is het benodigde vermogen wél opnieuw ingeschat. Voor monovalente warmtepompsystemen (verwarmingssystemen zonder cv-ketel) is het benodigde vermogen met 20% gereduceerd omdat er geen vermogen nodig is voor het opwarmen na nachtverlaging;
5. een warmtepomp wordt over het algemeen ingezet in combinatie met een HR-ketel. De ketel vangt dan de pieklast op. In een aantal gevallen is het benodigde vermogen van de HR-ketel zeer klein. Er is geen rekening gehouden met het effect dat deze lage vermogens mogelijk niet verkrijgbaar zijn op de markt;
6. er zijn een paar gebouwen waar geen enkele maatregel kostenneutraal is. Over het algemeen is het voor kleine gebouwen moeilijker om een maatregel te vinden dan voor grote gebouwen;
7. het veranderen van het glaspercentage naar 50% is in alle gevallen energetisch ongunstig. Dit is niet een echte maatregel maar meer een ingreep in het gebouwconcept.

3.2 Maatregelpakketten

3.2.1 Kostenneutraal pakket

Voor ieder gebouw is het meest besparende, kostenneutrale pakket samengesteld. Dit bestaat uit alle maatregelen die een positieve netto contante waarde hebben. Hiervan zijn uitgezonderd maatregelen die elkaar uitsluiten, bijvoorbeeld isolatie tot $R_c=3.5$ en isolatie tot $R_c=4 \text{ m}^2 \text{ K/W}$. Voor deze maatregelen is de meest besparende maatregel gekozen. Het pakket bestaat verder uit maatregelen die individueel net niet terugverdiend worden (een licht negatieve kosteneffectiviteit), maar die een effect op de Q_{ratio} hebben van minimaal 0.05. Een randvoorwaarde is verder dat het totale pakket wél kostenneutraal moet zijn, een reductie van de CO_2 -emissie tot gevolg moet hebben en tot een verlaging van de EPC leidt.

Het kostenneutrale pakket is vervolgens doorgerekend. In tabel 3 is per gebouw vermeld uit welke maatregelen het pakket bestaat en wat de belangrijkste resultaten zijn.

De CO_2 -emissiereductie is de reductie ten opzichte van het huidige beleid. De getallen in de kolom met ΔEPC -eis zijn bepaald als de ΔQ_{ratio} vermenigvuldigd met de huidige EPC-eis. Dit is een benadering van de werkelijke mogelijke verandering van de EPC-eis omdat de formule voor het toelaatbare energiegebruik nog meer termen bevat naast de term met EPC-eis. In werkelijkheid is de aanscherpingsruimte iets groter.

¹ Voor het hotel leidt het verhogen van het warmteterugwinrendement van 65% naar 70% tot een verlaging van het benodigde verwarmingsvermogen van 111 naar 107 kW, bij de basisschool van 63 kW naar 61 kW en bij de HBO van 615 kW naar 600 kW.

Tabel 3
Kostenneutraal pakket

functie	gebouw	codering maatregelen in pakket	annuïteit (euro/jaar /m ²)	CO ₂ reductie (kg/jaar/m ²)	ΔQ _{ratio} (-)	ΔEPC-eis (-)
bijeenkomst	café restaurant	5, 9, 11	1,10	7,7	0,11	0,24
	buurtcentrum	5, 9, 11	1,39	11,8	0,17	0,37
	museum	4, 9, 10, 11, 15	2,6	25,6	0,46	1,01
	theater	9, 10, 11, 12, 15	3,11	25,0	0,46	1,01
cellen	gevangenis	6, 7	0,12	1,5	0,03	0,06
	gezondheidszorg niet klinisch	groepspraktijk	5, 9, 10, 16	0,85	10,5	0,32
gezondheidszorg klinisch	verpleeghuis	8, 9, 12, 15	1,40	15,8	0,28	1,01
	ziekenhuis	9, 11, 17	6,23	33,4	0,31	1,13
kantoor	kantoor klein	5, 16	0,07	10,7	0,35	0,53
	kantoor middel	9, 12, 15	0,40	7,9	0,29	0,44
	kantoor groot	15, 18	1,25	7,4	0,30	0,45
logies	hotel	5, 9	0,13	2,3	0,05	0,09
onderwijs	basisschool	5, 9, 13	0,34	4,7	0,09	0,13
	VO-school	11, 16	0,29	8,0	0,28	0,39
	HBO-school	9, 10, 11, 12, 15	1,13	15,8	0,43	0,60
sport	gymzaal	5, 10	0,16	3,1	0,05	0,10
	tennishal	1	0,00	0,1	0,00	0,01
	sporthal					0,00
	zwembad	9, 11, 12	0,89	10,9	0,28	0,50
winkel	kleine winkel	5	0,34	1,9	0,02	0,08
	supermarkt	1, 3, 11, 16	0,57	14,2	0,22	0,76
	warenhuis	11, 12, 15	2,67	21,3	0,28	0,97

De codering van de maatregelen is volgens tabel 4.

Tabel 4
Maatregelcodering

code	maatregel
1	isolatie gevel $R_c=3,5$
2	isolatie dak $R_c=3,5$
3	isolatie dak $R_c=4$
4	isolatie $R_c=4$
5	$U_{raam}=1,8$
6	energiezuinige HF verlichting
7	veegregeling
8	daglichtregeling
9	veeg/daglichtregeling
10	aanwezigheidsdetectie
11	werkelijke ventilatorvermogens met toerenregeling
12	wtw 70%
13	hoger cv rendement
14	wp met hr-ketel
15	wp met hr-ketel en koudeopslag
16	wp met hr-ketel overal toepasbare bron
17	wkk
18	zonneboiler voor tapwater

3.2.2 Bijna kostenneutraal pakket

Bij de berekeningen bleek dat bij een aantal gebouwen sommige maatregelen nét niet kostenneutraal waren. Indien de eis van het volledig terugverdienen van maatregelen losgelaten wordt, komen meer maatregelen in beeld. Er is ook een pakket doorgerekend waarbij de annuïteit **maximaal 1 euro per jaar per m² gebruiksoppervlak** negatief is. Dit pakket staat in tabel 5. Voor een aantal gebouwen is er geen verschil tussen het kostenneutrale pakket en het pakket dat net niet kostenneutraal is omdat het toevoegen van extra maatregelen aan het kostenneutrale pakket ertoe leidt dat de annuïteit onder de -1 euro per jaar per m² komt. Deze gebouwen zijn alle bijeenkomstgebouwen, alle gezondheidszorggebouwen (klinisch en niet klinisch), het kleine en grote kantoor, de HBO-school, het zwembad, de kleine winkel en het warehouse. Deze gebouwen zijn niet opgenomen in tabel 5.

Tabel 5
Bijna kostenneutraal pakket

functie	gebouw	codering maatregelen in pakket	annuïteit per m ² A _g (euro/jaar/m ²)	CO ₂ reductie (kg/jaar/m ²)	ΔQ _{radio} (-)	ΔEPC-eis (-)
cellen	gevangenis	6, 9, 14	-0,44	6,8	0,22	0,41
kantoor	kantoor middel	9, 10, 12, 15	-0,63	9,4	0,32	0,49
logies	hotel	5, 9, 12, 16	-0,68	5,2	0,19	0,36
onderwijs	basisschool	5, 9, 10, 12, 13	-0,80	6,3	0,12	0,17
	VO-school	10, 11, 16	-0,14	8,9	0,30	0,42
sport	gymzaal	5, 10, 16	-0,31	3,5	0,19	0,35
	tennisshal	1, 2, 9, 10, 18	-0,89	5,4	0,13	0,24
	sporthal	10, 16	-0,36	3,9	0,24	0,43
winkel	supermarkt	4, 11, 12, 16	-0,55	15,1	0,23	0,79

3.2.3 Pakket met overal toepasbare warmtepomp

De in tabel 3 en 5 genoemde pakketten bevatten voor ieder gebouw de meest realistische warmtepompconcepten. Deze concepten zijn gebaseerd op de warmtepompstudie [6]. Voor een aantal gebouwen is één van de varianten een warmtepomp met een aquifer of met grondwater als bron. Dit geldt voor zeven gebouwen bij het kostenneutrale pakket en voor acht gebouwen bij het bijna kostenneutrale pakket. Deze concepten zijn niet overal in Nederland toepasbaar. Voor deze gebouwen is het kostenneutrale en bijna kostenneutrale pakket ook vastgesteld met als randvoorwaarde dat er alleen warmtepompen in zitten die overal toepasbaar zijn. Het is ook mogelijk dat zo'n pakket geen warmtepomp bevat of dat er geen pakket mogelijk is. In tabel 6 zijn de nieuwe pakketten weergegeven. Ter informatie is ook de oorspronkelijke verandering van de EPC-eis opgenomen.

Tabel 6
Kostenneutrale pakketten met overal toepasbare warmtepomp

gebouw	codering maatregelen in pakket	annuïteit (euro/jaar/m ²)	CO ₂ reductie (kg/jaar/m ²)	ΔQ _{ratio} (-)	ΔEPC-eis (-)	ΔEPC-eis oorspronkelijk* (-)
museum	4, 9, 10, 11, 16	1,80	22,2	0,41	0,90	1,01
theater	9, 10, 11, 12, 16	2,98	24,1	0,45	0,98	1,01
verpleeghuis	8, 9, 12, 16	1,72	14,3	0,26	0,95	1,01
kantoor middel	9, 12, 16	0,35	7,1	0,27	0,41	0,44
kantoor groot	16, 18	1,26	6,4	0,27	0,41	0,45
hbo	9, 10, 11, 12, 16	1,42	12,0	0,35	0,50	0,60
warenhuis	11, 12, 16	0,95	16,4	0,23	0,79	0,97

* afkomstig uit tabel 3

Tabel 7
Bijna kostenneutrale pakketten met overal toepasbare warmtepomp

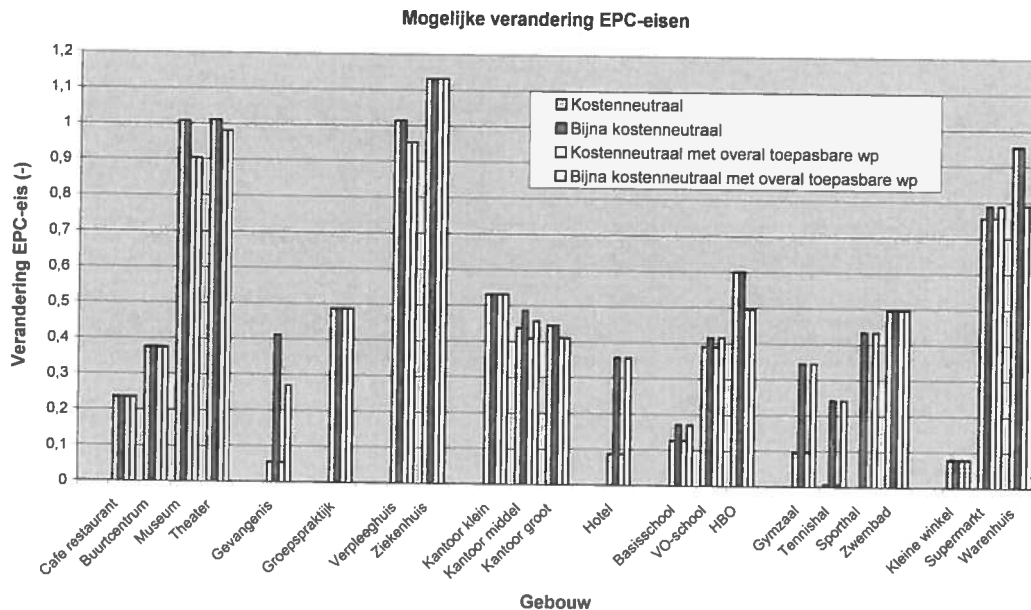
gebouw	codering maatregelen in pakket	annuïteit (euro/jaar/m ²)	CO ₂ reductie (kg/jaar/m ²)	ΔQ _{ratio} (-)	ΔEPC-eis (-)	ΔEPC-eis oorspronkelijk* (-)
museum	4, 9, 10, 11, 16	1,80	22,2	0,41	0,90	1,01
theater	9, 10, 11, 12, 16	2,98	24,1	0,45	0,98	1,01
gevangenis	6, 9, 16	-0,38	3,1	0,14	0,27	0,41
verpleeghuis	8, 9, 12, 16	1,72	14,3	0,26	0,95	1,01
kantoor middel	9, 10, 12, 16	-0,68	8,5	0,31	0,46	0,49
kantoor groot	16, 18	1,26	6,4	0,27	0,41	0,45
hbo	9, 10, 11, 12, 16	1,42	12,0	0,35	0,50	0,60
warenhuis	11, 12, 16	0,95	16,4	0,23	0,79	0,97

* afkomstig uit tabel 5

3.3 Beschouwing van aanscherpingsmogelijkheden

3.3.1 Aanscherpingsruimte

De mogelijke aanscherpingen van de EPC-eisen per gebouw uit de vorige paragraaf zijn grafisch weergegeven in onderstaande figuur voor de vier pakketten: kostenneutraal, bijna kostenneutraal en met en zonder een warmtepomp die overal toepasbaar is. Gebouwen met dezelfde gebruiksfunctie zijn gegroepeerd.



Voor de meeste gebruiksfuncties zijn meerdere gebouwen doorgerekend. De mogelijke aanscherpingsruimte van de EPC-eisen wordt bepaald door het meest kritische gebouw binnen de functie. In principe is het kostenneutrale pakket bepalend voor de aanscherpingsruimte maar in een aantal gevallen kan ook rekening gehouden worden met de resultaten van de bijna kostenneutrale pakketten of het pakket met de warmtepomp die overal toepasbaar is.

Verder geldt dat de aanscherping een veelvoud van 0.1 moet zijn. De berekende getallen worden afgerond naar het dichtstbijzijnde veelvoud van 0.1. Het is niet nodig om de getallen uitsluitend naar beneden af te ronden omdat de resultaten afkomstig zijn van slechts een beperkt aantal gebouwen en omdat de werkelijke aanscherpingsruimte iets groter is dan de hier gepresenteerde waarde (zie opmerking boven tabel 3).

De gebruiksfuncties worden achtereenvolgens besproken.

Bijeenkomstgebouwen

Er zijn vier bijeenkomstgebouwen doorgerekend. Bij de twee kleine gebouwen (café restaurant en buurtcentrum) is de aanscherpingsruimte veel kleiner dan bij de grote gebouwen (museum en theater).

Op basis van het kostenneutrale pakket is de aanscherpingsruimte 0,2. Deze wordt bepaald door het café-restaurant. Het maakt niet uit of het bijna kostenneutrale pakket wordt gehanteerd als maatstaf omdat dit voor dit gebouw hetzelfde pakket is. De aanscherpingsruimte wordt niet bepaald door warmtepompen met een bron die niet overal toepasbaar is. Deze warmtepompen hebben alleen effect op het museum en het theater.

Celgebouwen

Er is één celgebouw doorgerekend. Het kostenneutrale pakket geeft een geringe aanscherpingsruimte (afgerond 0,1). Als de eis van kostenneutraal losgelaten wordt dan is aanscherping van 0,4 mogelijk met een warmtepomp op grondwater. Met een warmtepomp op buitenlucht is maximaal een aanscherping van 0,3 haalbaar (niet kostenneutraal).

Gezondheidszorg niet klinisch

Voor deze functie is er één gebouw. Het kostenneutrale pakket geeft een aanscherpingsruimte van 0,5. Ook het bijna kostenneutrale pakket leidt tot die uitkomst. Het kostenneutrale pakket bevat een warmtepomp die overal toepasbaar is.

Gezondheidszorg klinisch

Deze functie heeft twee gebouwen. Voor beide geldt dat er een zeer grote aanscherpingsruimte is van 1,0. Bij het verpleeghuis wordt deze bepaald door de warmtepomp in combinatie met koudeopslag. Met een andere warmtepomp is de aanscherpingsruimte iets kleiner, maar afgerond nog steeds 1,0. Bij ziekenhuis wordt ruim de helft van de aanscherpingsruimte bepaald door het rekenen met het werkelijke ventilatorvermogen in plaats van forfaitaire waarden. De bron van de warmtepomp heeft geen effect op het resultaat.

Kantoorgebouwen

Er zijn drie kantoorgebouwen doorgerekend. Het middelgrote en het grote kantoor zijn het meest bepalend voor de aanscherpingsruimte. Voor deze gebouwen is er een aanscherpingsruimte van 0,4. Met geringe meerkosten verandert dit niet. In de pakketten zit een warmtepomp met een aquifer. Met een andere warmtepomp is eenzelfde aanscherping mogelijk. Het kleine kantoor heeft een aanscherpingsruimte van 0,5. Dit pakket is kostenneutraal en bevat een gecombineerde warmtepomp op ventilatieretourlucht en op buitenlucht en een HR-ketel. De kosteneffectiviteit is erg afhankelijk van de manier waarop dit systeem wordt ingevoerd in het rekenprogramma (zie bijlage 9). Bij een iets lager rendement is de annuïteit kleiner dan nul.

Logiesgebouwen

Voor het hotel is een aanscherping van 0,1 mogelijk. Het pakket hiervoor is kostenneutraal. Met geringe meerkosten is ook een pakket met een warmtepomp (op buitenlucht) mogelijk. De aanscherpingsruimte is dan 0,4.

Onderwijsgebouwen

Er zijn drie gebouwen doorgerekend voor deze functie. Het kleine gebouw (basisschool) is bepalend voor de aanscherpingsruimte. Er is een aanscherping van 0,1 mogelijk. Met het bijna kostenneutrale pakket is 0,2 aanscherping mogelijk. Deze pakketten bevatten geen warmtepompen.

Sportgebouwen

Er zijn vier sportgebouwen doorgerekend. Voor twee hiervan (tennisal en sporthal) is er geen kostenneutrale aanscherping mogelijk. Met het bijna kostenneutrale pakket is wel een aanscherping mogelijk van respectievelijk 0,2 en 0,4. Hierbij moet opgemerkt worden dat de sporthal in de referentie een Q_{ratio} van 1,26 (in plaats van 1,0) had. Met het pakket komt de Q_{ratio} uit op 1,0. Eigenlijk is er dus geen aanscherping mogelijk.

Voor de gymzaal is er een maximale aanscherping van 0,1. Dit is op basis van het kostenneutrale pakket. Met het bijna kostenneutrale pakket is de aanscherpingsruimte 0,3.

De pakketten voor de sportgebouwen die maatgevend zijn voor de aanscherpingsruimte bevatten geen warmtepompen die beperkt toepasbaar zijn.

Winkelgebouwen

Er zijn drie winkelgebouwen doorgerekend. Het verschil tussen de kleine winkel enerzijds en de supermarkt en het warenhuis anderzijds is erg groot. De kleine winkel scoort veel slechter. Voor dit gebouw is een aanscherping van 0,1 nauwelijks mogelijk terwijl er voor de grotere winkels een aanscherpingsruimte van 0,8 mogelijk is. Deze aanscherping is kostenneutraal en niet afhankelijk van de bron van de warmtepomp.

Totaaloverzicht

Op basis van de resultaten zijn de aanscherpingsmogelijkheden zoals genoemd in tabel 8. De eerste variant geeft de aanscherpingsruimte (Δ EPC-eis) volgens het kostenneutrale pakket weer. Bij de tweede variant is ook rekening gehouden met geringe jaarlijkse meerkosten. Variant 3 is het kostenneutrale pakket waarbij alleen overal toepasbare warmtepomp zijn meegenomen. Variant 4 is het bij kostenneutrale pakket met de overal toepasbare warmtepomp. Ter informatie is ook de huidige EPC-eis opgenomen in tabel 8.

Tabel 8
Aanscherpingsruimte EPC-eisen

gebruiksfunctie	huidige EPC-eis	variant 1 (kostenneutraal)	variant 2 (bijna kostenneutraal)	variant 3 (kostenneutraal met overal toepasbare warmtepomp)	variant 4 (bijna kostenneutraal met overal toepasbare warmtepomp)
bijeenkomstgebouwen	2.2	0.2	0.2	0.2	0.2
celgebouwen	1.9	0.1	0.4	0.1	0.3
gezondheidszorg niet klinisch	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5
gezondheidszorg klinisch	3.6	1.0	1.0	1.0	1.0
kantoren	1.5	0.4	0.4	0.4	0.4
logiesgebouwen	1.9	0.1	0.4	0.1	0.4
onderwijs	1.4	0.1	0.2	0.1	0.2
sportgebouwen	1.8	0	0.2	0	0.2
winkels	3.4	0.1 (0.8 *)	0.1 (0.8 *)	0.1 (0.8*)	0.1 (0.8 *)

(*) 0.8 indien de kleine winkel niet meegenomen wordt.

Voor de meeste functies is er weinig verschil tussen de mogelijke aanscherping bij de diverse varianten. Het kostenneutrale pakket leidt bij één functie niet tot een aanscherping. Bij het bijna kostenneutrale pakket is er voor alle functies een aanscherping mogelijk. Als alleen overal toepasbare warmtepompen meegenomen worden, dan heeft dit ten opzichte van variant 1 geen effect op de aanscherpingsruimte (kostenneutraal). Bijna kostenneutraal is de mogelijke aanscherping bij één functie geringer dan in variant 2.

De voorkeur gaat uit naar variant 1 (kostenneutraal, met alle warmtepompconcepten). De kosteneffectiviteit is een randvoorwaarde die is opgelegd vanuit de methodiek. Het probleem dat warmtepompen met aquifers niet kunnen worden toegepast, speelt in slechts een zeer klein gebied in Nederland. Bovendien geldt voor meerdere maatregelen (bijvoorbeeld andere warmtepompconcepten en wkk in verband met geluid of verlichtingsvermogens in verband met extreme verlichtingsniveaus) dat ze niet overal zonder meer toepasbaar zijn. Met de keuze voor variant 3 als uitgangspunt om de EPC-eisen op te baseren, zouden er dus toch nog gebouwen overblijven die niet kunnen voldoen aan de eisen. Maar voor de aanscherpingsruimte maakt het niet uit.

3.3.2 Kleine winkel

De kleine winkel is gemodelleerd als een klein vrijstaand gebouw. Uit de resultaten blijkt dat voor dit gebouw weinig verbetermogelijkheden zijn. In de praktijk komt zo'n vrijstaande winkel echter niet veel voor. Veel vaker vormen winkels een plint onder een veel groter woon- of kantoorgebouw. Daarom is ook een referentiegebouw opgesteld dat bestaat uit tien kleine winkels naast elkaar met daarboven woningen. Het glaspercentage in de gevel is 30%.

Het blijkt dat het voor dit gebouw zelfs met een R_c van 2,5 m²K/W en een VR-ketel mogelijk is om uit te komen op een Q_{ratio} van (minder dan) 1². Dit gebouw is dus nog beter dan de supermarkt. Bij het doorrekenen van maatregelen zal een energieprijis gebruikt worden die gelijk is aan die van de kleine winkel (de tien winkels worden afzonderlijk bemeterd). Deze prijs is hoger dan de prijs die bij de supermarkt gehanteerd is waardoor de maatregelen gunstiger zullen uitpakken. Deze twee factoren zorgen ervoor dat het niet nodig is om voor dit gebouw maatregelpakketten door te rekenen, omdat dit gebouw gunstiger uit zal komen dan de supermarkt en dus niet bepalend is voor de aanscherpingsruimte voor winkels. Het is wel van belang om vast te stellen welke gebouwen voor winkels gebruikt moeten worden bij volgende aanscherpingsstudies.

3.4 Gevoeligheidsanalyses

Omdat enkele parameters berusten op aannames over toekomstige ontwikkelingen is op verzoek van de begeleidingscommissie een aantal gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. Met de gevoeligheidsanalyses kan het effect van een wijziging van de uitgangspunten op het eindresultaat bepaald worden. Er zijn varianten voor de energieprijis, de rente en de levensduur doorgerekend. Daarnaast is het effect van het wijzigen van het glaspercentage en de gebouwvorm onderzocht.

² Het gebouw met 30% glas betekent een linker en rechterzijde volledig dicht en een voor- en achterzijde met ieder 40% glas. Q_{ratio} is dan 0.92. Er zijn ook varianten doorgerekend met hogere glaspercentages. Bij 60 en 70% glas is Q_{ratio} gelijk aan respectievelijk 1.01 en 1.04 (bij verder gelijkblijvende isolatie/installatie). Een glaspercentage van 60% komt overeen met een voorzijde volledig van glas, een achterzijde voor de helft uit glas en de zijkanten volledig dicht.

Er zijn diverse manieren om het effect weer te geven. Het is mogelijk om een nieuw kosten-neutraal pakket samen te stellen op basis van de nieuwe uitgangspunten, maar in een aantal gevallen levert het voldoende inzicht op om enkel de verandering van de annuïteit van het bestaande kostenneutrale pakket (of van de individuele maatregelen) te bepalen.

3.4.1 Energieprijzen

De energieprijs speelt een grote rol bij het al dan niet kostenneutraal zijn van maatregelen. De energieprijs is onder meer afhankelijk van de olieprijs. De verwachtingen hierover lopen sterk uiteen. Daarom zijn twee scenario's doorgerekend waarin een vaste stijging van de energieprijzen wordt aangenomen. Deze stijgingen zijn 4 en 8%. Voor een onderbouwing van deze percentages zie bijlage 5. De stijgingen gelden voor zowel de gas- als de elektriciteitsprijs en voor zowel kleine, middelgrote als grote gebruikers. Voor beide percentages is opnieuw het kostenneutrale pakket vastgesteld.

Het blijkt dat de stijging van de energieprijzen weliswaar de annuïteit van de pakketten beïnvloedt, maar dat dit in bijna alle gebouwen geen invloed heeft op de samenstelling van het kostenneutrale pakket en dus ook niet op de aanscherpingsruimte. Slechts voor twee gebouwen verandert het pakket en in beide gevallen is de verandering van de aanscherpingsruimte beperkt. In tabel 9 zijn deze gebouwen vermeld.

Tabel 9
Verandering van ΔQ_{ratio} van het kostenneutrale pakket bij stijging energieprijzen

gebouw	oorspronkelijke ΔQ_{ratio} (-)	ΔQ_{ratio} bij stijging van 4% (-)	ΔQ_{ratio} bij stijging van 8% (-)
VO school	0.28	0.28	0.30
supermarkt	0.22	0.23	0.23

Bij de VO-school wordt het eerder genoemde bijna kostenneutrale pakket kostenneutraal bij een stijging van de energieprijzen met 8%. Aan het oorspronkelijke pakket is aanwezigheidsdetectie toegevoegd. De verandering van Q_{ratio} is gering. Bij de supermarkt is warmteterugwinning toegevoegd.

Hoewel door de stijging van de energieprijzen de annuïteit van het kostenneutrale pakket in alle gebouwen wel stijgt, zijn er in de meeste gebouwen geen extra maatregelen te treffen die terugverdiend kunnen worden. Blijkbaar zijn deze maatregelen allemaal nog te duur. Dit hangt samen met het feit dat er in de meeste gebouwen niet heel veel extra maatregelen mogelijk zijn.

3.4.2 Rente

Het in de berekeningen gebruikte rentepercentage is 3.8% voor commerciële gebouwen en 3.2% voor niet-commerciële gebouwen. Deze is gebaseerd op een kapitaalrente van 4% met correcties voor inflatie en commerciële/niet-commerciële toeslag. Om te zien wat de invloed van de rente op het eindresultaat is, zijn de kostenneutrale pakketten ook doorgerekend met een hoger en een lager rentepercentage.

De rente op dit moment (juli 2005) is 3,1 % (bron: CBS). Dit percentage is gebruikt in een variant (afgerond 3%). Daarnaast is gerekend met een rentepercentage van 6%. De correcties voor inflatie en toeslagen zijn gehandhaafd.

In tabel 10 is de annuïteit van het kostenneutrale pakket bij de 3 rentepercentages vermeld. In de vijfde en zesde kolom zijn de procentuele toe- en afname van de annuïteit weergegeven.

Tabel 10
Annuïteit van het kostenneutrale pakket bij drie rentepercentages

gebouw	annuïteit (euro/jaar/m ²)			verandering annuïteit t.o.v. R=4% (%)	
	R=4%	R=3%	R=6%	R=3%	R=6%
café restaurant	1,10	1,14	1,04	4%	-8%
buurtcentrum	1,39	1,46	1,23	5%	-11%
museum	2,60	2,79	2,21	7%	-15%
theater	3,11	3,19	2,96	2%	-5%
gevangenis	0,12	0,13	0,11	5%	-10%
groepspraktijk	0,85	0,93	0,67	10%	-21%
verpleeghuis	1,40	1,51	1,17	8%	-16%
ziekenhuis	6,23	6,26	6,16	1%	-1%
kantoor klein	0,07	0,18	-0,16	151%	-318%
kantoor middel	0,40	0,47	0,26	17%	-36%
kantoor groot	1,25	1,28	1,19	2%	-5%
hotel	0,13	0,14	0,09	14%	-30%
basisschool	0,34	0,38	0,27	10%	-20%
VO-school	0,29	0,37	0,13	26%	-56%
HBO	1,13	1,23	0,92	9%	-19%
gymzaal	0,16	0,19	0,11	15%	-33%
tennisshal	0,00	0,00	-0,01	365%	-807%
zwembad	0,89	0,94	0,79	5%	-11%
kleine winkel	0,34	0,34	0,32	2%	-4%
supermarkt	0,57	0,78	0,15	36%	-73%
warenhuis	2,67	2,74	2,54	2%	-5%

De rente heeft een beperkte invloed op het eindresultaat. De grote relatieve toe- en afnames zijn te zien bij gebouwen waar de annuïteit klein was (in de buurt van 0). Daardoor zijn de percentages hoog. De absolute toe- en afname van de annuïteit bij die gebouwen is beperkt.

Bij twee gebouwen is het kostenneutrale pakket bij een rentepercentage van 6% niet meer kostenneutraal.

Opmerking: de sporthal komt niet voor in deze lijst omdat daar geen kostenneutraal pakket was.

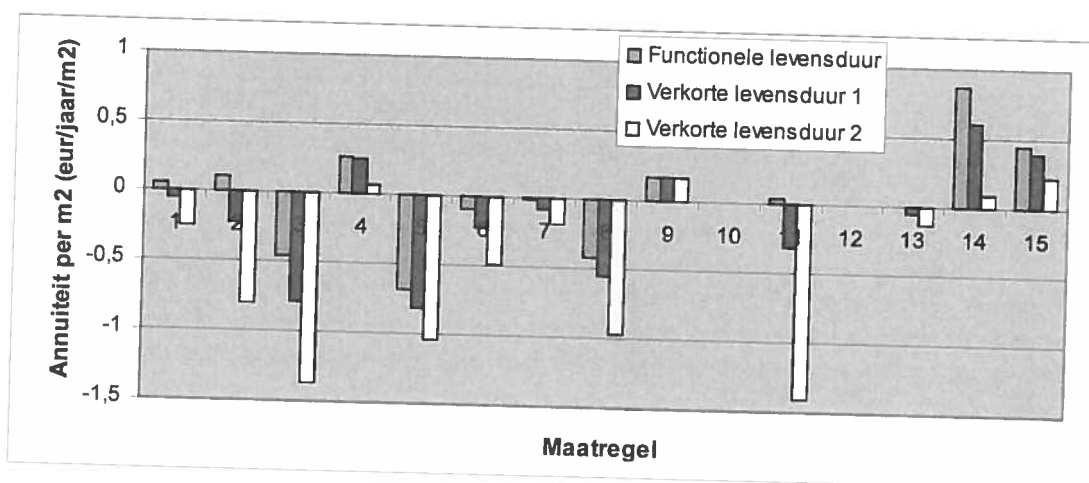
3.4.3 Levensduur van maatregelen

Bij het doorrekenen van de maatregelen is een vaste functionele levensduur van de maatregelen gehanteerd. Deze levensduur is afhankelijk van de technische levensduur van de maatregel en de functionele levensduur van het bouwdeel waarvan het onderdeel uitmaakt. Om de invloed van de levensduur te bepalen zijn enkele gebouwen doorgerekend met een kortere levensduur van de maatregelen. In de tabel zijn per maatregel de bij dit onderzoek gebruikte functionele levensduur en twee varianten van verkorte levensduur genoemd.

Tabel 11
Levensduur van maatregelen

		functionele levensduur (jaar)	verkorte levensduur 1 (jaar)	verkorte levensduur 2 (jaar)
	bouwkundige maatregelen			
1	isolatie gevel verhogen	50	20	10
2	isolatie dak verhogen	50	20	10
3	isolatie begane-grondvloer verhogen	50	20	10
4	isolatie ramen verhogen	20	15	5
5	glaspercentage wijzigen	50	20	10
	installatiemaatregelen			
6	energiezuiniger verlichting	20	10	5
7	regeling van de verlichting	20	10	5
8	warmteterugwinning uit ventilatielucht	15	10	5
9	verhogen rendement cv-ketel	15	10	5
10	laagtemperatuursysteem	25	10	5
11	warmtepomp samen met een HR-ketel	15	10	5
12	koudeopslag in de bodem	50	20	10
13	warm water met zonneboiler	20	10	5
14	mini-warmtekrachtkoppeling	20	10	5
15	toerenregeling ventilatoren	15	10	5

Het effect van het gebruik van een andere levensduur kan niet getoond worden aan de hand van het kostenneutrale pakket omdat in dat pakket niet alle maatregelen voorkomen. Daarom zijn de andere levensduren gebruikt bij de berekeningen aan de individuele maatregelen voor een beperkt aantal gebouwen. In principe zijn dit de kantoor- en onderwijsgebouwen. Aangezien niet alle maatregelen bij deze gebouwen voorkomen, is in een aantal gevallen nog een extra gebouw doorgerekend. Dit is meestal de supermarkt. In de grafiek is uitgezet de gemiddelde annuïteit per m² gebruiksooppervlak van de individuele maatregelen.



De annuïteit daalt door de kortere levensduur. Hierdoor zijn sommige maatregelen die nu nog kostenneutraal zijn (positieve annuïteit), dit niet meer als met de verkorte levensduur gerekend wordt. Dit is te zien bij de gevel- en dakisolatie (1 en 2) en de warmtepomp (11). Voor pakketten zal er hetzelfde effect zijn. In de methodiek is echter vastgelegd dat gerekend moet worden met de functionele levensduur.

Opmerkingen bij de grafiek:

1. voor de HR-ketel (9) zijn er geen meerkosten ten opzichte van de referentie (HR is standaard). Daardoor blijft de annuïteit gelijk bij wijziging van de levensduur;
2. de maatregelen laagtemperatuursysteem (10) en koudeopslag (12) zijn niet afzonderlijk doorgerekend. Daarom is er geen staaf in de grafiek bij deze maatregelen.

3.4.4 Gebouwworm

De referentiegebouwen zijn allemaal blokvormig. De invloed van de vorm van het gebouw op de EPC is onderzocht aan de hand van een L-vormig gebouw. Hiervoor is het buurtcentrumgebouw gekozen. Bij het opstellen van het nieuwe gebouw is het gebruiksoppervlak constant gehouden. De oppervlakten van de buitenschil zijn aangepast. In de nieuwe situatie bestaat het gebouw uit vijf blokken van 7,5 bij 7,5 m die in een L-vorm geplaatst zijn. Het gebouw bestaat uit één bouwlaag.

De waarde van Q_{ratio} in de uitgangssituatie was 1,03. Bij het L-vormige gebouw is de waarde gelijk aan 1,08. De L-vorm is iets ongunstiger omdat er meer buitenoppervlak is. Indien gekozen wordt voor een minder gunstige gebouwworm zullen dus extra maatregelen getroffen moeten worden om aan de EPC-eis te kunnen voldoen.

3.4.5 Effect van glaspercentage

Bij het opstellen van de gebouwvarianten is in alle gevallen het glaspercentage constant gebleven. Het is echter ook zinvol om te zien wat het effect is van een groter glasoppervlak in de gevel. Daarom zijn alle referenties ook doorgerekend met een glaspercentage van 50%. Dit resulteert in alle gevallen in een hogere Q_{ratio} . In tabel 12 is te zien hoe groot het effect is voor de diverse gebouwen.

Tabel 12
Effect op Q_{ratio} bij wijziging glaspercentage tot 50%

gebouw	glaspercentage in referentie (%)	verandering van Q_{ratio} (-)
café restaurant	40	0.055
buurtcentrum	35	0.074
museum	10	0.168
theater	10	0.076
gevangenis	25	0.090
groepspraktijk	30	0.091
verpleeghuis	35	0.059
ziekenhuis	35	0.027
kantoor klein	30	0.101
kantoor middel	30	0.113
kantoor groot	30	0.113
hotel	30	0.082
basisschool	50	0.013
VO-school	45	0.030
HBO-school	40	0.042
gymzaal	10	0.297
sporthal	5	0.336
kleine winkel	15	0.192
supermarkt	15	0.065
warenhuis	15	0.074

De referentiegebouwen die uit meerdere blokken bestaan, hebben (in de referentie) in een aantal gevallen een verschillend glaspercentage per blok. In tabel 12 is alleen het percentage van de hoofdfunctie (grootste blok) aangegeven. In de variant zijn de glaspercentages van alle blokken gelijk aan 50%.

De tennishal en het zwembad zijn werkelijke gebouwen. Hierin zit ook veel glas in het dak. Deze gebouwen zijn niet opnieuw doorgerekend met 50% glas in de gevel.

Indien gekozen wordt voor een gebouwconcept met een hoog glaspercentage in de gevel, dan zullen dus extra maatregelen genomen moeten worden om te kunnen blijven voldoen aan de EPC-eisen.

3.4.6 Overall beschouwing gevoeligheidsanalyses

De onderzochte factoren hebben een wisselend effect op de uitkomsten. Er zijn factoren die een positief effect hebben op de aanscherpingsruimte, maar er zijn ook factoren met een negatief effect. Daarnaast is de impact verschillend.

Vanwege de stijging van de energieprijzen zouden de eisen verzwaard kunnen worden, terwijl de gebouwworm juist aanleiding geeft tot een versoepeling van de eisen. De invloed van de rente is te gering om een heroverweging te doen. Het effect van de levensduur van de maatregelen is weliswaar aanzienlijk, maar de keuze voor functionele levensduur is vastgelegd in de methodiek. Daarom wordt dit aspect neutraal beoordeeld. Het glaspercentage van de gebouwen is in de referentie al een gemiddelde, realistische waarde. Daarom wordt ook dit aspect neutraal beoordeeld. Ervan uitgaande dat de effecten van de energieprijzen en de gebouwworm ongeveer even groot (maar tegengesteld) zijn, is het niet nodig om de aanscherpingsruimte te heroverwegen.

3.5 CO₂ emissie

In de tabellen 3 en 5 t/m 7 is aangegeven hoe groot de reductie van de CO₂-emissie ten opzichte van het huidige beleid is in de gebouwen bij toepassing van de diverse pakketten. In deze paragraaf wordt een schatting gegeven van de reductie van de CO₂-emissie van de gehele (nieuwbouw-) populatie als gevolg van het aanscherpen van de EPC-eisen. De volgende methodiek is gehanteerd:

De te behalen CO₂-reductie per gebouw geldt alleen bij de genoemde verandering van de Q_{ratio} . De voorgestelde aanscherping van de eisen is over het algemeen kleiner dan de verandering per gebouw (omdat het meest kritische gebouw binnen een functie als maatgevend beschouwd wordt). Verondersteld wordt dat de werkelijke CO₂-reductie evenredig is met de verandering van de EPC-eis. Voor ieder gebouw wordt hierna de CO₂-reductie per m² gebruiksoppervlak berekend en dit wordt gemiddeld over alle gebouwen binnen een bepaalde gebruiksfunctie. Het verwachte aantal m² nieuwbouw is overgenomen uit de vorige aanscherpingsstudie omdat geen recentere gegevens voorhanden waren. Uit deze getallen volgt een schatting van de totale CO₂-emissiereductie per functie. Deze zijn vermeld in de tabel.

De getallen in tabel 13 zijn gebaseerd op het kostenneutrale pakket (variant 1). De kleine winkel is niet meegenomen.

Tabel 13
CO₂ emissie

gebruiksfunctie	CO ₂ reductie door aanscherping (kg/m ² /jaar)	nieuwbouw (1000 m ² /jaar)	CO ₂ reductie (ton/jaar)
bijeenkomstgebouwen	5.7	596	3415
celgebouwen	2.7	2.5	0
gezondheidszorg niet klinisch	10.8	250	2693
gezondheidszorg klinisch	22.6	211	4759
kantoren	7.3	1480	10810
logiesgebouwen	2.6	150	391
onderwijs	2.8	208	580
sportgebouwen	0	34	0
winkels	17.3	663	11477
<i>totaal</i>			<i>34132</i>

De CO₂-emissie is onder meer afhankelijk van de brandstofmix die in de elektriciteitscentrales gebruikt wordt. De toekomstige ontwikkeling hiervan is nog niet bekend. Om een indruk te krijgen van het effect hiervan, is een scenario hiervoor doorgerekend.

Aangenomen is dat de CO₂-emissie voor elektriciteit met 10% daalt en dat het elektriciteitsverbruik 50% uitmaakt van het totale primaire energiegebruik in de gebouwen (ter vergelijking: het aandeel van elektriciteit in de referentiesituaties van de gebouwen liep uiteen van 26 tot 77% met een gemiddelde van 53%). De CO₂-emissie door aardgasverbruik blijft gelijk.

Onder deze omstandigheden stijgt de CO₂-emissiereductie van 34 naar 43 kiloton per jaar.

3.6 Controleberekeningen

De hiervoor beschouwde pakketten en de daaruit volgende EPC-eisen zijn op een aantal punten gecontroleerd. Ten eerste worden de nieuwe pakketten gecontroleerd op het effect op het binnenklimaat. Daarnaast wordt aan de hand van realistische gebouwen gecontroleerd of de nieuwe eisen werkbaar zijn in de praktijk. Het kostenneutrale pakket heeft als basis gediend voor de controles.

3.6.1 Temperatuuroverschrijding

De bijeenkomstgebouwen, gezondheidszorggebouwen en winkels zijn opnieuw doorgerekend met VA114 om te controleren of het risico op oververhitting niet ontoelaatbaar is geworden na toepassing van het maatregelenpakket.

Het bleek dat het aantal uren temperatuuroverschrijding nauwelijks veranderde omdat de interne warmte in de meeste gevallen niet is aangepast en de isolatie slechts een beperkte invloed heeft op de temperatuuroverschrijding. Alleen bij de kleine winkel was de verandering dusdanig, dat het aantal uren boven de maximale temperatuur gelijk werd aan 31 uur per jaar. Dit is 1,1% van de bedrijfstijd maar slechts 1 % is toegestaan. Dit gebouw voldoet dus eigenlijk niet meer aan de binnenmilieu-eisen.

Aangezien het gekozen gebouw voor de kleine winkel minder representatief is voor de totale gebouwenvoorraad, leidt deze uitkomst niet tot een heroverweging van de aanscherping van de EPC-eis voor winkels.

In bijlage 4 zijn de gedetailleerde rekenresultaten van de temperatuuroverschrijdingsberekeningen met VA 114 opgenomen.

3.6.2 Combinatiegebouw

De nieuwe EPC-eisen zijn ook toegepast op een reeds gerealiseerd gebouw. Het gekozen gebouw is een combinatiegebouw bestaande uit de volgende functies (met tussen haakjes het gebruiksoppervlak per functie)

- bijeenkomstfunctie (4925 m²);
- kantoorfunctie (3399 m²);
- schoolfunctie (3676 m²);
- winkel (32 m²).

In een gedeelte van het gebouw is koeling aanwezig.

Enkele kenmerken van het gebouw zijn:

- R_c gevel=2,5 m²K/W, R_c vloer en dak=3 m²K/W, U_{raam} =1,8 W/m²K;
- HR-ketel;
- koudeopslag;
- twee elementen warmteterugwinning;
- verlichting: 12 W/m² met veegdaglichtregeling.

De Q_{ratio} ten tijde van de bouwaanvraag was 0.87. Deze is bepaald met de toen geldende eisen en NPR versie 1.21. Met versie 2.0 is Q_{ratio} gelijk aan 0.89. Dit verschil wordt veroorzaakt door enkele kleine aanpassingen in de rekenmethodiek.

Met de nieuwe EPC-eisen wordt Q_{ratio} gelijk aan 1.003. Het gebouw voldoet nét niet. Er zijn dus aanvullende maatregelen nodig om te voldoen. Mogelijke maatregelen zijn het verbeteren van de isolatie van de gevel of het verhogen van het warmteterugwinrendement.

3.7 Extra variant

Tijdens een bijeenkomst met de begeleidingscommissie kwam naar voren dat de commissie wilde weten hoe groot de aanscherpingsruimte is als er geen warmtepompen worden toegepast. Hiervoor is voor ieder gebouw een kostenneutraal pakket doorgerekend. In bijlage 11 zijn de resultaten hiervan vermeld.

4. Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

In deze studie is de haalbaarheid van aanscherping van de EPC-eisen voor utiliteitsgebouwen onderzocht. Hiervoor is de methodiek gevolgd die onlangs door DGMR is opgesteld. De aanscherpingsruimte is bepaald op basis van berekeningen aan 22 gebouwen en een groot aantal maatregelen. De gebouwen zijn in principe dezelfde als in de vorige aanscherpingsstudie. Er zijn een paar aanpassingen in verband met gewijzigde uitgangspunten en om de referentie op een Q_{ratio} van 1 te krijgen. De financiële uitgangspunten zijn opnieuw vastgesteld en deze zijn volgens prijspeil januari 2005. Bij het onderzoek zijn ook verschillende warmtepompen meegenomen, omdat uit een recente warmtepompstudie [6] blijkt dat deze voldoende marktrijp zijn.

Voor ieder gebouw is een pakket bepaald waarbij de energiebesparing maximaal is en waarbij de kosten van de maatregelen volledig worden terugverdiend binnen de functionele levensduur van de maatregelen. Voor iedere gebruiksfunctie wordt de aanscherpingsruimte van de EPC-eisen bepaald door het gebouw met de kleinste verandering van Q_{ratio} . Over het algemeen zijn dit de kleine gebouwen.

Voor de meeste functies is er nog een aanscherping mogelijk.

Met het kostenneutrale pakket is het mogelijk om te komen tot de volgende waarden van de EPC-eisen.

Tabel 14
EPC-eisen

gebruiksfunctie	huidige EPC-eis	nieuwe EPC-eis
bijeenkomstgebouwen	2.2	2.0
celgebouwen	1.9	1.8
gezondheidszorg niet klinisch	1.5	1.0
gezondheidszorg klinisch	3.6	2.6
kantoren	1.5	1.1
logiesgebouwen	1.9	1.8
onderwijs	1.4	1.3
sportgebouwen	1.8	1.8
winkels	3.4	2.6

Als de eis van kostenneutraal enigszins losgelaten wordt, is ook bij sportgebouwen een (kleine) aanscherping mogelijk. Verder kan de eis bij celgebouwen, logiesgebouwen en onderwijsgebouwen dan verzaagd worden tot respectievelijk 1.5, 1.5 en 1.6. De meerkosten bedragen maximaal 1 euro per m² gebruiksooppervlak per jaar.

De pakketten van elf gebouwen bevatten warmtepompen. In een aantal gevallen zijn dit warmtepompen die niet overal in Nederland toepasbaar zijn. Er zijn echter (kostenneutrale) pakketten mogelijk met andere warmtepompen die tot precies dezelfde aanscherpingsruimte leiden.

Bij vier gebruiksfuncties bevat het kostenneutrale pakket van alle gebouwen een warmtepomp. De aanscherpingsruimte voor deze functies is daarom aanzienlijk.

Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat de gebruikte levensduur van de maatregelen een groot effect heeft op de annuïteit van de maatregelen. Bij de huidige (en voorgaande) studies is de functionele levensduur gebruikt. Bij het gebruik van een kortere levensduur kunnen de meeste maatregelen niet meer kostenneutraal toegepast worden. Een stijging van de energieprijzen met 8% leidt in de meeste gebouwen niet tot een ander kostenneutraal maatregelenpakket. De aanscherpingsruimte verandert hierdoor ook niet.

Bij deze studie is rekening gehouden met maatregelen die in NEN 2916 doorgerekend kunnen worden. In de pakketten die als basis gediend hebben voor het vaststellen van de aanscherpingsruimte, zijn de meeste van deze maatregelen opgenomen. Om te voldoen aan de nieuwe eisen is het nodig om al deze maatregelen toe te passen. Hierdoor wordt de keuzevrijheid beperkt. Met name voor de warmtepomp zijn er weinig alternatieven omdat deze een grote besparing op het energiegebruik oplevert.

4.2 Aanbevelingen

In deze studie is de *maximale* aanscherpingsruimte van de EPC-eisen bepaald op basis van de voorgeschreven methodiek. Bij het vaststellen van de werkelijke waarde van de nieuwe EPC-eisen zou gekozen kunnen worden voor een geringere aanscherping.

Eén van de bij deze studie gebruikte winkelgebouwen is een vrijstaande, kleine winkel. De aanscherpingsruimte van deze winkel is veel kleiner dan die van de overige winkelgebouwen. In de praktijk komt dit type winkel echter niet veel voor. Aanbevolen wordt om de kleine winkel geen rol te geven in de huidige aanscherping en dit gebouw (voor volgende studies) te vervangen door een winkel als een plint onder een kantoor- of woongebouw.

Uit de resultaten blijkt dat het voor kleinere utiliteitsgebouwen moeilijker is om aan de eisen te voldoen dan voor grotere gebouwen. De lasten zijn hierdoor voor kleine gebouwen relatief hoog, terwijl de te behalen besparing klein is. Het is zinvol om de mogelijkheden te onderzoeken voor het creëren van een uitzonderingssituatie voor gebouwen met een gebruiksoppervlak kleiner dan (bijvoorbeeld) 150 m².

Bij de berekeningen is een vaste energieprijs per gebouw gehanteerd. In een aantal gevallen kan de toepassing van een maatregelpakket leiden tot een compleet ander energiegebruik, bijvoorbeeld door toepassing van warmtepompen. Voor deze situaties is aan te bevelen om de methodiek van de berekening van de besparing op de energiekosten meer in detail te beschrijven in het methodiekrapport.

DGMR Bouw B.V.

Arnhem, 15 september 2005

Literatuur

- [1] Kuijpers-van Gaalen, I.M., Methodiek aanscherping EPC's utiliteitsbouw ten behoeve van eventuele aanscherping per 2007, DGMR rapport E.2004.1388.00.R001, Arnhem, 23 februari 2005
- [2] Wichers Hoeth, A.W., Aanscherping EPC Utiliteitsbouw, DHV rapport S0624-01-001, 28 maart 2001
- [3] Bouwfysische kwaliteit Rijkshuisvesting, Wettelijke eisen en RGD richtlijnen, Den Haag, september 1999
- [4] Granneman, H.M., Onderzoek aanscherping EPC utiliteitsbouw, Resultaten vooronderzoek aanscherping, DGMR rapport E.2004.1114.00.001, Den Haag, juni 2004
- [5] Vierveijzer, P., Quickscan EP Ubouw, DHV rapport Vy.W5739.01.N01, Den Haag, juni 2004
- [6] Kooij, D. van der et al, Studie marktrijpheid warmtepompsystemen, Techniplan Adviseurs rapport kenmerk SNU-201X1-E-DK004A i.s.m. IF-Technology en New-Energy-Works, Rotterdam, 29 april 2005
- [7] ISSO publicatie 37 Energiewijzer kantoren, Stichting ISSO, Rotterdam, juli 1995
- [8] Blankestijn, E.A., Quick Scan haalbaarheid aanscherping EPC-eisen voor utiliteitsgebouwen, notitie SenterNovem voor Kompas 2004, 20 augustus 2004

Referentiegebouwen

In principe dient variant C uit de vorige aanscherpingsstudie (op basis van deze variant zijn destijds de nieuwe eisen vastgesteld) als referentie voor de huidige aanscherpingsstudie. Voor de nieuwe referentie is het nodig dat de Q_{ratio} (de verhouding tussen het werkelijke en het toegestane energiegebruik) op ongeveer 1.0 ligt.

Dit was niet bij alle gebouwen automatisch het geval, om de volgende redenen:

- de variant C uit de vorige studie bevatte maatregelen die (min of meer) kostenneutraal waren. Op basis hiervan zijn de EPC-eisen destijds aangescherpt. Voor gebruiksfuncties waarbij meerdere gebouwen zijn doorgerekend, diende het slechtste gebouw als de norm. Het is zeer goed mogelijk dat de overige gebouwen met het pakket uit de variant op een veel lagere Q_{ratio} uitkomen;
- de huidige studie wordt gedaan met NPR 2917 versie 2.0. De eerdere studie is gedaan met versie 1.1. Bij de omzetting treden verschillen in uitkomsten op;
- bij deze nieuwe studie gelden randvoorwaarden die bij de eerdere studie niet golden zoals bijvoorbeeld het gebruik van de nieuwe berekeningsmethodiek voor infiltratie;
- in de vorige berekeningen zaten enkele onvolkomenheden. Het gaat hierbij om oppervlakten en oriëntaties van constructies, onlogische of inconsequente installaties, te lage ventilatorvermogens en gebouwsectoren waarvoor geen tapwatervraag was opgegeven. De gebouwen zijn op deze punten, waar nodig, aangepast.

Als de Q_{ratio} niet op 1 uitkomt, is het nodig om enkele maatregelen toe te voegen of te verwijderen.

De volgende methodiek is aangehouden:

1. de gebouwen zijn ingevoerd in NR 2917 versie 1.2 conform de uitdraaien van NPR 2917 versie 1.1 ter controle van de uitkomsten;
2. de ramen hadden in een aantal gevallen een $U=1.8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Deze waarde geldt voor houten kozijnen. Aangezien in U-bouw metalen kozijnen vaker voorkomen, is de U-waarde overall aangepast tot $2.2 \text{ W/m}^2\text{K}$ (met uitzondering van de basisschool omdat houten kozijnen daar wel vaak voorkomen);
3. in gebouwen met een lage tapwatervraag was soms een zonneboiler aanwezig. Deze is verwijderd omdat deze niet realistisch is;
4. de gebouwen verpleeghuis en HBO-school hebben koeling gekregen (nieuwe randvoorwaarde bij aanscherpingsstudie);
5. de bestanden zijn vervolgens ingelezen in NPR 2917 versie 2.0;
6. de infiltratie is berekend volgens het nieuwe model (afhankelijk van kenmerken uitwendige scheidingsconstructies). Hierbij is aangehouden: naadlengte $\leq 2 \text{ m/m}^2$; Lengteklasse: 0.05-0.5 m/m^2 ; Kierklasse C; 2 toegangsdeuren per 1000 m^2 gebruiksoppervlak met een minimum van 2. De helft hiervan met tochtsluis;
7. de oppervlakten van de constructies zijn in overeenstemming gebracht met de blokvorm met correcte breedte- en dieptematen. In een aantal gevallen waren gebouwen die uit twee gebruiksfuncties bestaan, toch als één blok ingevoerd door DHV. Dit is zo gelaten;

8. de grootte van de daglichtsector is bepaald op basis van de blokvorm van de gebouwen. Er is een horizontaal doorlopende pui verondersteld en een LTA-waarde van 0.6. De lengte van de daglichtsector is gelijk aan tweemaal de breedte plus eenmaal de diepte van het gebouw voor de begane grond en gelijk aan de totale omtrek voor de overige verdiepingen (in vergelijking met aangrenzende blokken);
9. het ventilatorvermogen is bepaald met tabel 24 uit NPR 2917. Hierbij is van een gemiddeld drukverlies uitgegaan;
10. de in de DHV studie aangehouden ventilatievouden zijn niet aangepast. Het is onbekend hoe deze ventilatievouden zijn bepaald;
11. de bezettingsgraadklasse in sportgebouwen was B2 of B3. Dit betekent dat er veel mensen aanwezig zijn. Na overleg met de opdrachtgever en het NOC*NSF is dit veranderd in een meer realistische waarde van B4 (met uitzondering van de tennishal die op B5 blijft);
12. het benodigde vermogen voor verwarming is bepaald als het specifieke verlies door transmissie en ventilatie vermenigvuldigd met een temperatuurverschil van 30 °C.
13. overige correcties die zijn doorgevoerd: het transportmedium voor warmte en koude is (soms) aangepast, het percentage terugregeling van ventilatie is uniform in het gebouw, tapwaterinstallatie is elektrisch in gebouwen met lage tapvraag;

Indien Q_{ratio} niet gelijk is aan 1 (met een maximale afwijking van ongeveer 0.03), zijn enkele maatregelen toegevoegd. De gebouwen museum, supermarkt, tennishal en theater scoorden juist te goed ($Q_{ratio} < 1$). Hier moesten enkele maatregelen verwijderd worden.

Voor de sporthal bleek het niet mogelijk om op een Q_{ratio} van 1 uit te komen. De referentiesituatie heeft daar een Q_{ratio} van 1.26.

Opmerking:

Het energiegebruik voor ventilatoren kan berekend worden op basis van forfaitaire waarden of op basis van het werkelijk opgestelde vermogen. De tweede methode leidt tot een veel lager energiegebruik. Bij zeven gebouwen is met het werkelijke vermogen gerekend. Voor zes hiervan was dit ook al zo in de vorige aanscherpingsstudie. Voor het zevende gebouw was dit de enige manier om op een Q_{ratio} van 1.0 uit te komen. Voor het doorrekenen van de maatregel toerenregeling voor ventilatoren is het noodzakelijk dat gerekend wordt met het werkelijk opgestelde vermogen.

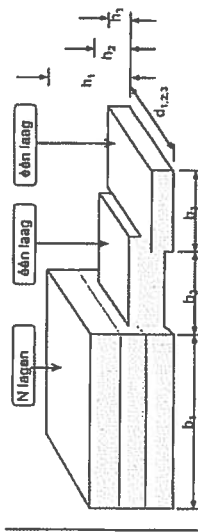
Afstemming met referentiegebouwen voor bepaling C_{epc}

Bij het uitkomen van de nieuwe versie van de norm NEN 2916 zijn de waarden van de correctiefactoren c_{epc} vastgesteld door TNO. De c_{epc} 's zorgen ervoor dat het rekenresultaat voor een gebouw in de nieuwe norm (ongeveer) hetzelfde is als in de oude norm. Bij het vaststellen van de waarden zijn dezelfde gebouwen gebruikt als bij deze studie. Het uitgangspunt van TNO was het EPU-bestand van DHV uit de vorige aanscherpingsstudie. In vergelijking met de referentiegebouwen in de huidige studie zijn er dus enkele verschillen omdat de gebouwen enigszins zijn aangepast: er gelden nu nieuwe uitgangspunten (infiltratie, extra koeling) en er zijn extra maatregelen toegevoegd om de referentie op een Q_{ratio} van 1 te krijgen. Dit laatste was bij het vaststellen van de c_{epc} 's niet nodig.

De c_{epc} heeft enige invloed op de waarde van Q_{ratio} , omdat deze vermenigvuldigd wordt met de grootste term in de berekening van $Q_{toelaatbaar}$. De waarden van c_{epc} lopen uiteen van 0,87 (gezondheidszorg klinisch) tot 1,19 (onderwijs).

De invloed op de resultaten in dit onderzoek is echter waarschijnlijk zeer klein. De c_{epc} kan gezien worden als de verhouding tussen het rekenresultaat in de oude norm en de nieuwe norm. Verwacht mag worden dat bij een gebouw met een iets andere energetische kwaliteit de uitkomst in zowel de nieuwe als in de oude norm naar dezelfde kant afwijkt, waardoor de verhouding ongeveer hetzelfde blijft. Verder is de waarde van c_{epc} de 'best fit' die geldt voor alle gebouwonderdelen met dezelfde gebruiksfunctie. De spreiding binnen deze gebouwen is groot. Als de c_{epc} 's gebaseerd zouden zijn op iets andere gebouwen, dan zou de waarde niet veel anders zijn.

In het volgende overzicht is een gedetailleerde beschrijving van de resulterende gebouwen gegeven.



Standaardkenmerken:
 • pompen met teraansregeling
 • geen beveiliging, met uitzondering van het museum en bioscience.
Vervangingsysteem
 1 rendement 100%
 2 rendement 104%
 3 rendement 107%
 A temperatuur < 55 graden
 B temperatuur >= 55 graden

Koelsysteem
 C compressiekoeling
 KO koeltoestel
 W warmtepomp
 X geen koeling
Ventilatiesysteem volgens NEN 2916:
 1 natuurlijke toe- en afvoer
 2 natuurlijke toevoer, mechanische afvoer
 3 mechanische toevoer, natuurlijke afvoer
 4 mechanische toe- en afvoer

Topsysteem:
 1 deklifsch
 2 VR
 3 HR
 4 gaasloze
 A toppunten binnen 3 m
 B toppunten > 3 m
 C circulatieleiding
 ZC zonnecollector

Ventilatie-regeling:
 1 geen teraansreg.
 2 teraansreg <20
 3 teraansreg <40
 4 teraansreg <60
 A WTW 60%
 B WTW 65%
 C WTW 70%
 - geen WTW

Ventilatie-regeling:
 1 combinatie 2 en 3
 2 dichtregeling of -schakeling
 3 verspreidregeling
 4 verfrischregeling
 5 4. met afzonderlijke sch. gevoelzone
 6 central airfield
 A-aanwezigheidsdetectie

GEBOUW

GEBRUIK

Q-ratio

Microopp. A _{we} m ²	A _{we} per deel m ²	gebruik % van A _{we}	aanzet lagun	diepte d _{1,2,3} m	breedte b _{1,2,3} m	hoogte h _{1,2,3} m	volume totaal m ³	A _{we} m ²	% glas toev. glas	R _e dak m ² /KW	R _e pavel m ² /KW	U _{ram} W/m ² K	bez.- grad				verw. kool verw. kool verw. kool verw. kool	m ³ /h	kW	m ²	reg	Q _{we} /Q _{act}								
													B4	B5	B6	B7							17	18	19	20				
Spronggebouw																														
300	100	300	1	15,0	20,0	6,5	1950	1.055	4,22	10	4,0	4,0	2,2	B4	B5	B6	B7	X	X	X	X	4	4C	3BZC	3200	0,8	B	4	1,02	
terreinhof uit Variëtenboek																														
3.650	94	3.600	1	62,0	37,4	9,0	28855	9885		3,0	3,0	3,0	2,2	B5	B6	B7	B8	X	X	X	X	4	4B	4B	25000	10	B	4	0,99	
sporthal																														
2.400	90	2.160	1	48,0	45,0	10,0	22368	6.782	3,07	5	4,0	4,0	2,2	B4	B5	B6	B7	X	X	X	X	4	4C	3BZC	60000	6	B	4	1,26	
zwembad uit Variëtenboek																														
3.580	92	3.280	1	15,0	9,0	3,2	30							B3	B4	B5	B6	X	X	X	X	4	4C	3BZC	900	0,3	B	4		
Winkelgebouw																														
90	100	90	1	15,0	6,0	3,2	288							B4	B5	B6	B7	X	X	X	X	4	1	4BZC	25200	10	B	4	1,01	
Winkelgebouw																														
1.200	97	1.164	1	48,5	24,0	3,6	4538	2.988	2,40	15	2,5	2,5	2,2	B2	B3	B4	B5	X	X	X	X	4	2B	1A	10800	3,7	F	4	1,00	
warenhuis																														
1800	90	1.620	1	72,0	30,0	4,5	10488	5.823	2,92	15	4,0	4,0	2,2	B2	B3	B4	B5	X	X	X	X	4	3B	1A	21600	10	F	4	1,02	
Extra: winkel als pflnt (open dak)																														
900	100	900	1	15,0	60,0	3,2	2880	1.380	1,84	30			2,5	B3	B4	B5	B6	X	X	X	X	4	1A	VR-B	34	7300	2,9	F	4	0,92

Energieprijzen

De energieprijzen zijn opgevraagd bij Nuon, Essent en Eneco (prijsspeil 1 januari 2005). Het gemiddelde van de tarieven is gebruikt bij deze aanscherpingsstudie. De energieprijzen bestaan uit een deel levering, netbeheer en belasting. De belasting en netbeheer zijn overal gelijk.

De prijzen voor kleine verbruikers (tot 170.000 m³ gas, tot 50.000 kWh) liggen vast. Voor grote verbruikers wordt een contract op maat gemaakt. Hier gelden geen vaste tarieven.

Bij elektriciteit is er een onderscheid mogelijk tussen enkel tarief en dubbel tarief. Bij deze studie is uitsluitend met het enkele tarief gerekend omdat er geen verdere informatie is over de verhouding tussen het verbruik overdag en 's avonds/'s nachts. Aannames hierover leiden niet tot nauwkeurigere berekeningen. Bovendien is het effect gering.³

Tabel 15
Tarieven (euro) voor levering

	Nuon	Essent	Eneco
elektriciteit klein (<50.000 kWh)	0.0520	0.0506	0.0513
elektriciteit groot (>50.000 kWh)	0.0660	0.0649	0.0634
gas klein (<5.000 m ³)	0.2596	0.272	0.2668
gas middel (<170.000 m ³)	0.2435	0.2541	0.2492
gas groot (>170.000 m ³)	0.175	0.1585	0.1575

Tabel 16
Tarieven voor netbeheer

	tarief (euro)
elektriciteit klein	0.033
elektriciteit groot	0.027
gas	0.016

³ Een rekenvoorbeeld kan dit verduidelijken. Voor kleinegebruikers is het tarief enkel gelijk aan 0,155 euro/kWh. Het hoogtarief is 0,177 en het laagtarief 0,122 euro/kWh. Stel dat het verbruik voor 90% in het hoogtarief valt, dan is het resulterende tarief dubbel gelijk aan 0,171 euro/kWh. Het enkeltarief is dus voordeliger. Vanuit deze situatie wordt een warmtepomp aangeschaft, waardoor het elektriciteitsverbruik voor verwarming (stel dat dit de helft van het totale elektriciteitsverbruik is) nu voor 50% in het laagtarief valt. De overige posten blijven gelijk. Het percentage in het hoogtarief (totaal) verandert hiermee van 90% naar 70%. De elektriciteitsprijs daalt naar 0,160 euro/kWh. Het enkeltarief is nog steeds voordeliger en het verschil is zeer klein (3%).

Bij middelgrote verbruikers is het enkeltarief bij de genoemde verhoudingen tussen hoog- en laagtarief ook nog gunstiger (verschil van 4%). Bij grootverbruikers is het dubbeltarief wel voordeliger. Hier is een besparing van 7% mogelijk.

Tabel 17
Energiebelasting

drager	categorie verbruik	tarief (euro)
elektriciteit	0-10.000 kWh	0 070
	10.000-50.000 kWh	0.026
	>50.000 kWh (*)	0.009
gas	0-5.000 m ³	0.1494
	5.000-170.000 m ³	0 1019
	170.000-1 e6 m ³	0 0311
	>1 e6 m ³	0.0115

(*) Boven 1 miljoen kWh zijn er nog extra categorieën met een lagere energiebelasting. Deze zijn niet meegenomen bij deze studie.

De exacte energieprij is dus afhankelijk van het verbruik. Om de berekeningen te vereenvoudigen zijn per drager drie categorieën opgesteld (klein, middel, groot). Als grenswaarden tussen de categorieën is gekozen voor 10.000 en 50.000 kWh voor elektriciteit en 5.000 en 170.000 m³ voor gas.

Dit leidt tot de volgende energietarieven:

Tabel 18
Ergietarief elektriciteit (euro/kWh)

onderdeel	klein	middel	groot
levering	0.052	0.052	0.065
netbeheer	0.033	0.033	0.027
belasting	0.070	0.026	0.009
totaal	0.155	0.112	0.100

Tabel 19
Ergietarief gas (euro/m³)

onderdeel	klein	middel	groot
levering	0.272	0.254	0.164
netbeheer	0.016	0.016	0.016
belasting	0.149	0.102	0.016
totaal	0.437	0.372	0.211

Voor het toewijzen van de gebouwen aan de tarieven is voor elektriciteit gebruikgemaakt van de vorige aanscherpingsstudie van DHV [2] waarin elektriciteitsverbruik van de verschillende gebouwen vermeld is. Voor gas is het in NPR 2917 berekende gasverbruik van de referenties gebruikt. De gebouwen zijn als volgt toegewezen aan de energietarieven:

Tabel 20
Gebouwen en energietarieven

gebouw	elektriciteits- verbruik volgens [2] (kWh)	tarief elektriciteit	gasverbruik volgens NPR 2917 (m ³)	tarief gas
cafe restaurant	3.677	K	2842	K
buurtcentrum	8.635	K	5779	M
museum	62.799	G	19.370	M
theater	273.480	G	61.948	M
gevangenis	645.388	G	133.650	M
groepspraktijk	13.071	M	5.271	M
verpleeghuis	258.661	G	82.638	M
ziekenhuis	3.082.799	G	406.617	G
kantoor klein	10.457	M	8.987	M
kantoor middel	123.207	G	50.907	M
kantoor groot	307.077	G	175.574	M (*)
hotel	98.009	G	27.256	M
basisschool	28.195	M	16.085	M
VO-school	224.522	G	99.110	M
HBO-school	257.737	G	169.466	M (**)
gymnastiekgebouw	11.661	M	4926	K
tennishal	127.381	G	36.025	M
sportshal	50.431	G	38.358	M
zwembad	128.756	G	36.806	M
kleine winkel	6.985	K	2112	K
supermarkt	107.771	G	17.290	M
warenhuis	200.969	G	23.851	M

(*) Het gebouw kantoor groot zou op basis van het criterium *nét* in de G-klasse voor gasverbruik worden ingedeeld. De besparingen zullen aanvankelijk op basis van het G-tarief (laag tarief) berekend moeten worden, maar als de besparingen wat groter worden dan zouden ze met het middentarief berekend moeten worden. Omdat het verschil tussen het G-tarief en het M-tarief groot is, heeft dit een effect op de resultaten. Besloten is daarom om voor dit gebouw *altijd* te rekenen met het M-tarief.

(**) Het HBO-gebouw valt net in het M-tarief. Zie ook de overweging bij kantoor groot.

Temperatuuroverschrijding

Elf referentiegebouwen hebben geen koeling. Deze zijn getoetst met behulp van een vereenvoudigde methodiek uit ISSO 37. In tabel 21 zijn de resultaten hiervan weergegeven.

Tabel 21
TO controle ISSO 37

aspect	cafe restaurant	buurtcentrum	kantoor klein	basisschool	vo-school	gymzaal	tennishal	sporthal	zwembad	kleine winkel	supermarkt
Pi personen (W/m ²)	11	27	11	27	27	4	2	4	4	11	27
Pi verlichting (W/m ²)	8	8	8	8	8	8	8	9.5	8	30	30
Pi apparatuur (W/m ²)	10	5	15	5	5	4	4	4	4	20	10
ZTA	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
raampercentage	40	35	30	50	45	10	10	5	64	15	15
gevelopbouw (zwaar/licht)	Z	Z	Z	Z	Z	L	L	Z	Z	Z	Z
plafond (open/gesloten)	G	G	O	G	G	G	O	O	G	G	G
klimaatsysteem	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
maximaal ventilatievoud	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
punten	53	60	48	70	67	35	29	20.5	54.4	60	76

Gebouwen met een puntenaantal groter dan 50 hebben een risico op oververhitting. Voor het zwembad is dit niet bezwaarlijk en in de supermarkt is er vanwege de koelapparatuur geen sprake van oververhitting.

Daarmee blijven vijf gebouwen over met een verhoogd risico (café/restaurant, buurtcentrum, basisschool, VO-school en kleine winkel). Deze gebouwen zijn doorgerekend met VA 114. Als uitgangspunt zijn de eisen van de RGD [3] gebruikt. Het criterium is dat de operationele temperatuur slechts een beperkt deel van de gebruikstijd boven de comforttemperatuur en de maximum temperatuur mag komen. In tabel 22 zijn de criteria per gebouw weergegeven.

Tabel 22
Uitgangspunten TO berekeningen VA114 en resultaten referentiegebouwen

gebouw	gebruikstijd (u/jr)	T _{comfort} (°C)	toegestaan percentage (%)	werkelijk percentage (%)	T _{max} (°C)	toegestaan percentage (%)	werkelijk percentage (%)
café restaurant	1248	27	5	0.8	29	1	0.2
buurtcentrum	2456	27	5	2.2	29	1	0.8
basisschool	2080	25.5	10	5.1	28	2	0.8
VO-school	2080	25.5	10	3.9	28	2	0.7
kleine winkel	2808	27	5	3.5	29	1	0.96

De referentiesituaties van de gebouwen voldoen.

De pakketten die gebruikt zijn bij het vaststellen van de aanscherpingsruimte zijn eveneens doorgerekend met VA114 om te zien of het binnenklimaat comfortabel blijft. In tabel 23 zijn de resultaten per gebouw weergegeven.

Tabel 23
Resultaten VA114 berekeningen bij toepassing pakketten

gebouw	toegestaan percentage T_{comfort} (%)	werkelijk percentage T_{comfort} (%)	toegestaan percentage T_{max} (%)	werkelijk percentage T_{max} (%)
café restaurant	5	0.8	1	0.2
buurtcentrum	5	2.3	1	0.8
basisschool	10	5.1	2	0.9
VO-school	10	3.9	2	0.7
kleine winkel	5	3.6	1	1.1

De gebouwen voldoen met uitzondering van de kleine winkel. Het aantal uren dat de temperatuur boven de maximum temperatuur komt, is iets te hoog. Overigens voldoet de winkel wel aan de eis voor de overschrijding van de comforttemperatuur.

De onderstaande overzichten bevatten de uitgangspunten van alle VA 114 berekeningen en de uitdraaien van de resultaten.

Uitgangspunten TO-berekening:

Café met restaurant

Vertrekgegevens:

- gebruiksfunctie: bijeenkomst
- afmeting vertrek: $10.4 \times 10.4 \times 3.5 \text{ m}^3$
- gebruikstijd: 16.00 – 24.00 uur
- oriëntatie: zuid
- glaspercentage: zuid-, oost en westgevel 40 %

Materialen:

- binnenwanden: kalkzandsteen, dikte 300 mm
- buitenwand: spouwmuur, $R_c = 4.0 \text{ m}^2\text{K/W}$
- glas: dubbel glas, $U = 2.2 \text{ W/m}^2\text{K}$, ZTA = 0.6
- zonwering: automatisch, buiten
- vloeren: betonvloer met verlaagd plafond

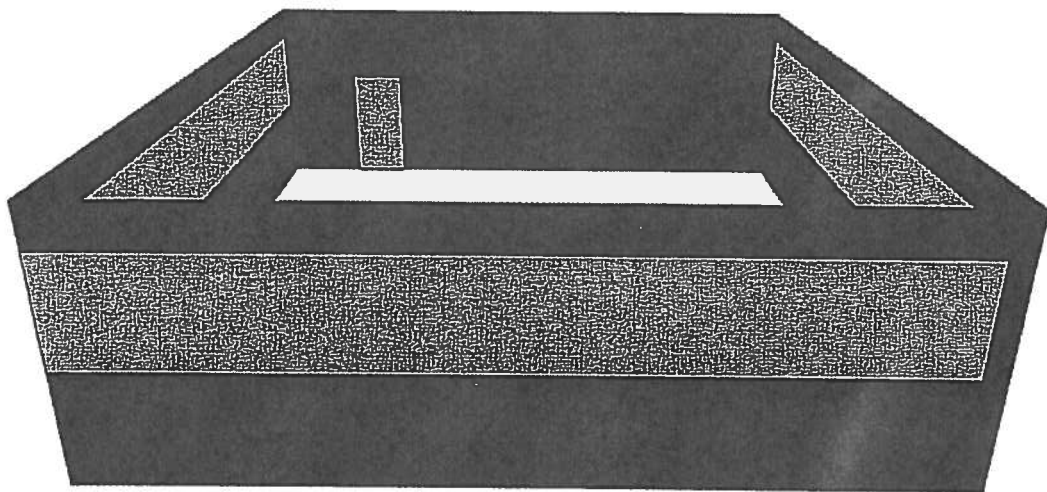
Interne warmtelast:

- personen: 33 personen (16.00 – 20.00 uur)
80 personen (20.00 – 24.00 uur)
- verlichting: 8 W/m^2

Installatie:

- bedrijfswijze: 15.00 – 24.00 uur (= dagbedrijf)
- ventilatie: mechanische toe- en afvoer (conform Bouwbesluit)
- lokale verwarming: radiator
- ramen: tijdens gebruikstijd te openen

3D weergave:



```

+-----+
|           DGMR Beheer BV           |
+-----+
Programma   : VABI - Temperatuuroverschrijdingsprogramma VA114 - Versie 2.16
Projectnummer: E 2005 0139 00          Pagina 1
Projectnaam  : Café-restaurant (EPU 2007) PRJ      Gebouw 1
Technicus   : CE
Datum       : 2 juni 2005      Tijd : 14:06:06
Omschrijving : E.2005 0139 00
+-----+

```

ALGEMENE GEGEVENS

```

klimaatfile      : O:\VABI_UO\klimaat\DBL6465 KLN
startdatum      : 27- 4-1964      aantal dagen : 184
telperiode      : 6 dagen van 16-24 uur
beschaduwning   : nee
infiltratie     : ja
te openen raamdelen : ja
gebruiksperiode gebouw : 6 dagen van 16-24 uur

```

INSTALLATIEGEGEVENS

```

distributie      mechanische luchttoevoer : ja
                 mechanische luchtafvoer : ja
luchtbehandeling koelbatterij          : nee
                 verwarmingsbatterij     : nee
                 luchtontvochtiger       : nee
                 luchtbevochtiger        : nee
                 mengsectie              : nee
                 WTW                      : nee
                 adiabatische koeling    : nee
regeling         op comforttemperatuur
                 voorw nachtventilatie   : ja
                 voorw nachtverwarming    : nee
                 bedrijfsperiode dag      : 6 dagen van 15-24 uur
stooklijn (overdag) Tbuiten -> Tinblaas : -99 0-99.0 / 99 0 99 0 / 99 0 99 0 / 99 0 99 0
afgifte         1e net
                 radiator
                 functie : verwarming

```

```

roosters (m3/h)   vertrek 1      dag      746      nacht      1492
LVK-apparaten     vertrek 1  net 1  verwarming 4850 W Tset 20 0 / 15.0 gr C

```

```

interne belasting (W/h) vertrek 1      personen 10400  apparatuur 0  verlichting 865

```

BOUWFYSISCHE GEGEVENS VERTREK(KEN)

vtr nr	wand/deur/glasnaam	bu-wnd	orientatie (Z=0,0=90)	opper-vlakte	U-constr	U-glas	ZTA-glas
1	OVW-EPUKalkzandsteen	NEE	180	34 30	1 78		
	OVD-deur			2 10	0.47		
1	OBW-EPUBuitenwandRc=4	JA	90	21.85	0 24		
	OBR-glas			14 55		2 20	0 60
1	OBW-EPUBuitenwandRc=4	JA	0	21.85	0.24		
	OBR-glas			14 55		2 20	0 60
1	OBW-EPUBuitenwandRc=4	JA	-90	21 85	0 24		
	OBR-glas			14 55		2 20	0 60
1	IVW-EPUVloer	NEE	0	108 16	1 42		
1	OVW-EPUVloer	NEE	0	108 16	1 42		


```

+-----+
|          DGMR Beheer BV          |
+-----+
Programma   : VABI - Temperatuuroverschrijdingsprogramma VA114 - Versie 2.16
Projectnummer: E 2005 0139.00          Pagina 2
Projectnaam  : Café-restaurant (EPU 2007) PRJ      Gebouw 1
Technicus   : CE
Datum       : 2 juni 2005      Tijd : 14:06:06
Omschrijving : E 2005 0139 00

```

UITVOERRESULTATEN IN VERTREK 1 (Ruimte : 2)

Overschrijdingen bij 27.0 gr C : 19 uur en bij 29.0 gr C : 4 uur
Maximum temperatuur : 30.7 gr C

Uitgangspunten bepaling van weeguren : Metabolisme : 1.24 Met.
Clo-waarde : 0.70 / 0.90
Relatieve luchtsnelheid : 0.15 m/s

Onderschrijding PHV < -0.5 : 866 gewogen onderschrijdingsuren
Overschrijding PHV > 0.5 : 139 gewogen overschrijdingsuren

Frequentieverdeling vertrekluichttemperatuur (aantal uren)

T<=15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	T>40	
0	0	0	2	30	84	285	228	192	201	119	69	27	11	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

MAXIMAAL VERBRUIKTE VERMOGENS

Warmtelevering tgv inblaaslucht in vertrek 1 op 26- 8 om 15 uur : 2140 Watt
Koudelevering tgv inblaaslucht in vertrek 1 op 21-10 om 1 uur : -5780 Watt

Maximaal verbruikte vermogens in centrale luchtbehandelingsinstallatie

Warmtelevering door heater op 0- 0 om 0 uur : 0 Watt
Koudelevering door koeler (voelbaar+latent) op 0- 0 om 0 uur : 0 Watt
Koudelevering door ontvochtiging (voelbaar+latent) op 0- 0 om 0 uur : 0 Watt

Uitgangspunten TO-berekening:

Bijeenkomst Middel (Buurthuis)

Vertrekgegevens:

- gebruiksfunctie: bijeenkomst
- afmeting vertrek: $7.5 \times 7.5 \times 3.5 \text{ m}^3$
- gebruikstijd: 13.00 – 17.00 uur
- oriëntatie: zuid
- glaspercentage: zuldgevel 35 %

Materialen:

- binnenwanden: metal stud, dikte 100 mm
- buitenwand: spouwmuur, $R_c = 4.0 \text{ m}^2\text{K/W}$
- glas: dubbel glas, $U = 2.2 \text{ W/m}^2\text{K}$, ZTA = 0.6
- zonwering: automatisch, buiten
- vloeren: betonvloer met verlaagd plafond

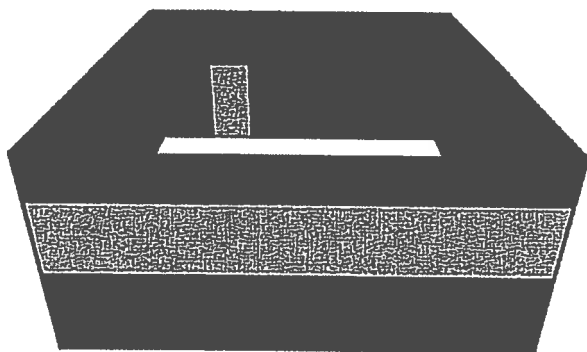
Interne warmtelast:

- personen: 30 personen
- verlichting: 8 W/m^2

Installatie:

- bedrijfswijze: 12.00 – 18.00 uur (= dagbedrijf)
- ventilatie: mechanische toe- en afvoer (conform Bouwbesluit)
- lokale verwarming: radiator
- ramen: tijdens gebruikstijd te openen

3D weergave:



```

+-----+
|           DGMR Beheer BV           |
+-----+
Programma   : VABI - Temperatuuroverschrijdingsprogramma VA114 - Versie 2.16
Projectnummer: E 2005 0139.00          Pagina 1
Projectnaam  : Buurthuis (EPU 2007) PRJ      Gebouw  1
Technicus   : CE
Datum       : 2 juni 2005   Tijd : 14:59:48
Omschrijving : E 2005 0139 00
+-----+

```

ALGEMENE GEGEVENS

```

klimaatfile      : O:\VABI_UO\klimaat\DBL6465 KLN
startdatum      : 27- 4-1964   aantal dagen : 184
telperiode      : 6 dagen van 13-17 uur
beschaduwing    : nee
infiltratie     : ja
te openen raamdelen : ja
gebruikperiode gebouw : 6 dagen van 13-17 uur

```

INSTALLATIEGEGEVENS

```

distributie      mechanische luchttoevoer : ja
                 mechanische luchtafvoer  : ja
luchtbehandeling koelbatterij           : nee
                 verwarmingsbatterij      : nee
                 luchtontvochtiger        : nee
                 luchtbevochtiger         : nee
                 mengsectie               : nee
                 WTW                       : nee
                 adiabatische koeling     : nee
regeling         op comforttemperatuur
                 voorw.nachtventilatie    : ja
                 voorw nachtverwarming    : nee
                 bedrijfsperiode dag      : 6 dagen van 12-18 uur
stooklijn (overdag) Tbuiten -> Tinblaas  :-99 0-99 0 / 99 0 99 0 / 99 0 99 0 / 99 0 99 0
afgifte         le net
                 radiator
                 functie : verwarming

roosters (m3/h)  vertrek 1          dag          383   nacht          766
LVK-apparaten   vertrek 1  net 1  verwarming 3500 W Tset 20.0 / 15.0 gr C
interne belasting (W/h) vertrek 1          personen 3900   apparatuur    0   verlichting 562

```

BOUWFYSISCHE GEGEVENS VERTREK(KEN)

vtr wand/deur/glasnaam	bu-orientatie	oppervlakte	U-constr	U-glas	ZTA-glas
1 OVW-EPUsysteemwand	NEE 180	24.15	0.48		
OVD-deur		2.10	0.47		
1 OVW-EPUsysteemwand	NEE 90	26.25	0.48		
1 OBW-EPUBuitenwandRc=4	JA 0	17.06	0.24		
OBR-glas		9.19		2.20	0.60
1 OVW-EPUsysteemwand	NEE -90	26.25	0.48		
1 IVW-EPUVloer	NEE 0	56.25	1.42		
1 OVW-EPUVloer	NEE 0	56.25	1.42		

```

+-----+
|          DGMR Beheer BV          |
+-----+
Programma   : VABI - Temperatuuroverschrijdingsprogramma VA114 - Versie 2.16
Projectnummer: E 2005.0139.00          Pagina 2
Projectnaam  : Buurthuis (EPU 2007) PRJ      Gebouw 1
Technicus    : CE
Datum        : 2 juni 2005      Tijd : 14:59:48
Omschrijving : E 2005.0139.00

```

UITVOERRESULTATEN IN VERTREK 1 (Ruimte : 2)

Overschrijdingen bij 27.0 gr C : 27 uur en bij 29.0 gr C : 10 uur
Maximum temperatuur : 30.4 gr.C

Uitgangspunten bepaling van weeguren : Metabolisme : 1.24 Met
Clo-waarde : 0.70 / 0.90
Relatieve luchtsnelheid : 0.15 m/s

Onderschrijding PMV < -0.5 : 323 gewogen onderschrijdingsuren
Overschrijding PMV > 0.5 : 105 gewogen overschrijdingsuren

Frequentieverdeling vertrekluchttemperatuur (aantal uren)

T<=15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	T>40
0	0	0	0	0	10	122	110	127	88	69	49	26	14	3	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

MAXIMAAL VERBRUIKTE VERMOGENS

Warmtelevering tgv inblaaslucht in vertrek 1 op 14- 9 om 15 uur : 1283 Watt
Koudelevering tgv inblaaslucht in vertrek 1 op 20-10 om 5 uur : -3282 Watt

Maximaal verbruikte vermogens in centrale luchtbehandelingsinstallatie

Warmtelevering door heater op 0- 0 om 0 uur : 0 Watt
Koudelevering door koeler (voelbaar+latent) op 0- 0 om 0 uur : 0 Watt
Koudelevering door ontvochtiging (voelbaar+latent) op 0- 0 om 0 uur : 0 Watt

Uitgangspunten TO-berekening:

Onderwijsgebouw klein (Basisschool)

Vertrekgegevens:

- gebruiksfunctie: onderwijs
- afmeting vertrek: $7.5 \times 7.5 \times 3.5 \text{ m}^3$
- gebruikstijd: 8.00 – 16.00 uur
- oriëntatie: zuid
- glaspercentage: zuidgevel 50 %

Materialen:

- binnenwanden: metal stud, dikte 100 mm
- buitenwand: spouwmuur, $R_c = 4.0 \text{ m}^2\text{K/W}$
- glas: dubbel glas, $U = 2.2 \text{ W/m}^2\text{K}$, ZTA = 0.6
- zonwering: automatisch, bulten
- vloeren: betonvloer met verlaagd plafond

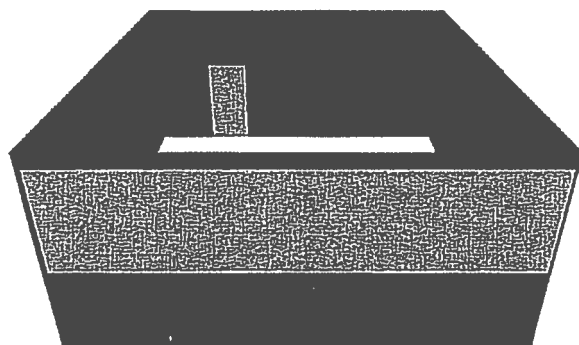
Interne warmtelast:

- personen: 30 personen
- apparaten: 15 W/m^2
- verlichting: 8 W/m^2

Installatie:

- bedrijfswijze: 7.00 – 16.00 uur (= dagbedrijf)
- ventilatie: mechanische toe- en afvoer (conform Bouwbesluit)
- lokale verwarming: radiator
- ramen: tijdens gebruikstijd te openen

3D weergave:



```

+-----+
|          DGMR Beheer BV          |
+-----+
Programma   : VABI - Temperatuuroverschrijdingsprogramma VA114 - Versie 2.16
Projectnummer: E 2005 0139 00          Pagina 1
Projectnaam  : Basisschool (EPU 2007) PRJ          Gebouw 1
Technicus   : CE
Datum       : 2 juni 2005      Tijd : 13:27:50
Omschrijving : E 2005 0139 00
+-----+

```

ALGEMENE GEGEVENS

```

klimaatfile      : O:\VABI_UO\klimaat\DBL6465 KLN
startdatum      : 27- 4-1964      aantal dagen : 184
telperiode      : 5 dagen van 8-16 uur
beschaduwning   : nee
infiltratie     : ja
te openen raamdelen : ja
gebruiksperiode gebouw : 5 dagen van 8-16 uur

```

INSTALLATIEGEGEVENS

```

distributie      mechanische luchttoevoer : ja
                 mechanische luchtafvoer : ja
luchtbehandeling koelbatterij          : nee
                 verwarmingsbatterij     : nee
                 luchtontvochtiger       : nee
                 luchtbevochtiger        : nee
                 mengsectie              : nee
                 WTW                      : nee
                 adiabatische koeling    : nee
regeling         op comforttemperatuur
                 voorw.nachtventilatie  : ja
                 voorw.nachtverwarming   : nee
                 bedrijfsperiode dag     : 5 dagen van 7-16 uur
stooklijn (overdag) Tbuiten -> Tinblaas : -99 0-99 0 / 99 0 99 0 / 99 0 99 0 / 99.0 99.0
afgifte         le net
                 radiator
                 functie : verwarming

```

```

roosters (m3/h)   vertrek 1      dag      710      nacht      1420
LVK-apparaten    vertrek 1 net 1  verwarming 2500 W Tset 19 0 / 10 0 gr C

```

```

interne belasting (W/h) vertrek 1      personen 3900      apparatuur 0      verlichting 450

```

BOUWFYSISCHE GEGEVENS VERTREK(KEN)

vtr nr	wand/deur/glasnaam	bu-wnd	orientatie (Z=0,0=90)	opper-vlakte	U-constr	U-glas	ZTA-glas
1	OVW-EPUsysteemwand	NEE	180	24 15	0 48		
	OVD-deur			2 10	0 47		
1	OVW-EPUsysteemwand	NEE	90	26 25	0 48		
1	OBW-EPUBuitenwandRc=4	JA	0	13 12	0.24		
	OBR-glas			13 13		2 20	0 60
1	OVW-EPUsysteemwand	NEE	-90	26.25	0.48		
1	1VW-EPUVloer	NEE	0	56 25	1 42		
1	OVW-EPUVloer	NEE	0	56 25	1 42		

```

+-----+
|          DGMR Beheer BV          |
+-----+
Programma   : VABI - Temperatuuroverschrijdingsprogramma VA114 - Versie 2 16
Projectnummer: E 2005 0139 00          Pagina 2
Projectnaam  : Basisschool (EPU 2007) PRJ      Gebouw 1
Technicus   : CE
Datum       : 2 juni 2005      Tijd : 13:27:50
Omschrijving : E 2005.0139 00

```

UITVOERRESULTATEN IN VERTREK 1 (Ruimte : 2)

Overschrijdingen bij 25.5 gr.C : 107 uur en bij 28.0 gr.C : 16 uur
Maximum temperatuur : 30.9 gr.C

Uitgangspunten bepaling van weeguren : Metabolisme : 1.24 Met
Clo-waarde : 0.70 / 0.90
Relatieve luchtsnelheid : 0.15 m/s

Onderschrijding PMV < -0.5 : 886 gewogen onderschrijdingsuren
Overschrijding PMV > 0.5 : 180 gewogen overschrijdingsuren

Frequentieverdeling vertrekluichttemperatuur (aantal uren)

T<=15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	T>40	
0	0	5	11	33	143	113	182	198	151	92	50	33	29	9	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

MAXIMAAL VERBRUIKTE VERMOGENS

Warmtelevering tgv inblaasluicht in vertrek 1 op 13-6 om 13 uur : 1245 Watt
Koudelevering tgv inblaasluicht in vertrek 1 op 20-10 om 5 uur : -3924 Watt

Maximaal verbruikte vermogens in centrale luichtbehandelingsinstallatie

Warmtelevering door heater op 0-0 om 0 uur : 0 Watt
Koudelevering door koeler (voelbaar+latent) op 0-0 om 0 uur : 0 Watt
Koudelevering door ontvochtiging (voelbaar+latent) op 0-0 om 0 uur : 0 Watt

Uitgangspunten TO-berekening:

Onderwijsgebouw groot (VO school)

Vertrekgegevens:

- gebruiksfunctie: onderwijs
- afmeting vertrek: $7.5 \times 15 \times 3.5 \text{ m}^3$
- gebruikstijd: 8.00 – 16.00 uur
- oriëntatie: zuid
- glaspercentage: zuidgevel 45 %

Materialen:

- binnenwanden: metal stud, dikte 100 mm
- buitenwand: spouwmuur, $R_c = 4.0 \text{ m}^2\text{K/W}$
- glas: dubbel glas, $U = 2.2 \text{ W/m}^2\text{K}$, ZTA = 0.6
- zonwering: automatisch, buiten
- vloeren: betonvloer met verlaagd plafond

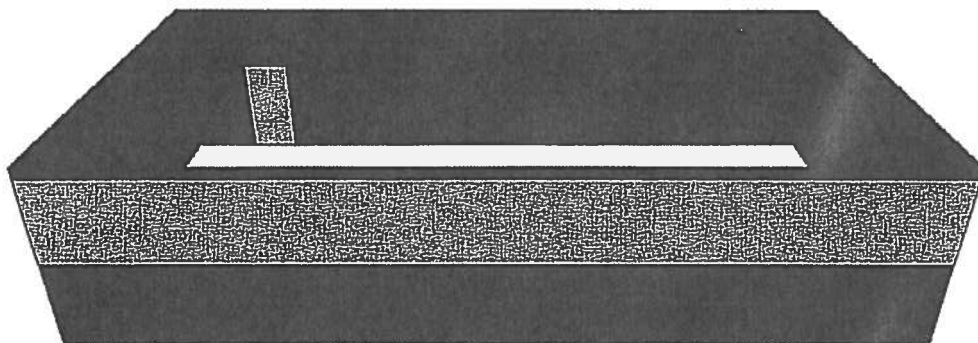
Interne warmtelast:

- personen: 20 personen
- apparaten: 15 W/m^2
- verlichting: 8 W/m^2

Installatie:

- bedrijfswijze: 7.00 – 16.00 uur (= dagbedrijf)
- ventilatie: mechanische toe- en afvoer (conform Bouwbesluit)
- lokale verwarming: radiator
- ramen: tijdens gebruikstijd te openen

3D weergave:




```

+-----+
|          DGMR Beheer BV          |
+-----+
Programma   : VABI - Temperatuuroverschrijdingsprogramma VAl14 - Versie 2 16
Projectnummer: E 2005 0139 00          Pagina 1
Projectnaam  : VO school (EPU 2007) PRJ          Gebouw   1
Technicus   : CE
Datum       : 2 juni 2005      Tijd : 13:36:12
Omschrijving : E 2005 0139 00
+-----+

```

ALGEMENE GEGEVENS

```

klimaatfile      : O:\VABI_UO\klimaat\DBL6465 KLN
startdatum       : 27- 4-1964      aantal dagen : 184
telperiode       : 5 dagen van 8-16 uur
beschaduwing     : nee
infiltratie      : ja
te openen raamdelen : ja
gebruiksperiode gebouw : 5 dagen van 8-16 uur

```

INSTALLATIEGEGEVENS

```

distributie      mechanische luchttoevoer : ja
                  mechanische luchtafvoer : ja
luchtbehandeling koelbatterij          : nee
                  verwarmingsbatterij     : nee
                  luchtontvochtiger       : nee
                  luchtbevochtiger       : nee
                  mengsectie              : nee
                  WTW                      : nee
                  adiabatische koeling    : nee
regeling         op comforttemperatuur
                  voorw.nachtventilatie  : ja
                  voorw.nachtverwarming  : nee
                  bedrijfsperiode dag     : 5 dagen van 7-16 uur
stooklijn (overdag) Tbuiten -> Tinblaas : -99 0-99 0 / 99.0 99 0 / 99 0 99 0 / 99 0 99 0
afgifte         1e net
                  radiator
                  functie : verwarming

```

```

roosters (m3/h)   vertrek 1      dag      1420   nacht      2840
LVK-apparaten     vertrek 1   net 1   verwarming 5000 W   Tset   19 0 / 10 0 gr C
interne belasting (W/h) vertrek 1      personen 2600   apparatuur 1687   verlichting 900

```

BOUWFYSISCHE GEGEVENS VERTREK (KEN)

vtr nr	wand/deur/glasnaam	bu- wnd	orientatie (Z=0,0=90)	opper- vlakke	U- constr	U- glas	ZTA- glas
1	OVW-EPUsysteemwand OVD-deur	NEE	180	50 40 2.10	0 48 0.47		
1	OVW-EPUsysteemwand	NEE	90	26 25	0 48		
1	OBW-EPUBuitenwandRC=4 OBR-glas	JA	0	28 87 23 63	0 24	2 20	0 60
1	OVW-EPUsysteemwand	NEE	-90	26 25	0 48		
1	1VW-EPUvloer	NEE	0	112 50	1 42		
1	OVW-EPUvloer	NEE	0	112 50	1 42		

```

+-----+
|          DGMR Beheer BV          |
+-----+
Programma   : VABI - Temperatuuroverschrijdingsprogramma VA114 - Versie 2 16
Projectnummer: E 2005 0139 00          Pagina 2
Projectnaam  : VO school (EPU 2007) -PRJ      Gebouw  1
Technicus   : CE
Datum       : 2 juni 2005      Tijd : 13:36:12
Omschrijving : E 2005 0139 00

```

UITVOERRESULTATEN IN VERTREK 1 (Ruimte : 2)

Overschrijdingen bij 25.5 gr C : 82 uur en bij 28.0 gr C : 15 uur
Maximum temperatuur : 31.0 gr C

Uitgangspunten bepaling van weeguren : Metabolisme : 1.24 Met
Clo-waarde : 0.70 / 0.90
Relatieve luchtsnelheid : 0.15 m/s

Onderschrijding PMV < -0.5 : 1623 gewogen onderschrijdingsuren
Overschrijding PMV > 0.5 : 90 gewogen overschrijdingsuren

Frequentieverdeling vertrekluclttemperatuur (aantal uren)

T<=15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	T>40	
0	4	10	20	53	186	128	215	177	95	65	44	23	21	8	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

MAXIMAAL VERBRUIKTE VERMOGENS

Warmtelevering tgv inblaaslucht in vertrek 1 op 13- 6 om 13 uur : 2660. Watt
Koudelevering tgv inblaaslucht in vertrek 1 op 20-10 om 5 uur : -7704 Watt

Maximaal verbruikte vermogens in centrale luchtbehandelingsinstallatie

Warmtelevering door heater op 0- 0 om 0 uur : 0 Watt
Koudelevering door koeler (voelbaar+latent) op 0- 0 om 0 uur : 0 Watt
Koudelevering door ontvochtiging (voelbaar+latent) op 0- 0 om 0 uur : 0 Watt

Uitgangspunten TO-berekening:

Winkel

Vertrekgegevens:

- gebruiksfunctie: winkel
- afmeting vertrek: $6 \times 15 \times 3.5 \text{ m}^3$
- gebruikstijd: 9.00 – 18.00 uur
- oriëntatie: zuid
- glaspercentage: zuidgevel 60 %

Materialen:

- binnenwanden: metal stud, dikte 100 mm
- buitenwand: spouwmuur, $R_c = 4.0 \text{ m}^2\text{K/W}$
- glas: dubbel glas, $U = 2.2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $ZTA = 0.6$
- zonwering: automatisch, buiten
- vloeren: betonvloer met verlaagd plafond

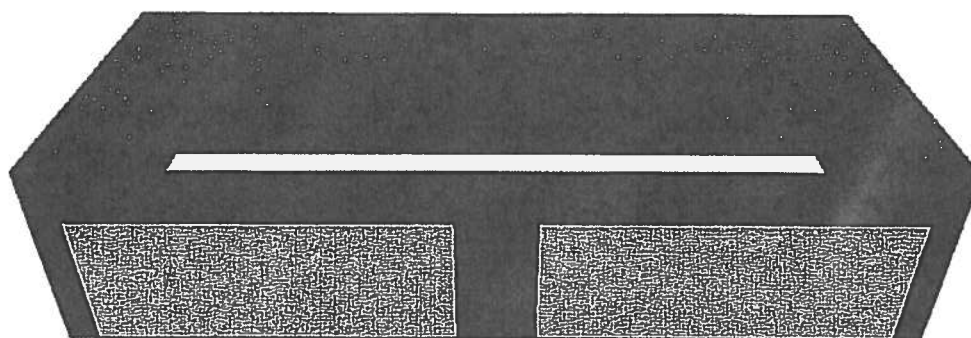
Interne warmtelast:

- personen: 10 personen
- verlichting: 30 W/m^2

Installatie:

- bedrijfswijze: 8.00 – 18.00 uur (= dagbedrijf)
- ventilatie: mechanische toe- en afvoer (conform Bouwbesluit)
- lokale verwarming: radiator
- ramen: tijdens gebruikstijd te openen

3D weergave:



```

+-----+
|          DGMR Beheer BV          |
+-----+
Programma   : VABI - Temperatuuroverschrijdingsprogramma VA114 - Versie 2.16
Projectnummer: E 2005.0139.00          Pagina 1
Projectnaam  : Winkel (EPU 2007) PRJ    Gebouw 1
Technicus   : CE
Datum       : 3 juni 2005      Tijd : 08:26:42
Omschrijving : E 2005.0139.00
+-----+

```

ALGEMENE GEGEVENS

```

klimaatfile      : O:\VABI_UO\klimaat\DBL6465 KLN
startdatum       : 27- 4-1964      aantal dagen : 184
telperiode       : 6 dagen van 9-18 uur
beschaduwing     : nee
infiltratie      : ja
te openen raamdelen : ja
gebruiksperiode gebouw : 6 dagen van 9-18 uur

```

INSTALLATIEGEGEVENS

```

distributie      mechanische luchttoevoer : ja
                  mechanische luchtafvoer : ja
luchtbehandeling koelbatterij          : nee
                  verwarmingsbatterij     : nee
                  luchtontvochtiger       : nee
                  luchtbevochtiger        : nee
                  mengsectie              : nee
                  WTW                       : nee
regeling          adiabatische koeling   : nee
                  op comforttemperatuur
                  voorw nachtventilatie   : ja
                  voorw nachtverwarming   : nee
stooklijn (overdag) bedrijfsperiode dag : 6 dagen van 8-18 uur
                  Tbuiten -> Tinblaas    :-99 0-99 0 / 99 0 99 0 / 99 0 99 0 / 99 0 99 0
afgifte          1e net
                  radiator
                  functie : verwarming

```

```

roosters (m3/h)   vertrek 1          dag          700   nacht          1400
LVK-apparaten     vertrek 1   net 1   verwarming 5600 W   Tset 20.0 / 15.0 gr.C
interne belasting (W/h) vertrek 1          personen 1300   apparatuur    0   verlichting 2700

```

BOUWFYSISCHE GEGEVENS VERTREK(KEN)

vtr wand/deur/glasnaam	bu-orientatie	opper-vlakke	U-constr	U-glas	ZTA-glas
nr	wnd (Z=0,0=90)				
1 OVW-EPUsysteemwand	NEE 180	52 50	0 48		
1 OVW-EPUsysteemwand	NEE 90	21 00	0.48		
1 OBW-EPUBuitenwandRc=4	JA 0	21 00	0 24		
OBR-glas		15 75		2 20	0 60
OBR-glas		15 75		2 20	0 60
1 OVW-EPUsysteemwand	NEE -90	21 00	0 48		
1 1VW-EPUVloer	NEE 0	90 00	1 42		
1 OVW-EPUVloer	NEE 0	90 00	1 42		

```

+-----+
|          DGMR Beheer BV          |
+-----+
Programma   : VABI - Temperatuuroverschrijdingsprogramma VA114 - Versie 2 16
Projectnummer: E 2005 0139 00          Pagina 2
Projectnaam  : Winkel (EPU 2007) PRJ    Gebouw   1
Technicus   : CE
Datum       : 3 juni 2005      Tijd : 08:26:42
Omschrijving : E 2005 0139 00
+-----+

```

UITVOERRESULTATEN IN VERTREK 1 (Ruimte : 2)

Overschrijdingen bij 27 0 gr C : 98 uur en bij 29 0 gr C : 27 uur
Maximum temperatuur : 32 1 gr C

Uitgangspunten bepaling van weeguren : Metabolisme : 1 24 Met
Clo-waarde : 0 70 / 0 90
Relatieve luchtsnelheid : 0 15 m/s

Onderschrijding PMV < -0 5 : 953 gewogen onderschrijdingsuren
Overschrijding PMV > 0 5 : 387 gewogen overschrijdingsuren

Frequentieverdeling vertrekluclttemperatuur (aantal uren)

T<=15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	T>40
0	0	0	0	1	76	297	245	274	168	136	69	50	47	24	6	10	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0

MAXIMAAL VERBRUIKTE VERMOGENS

Warmtelevering tgv inblaaslucht in vertrek 1 op 17- 5 om 18 uur : 727 Watt
Koudelevering tgv inblaaslucht in vertrek 1 op 20-10 om 5 uur : -5681 Watt

Maximaal verbruikte vermogens in centrale luchtbehandelingsinstallatie

Warmtelevering door heater op 0- 0 om 0 uur : 0 Watt
Koudelevering door koeler (voelbaar+latent) op 0- 0 om 0 uur : 0 Watt
Koudelevering door ontvochtiging (voelbaar+latent) op 0- 0 om 0 uur : 0 Watt

```

+-----+
|          DGMR Beheer BV          |
+-----+
Programma   : VABI - Temperatuuroverschrijdingsprogramma VAl14 - Versie 2 16
Projectnummer: E 2005 0139 00          Pagina 1
Projectnaam  : Basisschool (EPU 2007 - U=1 8) PRJ          Gebouw 1
Technicus    : CE
Datum        : 20 juni 2005          Tijd : 15:05:48
Omschrijving : E 2005 0139 00

```

UITVOERRESULTATEN IN VERTREK 1 (Ruimte : 2)

Overschrijdingen bij 25.5 gr C : 107 uur en bij 28.0 gr C : 18 uur
Maximum temperatuur : 31.0 gr.C.

Uitgangspunten bepaling van weeguren : Metabolisme : 1.24 Met
Clo-waarde : 0.70 / 0.90
Relatieve lichtsnelheid : 0.15 m/s

Onderschrijding PHV < -0.5 : 856 gewogen onderschrijdingsuren
Overschrijding PHV > 0.5 : 185 gewogen overschrijdingsuren

Frequentieverdeling vertrekluchttemperatuur (aantal uren)

T<=15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	T>40	
0	0	4	11	36	135	115	172	207	151	96	48	34	29	11	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

MAXIMAAL VERBRUIKTE VERMOGENS

Warmtelevering tgv inblaaslucht in vertrek 1 op 13-6 om 13 uur : 1240 Watt
Koudelevering tgv inblaaslucht in vertrek 1 op 20-10 om 5 uur : -3940 Watt

Maximaal verbruikte vermogens in centrale luchtbehandelingsinstallatie

Warmtelevering door heater op 0-0 om 0 uur : 0 Watt
Koudelevering door koeler (voelbaar+latent) op 0-0 om 0 uur : 0 Watt
Koudelevering door ontvochtiging (voelbaar+latent) op 0-0 om 0 uur : 0 Watt

```

-----+
|          DGMR Beheer BV          |
=====
Programma   : VABI - Temperatuuroverschrijdingsprogramma VA114 - Versie 2 16
Projectnummer: E 2005 0139 00          Pagina 1
Projectnaam  : VO school (EPU 2007 - U=1 8) PRJ      Gebouw  1
Technicus   : CE
Datum       : 20 juni 2005      Tijd : 15:11:36
Omschrijving : E 2005 0139.00
-----

```

UITVOERRESULTATEN IN VERTREK 1 (Ruimte : 2)

Overschrijdingen bij 25.5 gr.C : 84 uur en bij 28.0 gr.C : 16 uur
Maximum temperatuur : 31.0 gr.C

Uitgangspunten bepaling van weeguren : Metabolisme : 1.24 Met
Clo-waarde : 0.70 / 0.90
Relatieve luchtsnelheid : 0.15 m/s

Onderschrijding PHV < -0.5 : 1580 gewogen onderschrijdingsuren
Overschrijding PHV > 0.5 : 93 gewogen overschrijdingsuren

Frequentieverdeling vertrekluichttemperatuur (aantal uren)

T<=15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	T>40	
0	3	11	17	52	188	123	216	179	94	68	44	23	22	9	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

MAXIMAAL VERBRUIKTE VERMOGENS

Warmtelevering tgv inblaaslucht in vertrek 1 op 13-6 om 13 uur : 2655 Watt
Koudelevering tgv inblaaslucht in vertrek 1 op 20-10 om 5 uur : -7737 Watt

Maximaal verbruikte vermogens in centrale luchtbehandelingsinstallatie

Warmtelevering door heater op 0-0 om 0 uur : 0 Watt
Koudelevering door koeler (voelbaar+latent) op 0-0 om 0 uur : 0 Watt
Koudelevering door ontvochtiging (voelbaar+latent) op 0-0 om 0 uur : 0 Watt

```

+-----+
|          DGMR Beheer BV          |
+-----+
Programma   : VABI - Temperatuuroverschrijdingsprogramma VA114 - Versie 2 16
Projectnummer: E 2005 0139 00          Pagina 1
Projectnaam  : Buurthuis (EPU 2007 - U=1 8) PRJ      Gebouw 1
Technicus   : CE
Datum       : 20 juni 2005      Tijd : 15:13:50
Omschrijving : E 2005 0139 00

```

UITVOERRESULTATEN IN VERTREK 1 (Ruimte : 2)

Overschrijdingen bij 27 0 gr C : 29 uur en bij 29 0 gr C : 10 uur
Maximum temperatuur : 30.5 gr C

Uitgangspunten bepaling van weeguren : Metabolisme : 1 24 Met
Clo-waarde : 0 70 / 0 90
Relatieve luchtsnelheid : 0 15 m/s

Onderschrijding PMV < -0 5 : 321 gewogen onderschrijdingsuren
Overschrijding PMV > 0 5 : 106 gewogen overschrijdingsuren

Frequentieverdeling vertrekluclttemperatuur (aantal uren)

T<=15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	T>40
0	0	0	0	0	15	115	107	132	82	75	49	24	16	3	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

MAXIMAAL VERBRUIKTE VERHOGENS

Warmtelevering tgv inblaaslucht in vertrek 1 op 14- 9 om 15 uur : 1280 Watt
Koudelevering tgv inblaaslucht in vertrek 1 op 20-10 om 5 uur : -3304 Watt

Maximaal verbruikte vermogens in centrale luchtbehandelingsinstallatie

Warmtelevering door heater op 0- 0 om 0 uur : 0 Watt
Koudelevering door koeler (voelbaar+latent) op 0- 0 om 0 uur : 0 Watt
Koudelevering door ontvochtiging (voelbaar+latent) op 0- 0 om 0 uur : 0 Watt


```

+-----+
|          DGMR Beheer BV          |
+-----+
Programma   : VABI - Temperatuuroverschrijdingsprogramma VA114 - Versie 2.16
Projectnummer: E 2005 0139 00          Pagina 1
Projectnaam  : Caf(-restaurant (EPU 2007 - U=1.8)          Gebouw 1
Technicus   : CE
Datum       : 20 juni 2005      Tijd : 15:15:25
Omschrijving : E 2005 0139 00

```

UITVOERRESULTATEN IN VERTREK 1 (Ruimte : 2)

Overschrijdingen bij 27.0 gr C : 19 uur en bij 29.0 gr C : 4 uur
Maximum temperatuur : 30.7 gr C

Uitgangspunten bepaling van weeguren : Metabolisme : 1.24 Met
Clo-waarde : 0.70 / 0.90
Relatieve luchtsnelheid : 0.15 m/s

Onderschrijding PMV < -0.5 : 808 gewogen onderschrijdingsuren
Overschrijding PMV > 0.5 : 153 gewogen overschrijdingsuren

Frequentieverdeling vertrekkluchttemperatuur (aantal uren)

T<=15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	T>40	
0	0	0	0	31	81	256	239	190	203	130	75	32	11	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

MAXIMAAL VERBRUIKTE VERMOGENS

Warmtelevering tgv inblaaslucht in vertrek 1 op 26- 8 om 15 uur : 2116 Watt
Koudelevering tgv inblaaslucht in vertrek 1 op 24-10 om 3 uur : -5829 Watt

Maximaal verbruikte vermogens in centrale luchtbehandelingsinstallatie

Warmtelevering door heater op 0- 0 om 0 uur : 0 Watt
Koudelevering door koeler (voelbaar+latent) op 0- 0 om 0 uur : 0 Watt
Koudelevering door ontvochtiging (voelbaar+latent) op 0- 0 om 0 uur : 0 Watt

```

+-----+
|           DGMR Beheer BV           |
+-----+
Programma   : VABI - Temperatuuroverschrijdingsprogramma VA114 - Versie 2.16
Projectnummer: E 2005 0139 00                               Pagina 1
Projectnaam : Winkel (EPU 2007 - U=1.8) - PRJ                Gebouw 1
Technicus   : CE
Datum       : 20 juni 2005      Tijd : 15:17:07
Omschrijving : E 2005.0139.00

```

UITVOERRESULTATEN IN VERTREK 1 (Ruimte : 2)

Overschrijdingen bij 27.0 gr C : 101 uur en bij 29.0 gr C : 31 uur
Maximum temperatuur : 32.1 gr C

Uitgangspunten bepaling van weeguren : Metabolisme : 1.24 Met
Clo-waarde : 0.70 / 0.90
Relatieve luchtsnelheid : 0.15 m/s

Onderschrijding PMV < -0.5 : 891 gewogen onderschrijdingsuren
Overschrijding PMV > 0.5 : 404 gewogen overschrijdingsuren

Frequentieverdeling vertrekluchttemperatuur (aantal uren)

T<=15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	T>40
0	0	0	0	1	90	272	236	279	181	131	72	59	49	21	10	10	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0

MAXIMAAL VERBRUIKTE VERMOGENS

Warmtelevering tgv inblaaslucht in vertrek 1 op 17- 5 om 18 uur : 707 Watt
Koudelevering tgv inblaaslucht in vertrek 1 op 20-10 om 5 uur : -5760 Watt

Maximaal verbruikte vermogens in centrale luchtbehandelingsinstallatie

Warmtelevering door heater op 0- 0 om 0 uur : 0 Watt
Koudelevering door koeler (voelbaar+latent) op 0- 0 om 0 uur : 0 Watt
Koudelevering door ontvochtiging (voelbaar+latent) op 0- 0 om 0 uur : 0 Watt

Stijging energieprijzen

Notitie

Aan Begeleidingscommissie haalbaarheidsstudie aanscherping EPC U-bouw

Kopie

Van SenterNovem (Edwin Marquart, Ed Blankestijn)

Onderwerp Energieprijzen utiliteitsbouw

Energieprijzen utiliteitsbouw.

Korte schets voor haalbaarheidsstudie aanscherping EPC eisen utiliteitsbouw

In de haalbaarheidsstudie naar de aanscherpingsmogelijkheden EPC Ubouw worden schattingen van de energieprijzen gebruikt. Bij drie energiebedrijven zijn begin 2005 de prijzen opgevraagd, die vervolgens zijn gemiddeld. Inmiddels zijn de olieprijsen in het 2^e kwartaal van 2005 fors gestegen en is bekend geworden dat de EnergieBelasting wordt verhoogd.

De aanscherping vindt op zijn vroegst per 1 januari 2007 plaats, zodat het zinvol is de gevoeligheid op een hogere energieprijs door te rekenen.

Er is een prognose nodig. Er lijken twee belangrijke invloeden op de prijs te zijn de aankomende jaren.

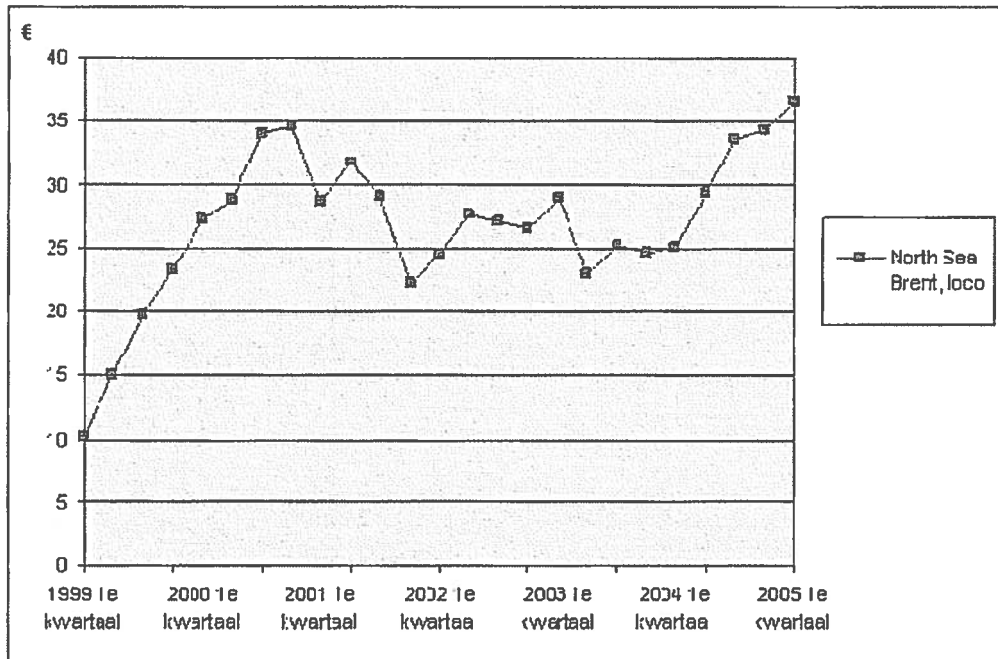
- de ontwikkeling van de olieprijs
- de ontwikkeling van de EnergieBelasting

Van de liberalisering energiemarkten wordt geen additioneel effect verwacht, omdat voor de Ubouw de veranderingen al enige tijd geleden plaats vonden.

Olieprijs

In onderstaande figuur staat de prijsontwikkeling van olie in de afgelopen vijf jaar. Het betreft de wereldmarktprijs die zijn berekend als maandgemiddelde van de hoogste en laagste dagkoers die werkelijk zijn betaald.

Figuur 1 Ontwikkeling wereldmarktprijs, in €



Bron: CBS (2005)

Inmiddels is de olieprijs verder gestegen. De wereldbank geeft voor het 2^e kwartaal 2005 €43 aan. De huidige prijs ligt rond de € 50 (\$60).

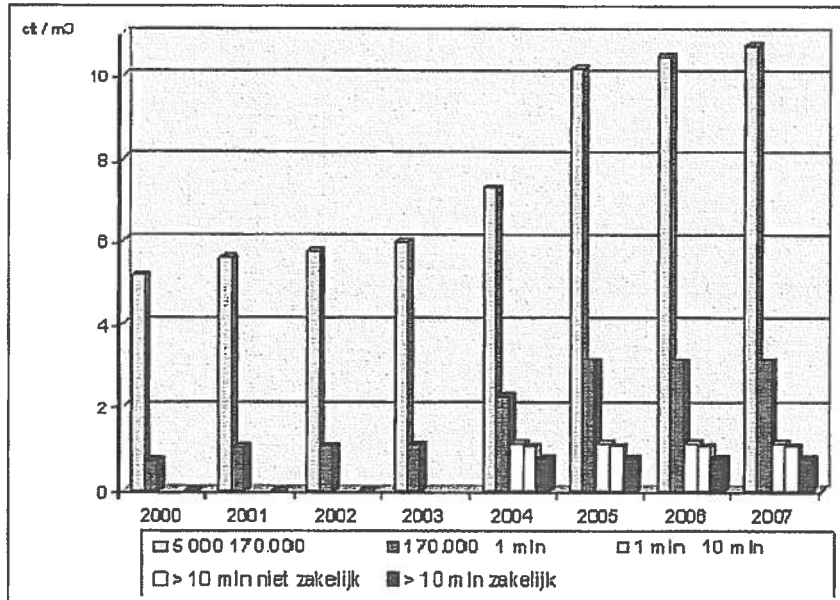
Voor een prognose van de olieprijs zijn veel schattingen beschikbaar van commerciële partijen. Van \$ 60 a 100 per vat in het derde kwartaal van 2005 (Barclays Capital, mei 2005; Talisman Energiy Inc, mei 2005), \$ 100 in 2010 (Zakenbank CIBC World Markets, april 2005) tot \$ 380 in 2015 (Investeringsbank, Idis-CIB, april 2005). De schattingen lopen flink uiteen, maar gaan allemaal uit van een (flinke) stijging de aankomende jaren. De aardgasprijs is rechtstreeks gekoppeld aan de olieprijs en zal hierdoor ook stijgen.

Op korte termijn wordt een prijstijging verwacht naar \$70 (Bloomsberg, juni 2005).

Energiebelasting

In onderstaande figuur staat de ontwikkeling van de energiebelasting op aardgas. Voor de grootverbruikers zijn er in 2006 en 2007 geen verhogingen van de energiebelasting voorzien. Alleen voor het verbruik tussen de 5.000 en 170.000 m³ stijgt de belasting licht.

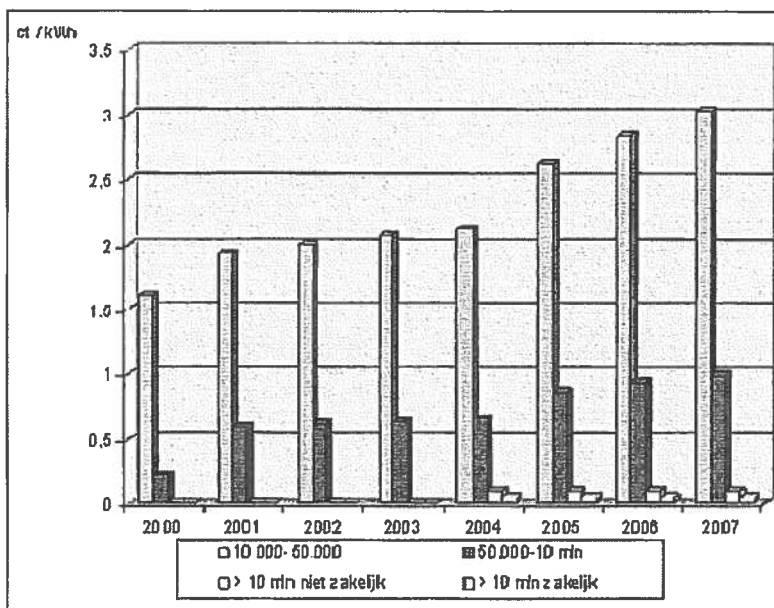
Figuur 2 **Ontwikkeling energiebelasting grootverbruikers, aardgas**



Bron: Belastingplan 2005

De belasting op elektriciteit stijgt bij het verbruik van 10.000 tot 10 miljoen kWh met 16% en 15% tussen 2005 en 2007.

Figuur 3 **Ontwikkeling energiebelasting grootverbruikers, elektriciteit**



Bron: Belastingplan 2005

Bandbreedte energieprijzen

De recente olieprijsstijging heeft geleid tot hogere energieprijzen. De stijging kan echter niet één op één worden doorvertaald, een verdubbeling van de olieprijs leidt niet tot een verdubbeling van de energieprijzen.

ECN heeft in opdracht van SN een gevoeligheidsanalyse van de eindverbruikersprijzen voor elektriciteit en gas voor een hogere olieprijs en een hogere CO₂ prijs in de periode 2007-2012 uitgevoerd. Voor 2005 lag de olieprijs in vorig jaar gemaakte referentieramingen tussen de 22 en 23 USD₂₀₀₀/vat. De gevoeligheidsanalyse gaat uit van 50 USD₂₀₀₅/vat, het prijspeil voorjaar 2005.

Voor de onderliggende berekening wordt een model gebruikt waarin de relatie van de olieprijs en de eindverbruikersprijs is opgenomen. De relatie (elasticiteit) olieprijs – aardgasprijs op basis van de ECN-schatting is voor huishoudens ongeveer 0,14 en voor zakelijke verbruikers 0,18, dat wil zeggen dat een stijging van de olieprijs met 50% leidt tot een stijging van energieprijzen met 9% voor zakelijke verbruikers. De elasticiteit van de olieprijs – elektriciteitsprijs is voor zakelijke verbruikers¹ in het daltarief 0,27 en in het piektarief 0,20.

De belangrijkste reden voor de beperkte doorwerking is dat de grondstofkosten (olie) maar een deel van de uiteindelijke energieprijzen bepalen.

Hieronder wordt de bandbreedte voor de energieprijzen weergegeven.

De relatie olieprijs – energieprijzen is bepaald op basis van de schatting van ECN. De ontwikkelingen in de olieprijs wordt voor Nederland geschat door het CPB. Voor gevoeligheidsanalyse in de aanscherpingsstudie wordt voorgesteld met een gematigde olieprijsstijging van 20% tot 50% ten opzichte van de olieprijs voorjaar 2005 aan te houden. Dat wil zeggen een olieprijs van \$60 tot \$75 per vat. In onderstaande tabel staat het effect van deze stijging (50%) op de eindverbruikersprijzen.

Tabel 1 Elasticiteit zakelijke gebruikers

	Aardgas	Electriciteit dal	Electriciteit piek
Elasticiteit	0,18	0,27	0,20
Energieprijsstijging bij olieprijsstijging 50%	9,0%	13,7%	10,2%

Dit is een gemiddelde voor de diverse categorieën zakelijke gebruikers. Er treden verschillen op door onder andere variatie in de mate van Energiebelasting, variabele leveringskosten en brandstofkosten.

¹ Middelgrote zakelijke verbruikers (laagspanning, 50000 kWh per jaar)

Energieprijzen voor gevoeligheidsanalyse

Gezien de huidige olieprijs en de verwachtingen op langere termijn is het realistisch hogere energieprijzen in te zetten.

Voorgesteld wordt om met twee beperkt verhoogde energieprijsniveau's, de effecten door te rekenen.

- 4 % ongeveer overeenkomend met een olieprijsniveau van \$60 per vat (i.p.v. \$ 50/vat)
- 8% ongeveer overeenkomend met een olieprijs van \$ 70 per vat (i.p.v. \$ 50/vat)

Zie hiervoor ook in bijlage 1 waarin gesteld wordt dat de kans dat de olieprijs op korte termijn naar \$70 per vat gaan 70-80% is.

Oil Jumps Above \$58 as Demand May Outpace Production Growth

June 17 (Bloomberg) -- Crude oil in New York surged above \$58 a barrel for the first time since reaching a record in April on signs that producers will struggle to meet growing fuel demand during the second half of the year.

"There is no question that the market is going to \$60," said Kyle Cooper, an analyst with Citigroup Inc. in Houston. "There is a lot of fear and hype about the possibility of us running out of oil, and it has stuck."

Global oil use will jump to 86.4 million barrels a day in the fourth quarter, 200,000 barrels more than forecast a month earlier, an International Energy Agency report showed this week. The world pumped an average of 83.8 million barrels of oil a day in the first quarter. U.S. crude-oil supplies fell 4.9 million barrels in the last two weeks, Energy Department figures show.

Crude oil for July delivery rose \$1.12, or 2 percent, to \$57.70 a barrel at 1:55 p.m. on the New York Mercantile Exchange. Futures touched \$58.15 a barrel, the highest intraday price since a record \$58.28 was reached on April 4. A settlement at the current price would be a record. Prices have risen 7.5 percent this week and are up 50 percent from a year ago.

Oil prices may rise next week as producers strive to meet growing demand from refiners, a Bloomberg survey showed. Thirty-five of 68 analysts and strategists surveyed, or 51 percent, said oil prices will increase next week. Eighteen, or 26 percent, said they will fall, and 15 forecast little change.

"Going over \$60 will require a catalyst," said Jason Schenker, an economist at Wachovia Corp. in Charlotte. "A major event such as a hurricane, massive crude-oil inventory draw, or destabilizing geopolitical event will be needed."

The increase may accelerate if prices rise above so-called resistance at \$58.28 a barrel, according to traders who watch charts to predict price movements.

\$70 a Barrel

Crude-oil prices are likely to reach \$70 barrel once they breach the record, said John Murphy, chief technical analyst at StockCharts.com. Oil futures in New York have exceeded the 200-day moving average since a dip in May. That suggests a 70 percent to 80 percent chance of oil's reaching \$70, said Murphy.

"I don't think there's any doubt we're headed higher," Murphy said in an interview today. "We had a correction and came back to the 200-day moving average," he said. "If we get through \$58, \$70 will be the next big number."

Prices rose in 1974 after an oil embargo that followed the Arab-Israeli war and from 1979 through 1981 after Iran cut oil exports. The average cost of oil used by U.S. refiners was \$35.24 a barrel in 1981, according to the Energy Department, or \$75.44 in today's dollars.

'Sudden and Unexpected'

"In the 1970s the rise in prices was sudden and unexpected," said Rick Mueller, an analyst with Energy Security Analysis Inc. in Wakefield, Massachusetts. "We were more dependent on oil and the economy was weaker. The manufacturing sector was a bigger piece of the overall economy and was hit hard by the price rises."

The Organization of Petroleum Exporting Countries agreed two days ago in Vienna to raise production quotas by 500,000 barrels a day to 28 million beginning on July 1, and left open the possibility of another gain by the same amount, if needed. OPEC members are already exceeding the new production target.

Russian Production

Oil output in Russia, which vies with Saudi Arabia for the position of top oil producer, rose an annual 2.1 percent in May, according to the Federal Statistics Service. That's less than a 3 percent annual increase in April. Russian output surged 8.7 percent in 2004, according to the IEA.

Russian output growth is faltering after tax charges against OAO Yukos Oil Co., the country's largest oil exporter last year, led to the confiscation of the company's biggest producing unit and slowed investment in the nation's oil industry.

In London, the August Brent crude-oil futures contract rose 95 cents, or 1.7 percent, to \$57.17 a barrel on the International Petroleum Exchange. Prices touched \$57.56, the highest since Brent reached a record \$57.65 on April 4.

A security threat today forced the U.S., U.K. and Germany to shut their missions in Lagos, Nigeria's commercial hub. The West African country produces sweet oil that's easier to process into high-value fuels such as gasoline and diesel. Nigeria is the fifth-biggest source of U.S. oil imports.

The U.S. Senate is debating energy legislation that President George W. Bush has sought since he entered the White House in 2001. The House already has passed its version of the bill. Bush advocates increasing the use of coal, natural gas and nuclear power as well as fuel additives such as ethanol, to cut U.S. reliance on oil imports.

Record Profit

Valero Energy Corp., the top-performing Standard & Poor's 500 stock this year, said it expects second-quarter profit to rise to a record as margins on refined fuels widen. Valero is reaping profits as U.S. fuel consumption grows and discounts for cheaper grades of crude oil used in the company's refineries widen.

The profit margin for turning a barrel of oil into heating oil and gasoline is about \$11.21 today, based on futures prices on the New York Mercantile Exchange. The margin, also called a crack spread, touched \$14.49 in early April, the highest in at least 15 years.

Refinery Output

Pagina 8
12 juli 2005

U.S. refineries operated at 96.7 percent of their capacity in the week ended June 10, the highest since July, the department's report showed. Production of distillate fuels rose 4.2 percent to a record 4.4 million barrels a day.

Heating oil for July delivery rose 1.15 cents, or 0.7 percent, to \$1.637 a gallon in New York. Heating-oil futures are 59 percent higher than a year ago. Gasoline for July delivery rose 2.02 cents, or 1.3 percent, to \$1.618 a gallon. The motor fuel is 36 percent higher than a year ago.

Gasoline prices also rose on the unplanned closure of a gasoline-making unit at the Royal Dutch/Shell Group's Deer Park, Texas, refinery, the sixth-largest in the U.S. The catalytic cracker, with a 67,000 barrel-a-day capacity, is being shut for 10 to 14 days for repairs, a Shell spokesman said in an e-mailed statement late yesterday.

To contact the reporter on this story:
Mark Shenk in New York at mshenk1@bloomberg.net.

Last Updated: June 17, 2005 14:10 EDT

Rekenresultaten

De tabel bevat de rekenresultaten. Per gebouw zijn het maatregelpakket, de annuïteit, de CO₂ emissiereductie en de verandering van Q_{ratio} vermeld. Een "n" bij de CO₂ betekent dat er geen reductie is. De bijbehorende EPC-berekeningen zijn op een separate CD-ROM aangeleverd.

Tabel 24
Rekenresultaten

gebouw	nr.	maatregel(pakket)	annuïteit (eur/m ² / jaar)	CO ₂ (kg/m ²)	ΔQ _{ratio}
cafe restaurant	2	vent werk	0,8	3,6	0,045
cafe restaurant	4	vent werk toerenreg	0,5	4,1	0,052
cafe restaurant	5	wp buitenlucht	-3,8	0,5	0,144
cafe restaurant	6	glasperc 50%	-1,1	n	-0,055
cafe restaurant	7	veegdag kantoor	0,0	0,2	0,003
cafe restaurant	8	wp buitenlucht, vent werk, toerenreg	-3,3	4,6	0,195
cafe restaurant	9	Uraam1,8	0,6	3,5	0,054
cafe restaurant	10	vent werk, toerenreg, veegdag kant, Uraam1,8	1,1	7,7	0,107
cafe restaurant	11	wp buitenlucht, vent werk, toerenreg, Uraam 1,8	-2,6	8,0	0,237
buurtcentrum	1	vent werk	1,1	5,0	0,070
buurtcentrum	2	vent werk toerenreg	0,8	5,5	0,076
buurtcentrum	3	daglicht	0,1	2,7	0,037
buurtcentrum	4	dagveeg	0,2	3,3	0,044
buurtcentrum	5	wp buitenlucht	-4,1	0,4	0,130
buurtcentrum	6	dagveeg vent werk toerenreg	1,0	9,1	0,124
buurtcentrum	7	Uraam1,8	0,4	2,7	0,047
buurtcentrum	8	dagveeg vent werk toerenreg, Uraam1,8	1,4	11,8	0,170
buurtcentrum	9	glasperc 50%	-1,2	n	-0,074
buurtcentrum	10	dagveeg vent werk toerenreg, Uraam1,8, wp buitenlucht	-2,6	12,2	0,291
museum	1	geveliso 3,5	0,1	0,8	0,014
museum	2	iso 3,5	0,0	1,4	0,025
museum	3	iso 4	-0,1	2,4	0,042
museum	4	vent werk	0,8	5,1	0,074
museum	5	vent werk toerenreg	2,1	13,9	0,207
museum	7	vent werk wtw70	0,4	7,2	0,109
museum	8	vent werk wtw70 toerenreg	1,5	14,9	0,225
museum	9	hr107	0,3	1,7	0,030
museum	10	wp aq	2,0	10,3	0,244
museum	11	wp aq ko	2,0	10,3	0,244
museum	12	wp buitenlucht	1,0	5,8	0,183
museum	13	iso 3,5 wp aq ko	1,9	11,2	0,258
museum	14	glasperc 25%	-0,8	n	-0,057
museum	15	glasperc 50%	-2,4	n	-0,168
museum	16	veeg kant	0,0	0,2	0,004
museum	17	dag kant	0,0	0,3	0,004
museum	18	veegdag kant	0,0	0,4	0,006
museum	19	iso 3,5 wp aq ko, vent werk toer wtw70	3,0	24,4	0,440
museum	20	iso 4 wp aq ko, vent werk toer wtw70 veegdag kant aanw det kant	2,7	25,6	0,458
museum	21	aanw det kant	-0,1	0,3	0,004
museum	22	iso 4 wp buitenl, vent werk toer wtw70 veegdag kant aanw det kant	1,9	22,2	0,410
museum	23	gevel dak iso 3,5 wp buitenl, vent werk toer veeg kant	3,0	20,3	0,383
museum	24	iso 4, hr107, vent werk toer, wtw70, veegdag kant aanw det kant	1,5	19,2	0,295

theater	1	vent werk	1,3	8,1	0,123
theater	2	vent werk toerenreg >60%	2,8	18,2	0,286
theater	3	vent werk toerenreg >60% wtw70	2,2	18,8	0,298
theater	4	hr107	0,3	1,3	0,026
theater	5	wp aq	1,2	7,5	0,199
theater	6	wp aq ko	1,2	7,5	0,199
theater	7	glasperc 25%	-0,3	n	-0,024
theater	8	glasperc 50%	-1,0	n	-0,076
theater	9	wp buitenlucht	1,2	6,4	0,182
theater	10	veeg kant	0,0	0,1	0,002
theater	11	daglicht kant	0,0	0,1	0,002
theater	12	veegdag kant	0,0	0,2	0,003
theater	13	aanw det kant	0,0	0,1	0,003
theater	14	vent werk toer >60% wtw70, wp aq ko veegdag kant aanw det kant	3,1	25,0	0,459
theater	15	vent werk toer >60% wtw70, wp buiten veegdag kant aanw det kant	3,0	24,1	0,446
theater	16	vent werk toer >60% wtw70, hr107 veegdag kant aanw det kant	2,2	19,3	0,309
gevangenis	1	wtw70+terug60	-0,2	0,8	0,020
gevangenis	2	wp grond	-0,4	5,0	0,179
gevangenis	3	daglicht reg kant/bijeen	-0,2	0,6	0,012
gevangenis	4	veegdag kant bijeen	-0,2	1,1	0,022
gevangenis	5	veeg kant bijeen	0,1	0,8	0,017
gevangenis	6	wp grond veegdag kant bijeen	-0,5	6,1	0,202
gevangenis	7	zuinige verli alles 8	0,1	3,3	0,063
gevangenis	8	wp grond veegdag kant bijeen zuinige verli	-0,4	9,3	0,266
gevangenis	9	glasperc 50%	-0,9	n	-0,090
gevangenis	10	zuinige verli sport 8	0,1	0,7	0,013
gevangenis	11	wp grond veegdag kant bijeen zuinige verli sport	-0,4	6,8	0,216
gevangenis	12	wp buitenlucht	-0,3	1,3	0,106
gevangenis	13	wp buiten veegdag kant bijeen zuinige verli sport	-0,4	3,1	0,142
gevangenis	14	zuinige verli sport 8, veeg kant bijeen	0,1	1,5	0,029
gevangenis	15	zuinige verli sport 8, veegdag kant bijeen	-0,1	1,8	0,035
groepspraktijk	1	vent werk toerenreg	-0,5	0,0	0,001
groepspraktijk	3	dagveeg reg	0,0	0,8	0,015
groepspraktijk	4	aanw det	-0,7	1,5	0,026
groepspraktijk	5	dagveeg aanwe det	-0,7	2,2	0,037
groepspraktijk	6	wp retour	1,4	6,8	0,261
groepspraktijk	8	glasperc 50%	-1,1	n	-0,091
groepspraktijk	9	wp retour dagveeg	1,4	7,7	0,276
groepspraktijk	10	wp retour dagveeg vent werk toer	0,9	7,7	0,276
groepspraktijk	11	Uraam1,8	0,3	1,8	0,040
groepspraktijk	12	wp retour dagveeg vent werk toer Uraam1,8	1,1	9,1	0,301
groepspraktijk	13	wp retour dagveeg Uraam 1,8	1,6	9,1	0,301
groepspraktijk	14	wp retour dagveeg Uraam 1,8 aanw det	0,8	10,5	0,325
groepspraktijk	15	Uraam 1,8 dagveeg	0,3	2,6	0,054
verpleeghuis	1	glasperc 50%	-1,0	n	-0,059
verpleeghuis	2	wtw 70%	-0,2	2,7	0,039
verpleeghuis	3	wp aq	2,0	11,5	0,233
verpleeghuis	4	wp aq ko	2,0	11,5	0,233
verpleeghuis	5	dagveeg kant bijee	0,0	0,4	0,005
verpleeghuis	6	daglicht gez, kant	-0,2	1,9	0,021
verpleeghuis	7	veeg kant bijeenk	0,0	0,1	0,002
verpleeghuis	8	wp buitenlucht	2,32	9,9	0,215

verpleeghuis	9	dag gezondh	-0,2	1,8	0,020
verpleeghuis	10	wp aq ko, dagveeg bijeen kant, dag gezond, wtw70%	1,4	15,8	0,282
verpleeghuis	11	wp buiten, dagveeg bijeen kant, dag gezond, wtw70%	1,7	14,3	0,265
verpleeghuis	12	daglicht gezond	-0,2	1,8	0,020
ziekenhuis	1	glasperc 50%	-0,3	n	-0,027
ziekenhuis	2	vent werk	2,1	13,7	0,168
ziekenhuis	3	vent werk toerenreg	2,9	19,5	0,237
ziekenhuis	4	wkk	3,8	15,5	0,085
ziekenhuis	5	daglicht niet kl	0,0	0,1	0,002
ziekenhuis	6	veeg n kln	0,0	0,2	0,003
ziekenhuis	7	dagveeg nkl	0,0	0,3	0,004
ziekenhuis	8	wp aq	0,3	n	0,020
ziekenhuis	9	wp aq ko	0,3	n	0,020
ziekenhuis	10	vent werk toerenreg veeg n kl	2,9	19,6	0,239
ziekenhuis	11	wkk, vent werk toer, veeg nkl	6,3	33,4	0,313
ziekenhuis	12	wkk, vent werk toer, dagveeg nkl	6,2	33,4	0,314
kantoor klein	1	glasperc 50%	-1,2	n	-0,101
kantoor klein	2	vent werk toerenreg	-0,4	0,0	0,001
kantoor klein	4	wp retour	-0,1	9,3	0,330
kantoor klein	5	wp bodem	-2,2	0,4	0,168
kantoor klein	6	Uraam1,8	0,3	1,8	0,042
kantoor klein	7	wp bodem, vent werk toer, Uraam1,8	-2,2	2,2	0,201
kantoor klein	8	wp retour, vent werk toer, Uraam1,8	-0,2	10,7	0,355
kantoor klein	9	wp retour, Uraam1,8	0,07	10,7	0,355
kantoor klein	10	vent werk toer, Uraam1,8	-0,1	1,8	0,042
kantoor middel	1	glasperc 50%	-1,1	n	-0,113
kantoor middel	2	dagveeg	0,0	1,0	0,024
kantoor middel	3	veegdagl alleen kantoor	0,0	0,8	0,019
kantoor middel	4	aanw det	-1,0	1,6	0,037
kantoor middel	5	wp aq	1,0	6,3	0,256
kantoor middel	6	wp aq ko	1,0	6,3	0,256
kantoor middel	7	daglicht bijeenk	0,0	0,1	0,003
kantoor middel	8	veeg bijeenk dagveeg kantoor	0,0	1,0	0,022
kantoor middel	9	wp buitenlucht	0,9	5,5	0,236
kantoor middel	10	wtw 70%	-0,48	0,7	0,021
kantoor middel	11	wp aq ko dagveeg kant bijeenk	0,93	7,4	0,280
kantoor middel	12	wp aq ko dagveeg kant bijeenk, aanw det	-0,10	8,8	0,313
kantoor middel	13	wp aq ko dagveeg kant bijeenk wtw70	0,40	7,9	0,292
kantoor middel	14	wp aq ko dagveeg kant bijeenk wtw70 aanw det	-0,63	9,4	0,324
kantoor middel	15	wp buit dagveeg kant bijeenk wtw70 aanw det	-0,68	8,5	0,305
kantoor middel	16	wp buit dagveeg kant bijeenk wtw70	0,35	7,1	0,273
kantoor groot	1	glasperc 50%	-1,0	n	-0,113
kantoor groot	2	wp aq	1,3	6,8	0,284
kantoor groot	3	wp aq ko	1,3	6,8	0,284
kantoor groot	4	wp buitenlucht	1,3	5,8	0,260
kantoor groot	5	zb tap	0,0	0,6	0,015
kantoor groot	6	wp buitenlucht zb tap	1,3	6,4	0,274
kantoor groot	7	wp aq ko zb tap	1,2	7,4	0,298
hotel	1	glasperc 50%	-1,1	n	-0,082
hotel	2	wtw 70%	-0,2	1,2	0,027
hotel	3	wp buitenlucht	-0,5	1,9	0,132
hotel	5	dagveeg kantoor	0,0	0,1	0,002

hotel	6	dagveeg kantoor bijeenk	-0,1	0,6	0,010
hotel	7	Uraam1,8	0,2	1,7	0,037
hotel	8	Uraam1,8 dagveeg kant bij	0,1	2,3	0,046
hotel	9	Uraam1,8 dagveeg kant bij, wtw70%	-0,1	3,5	0,072
hotel	10	Uraam1,8 dagveeg kant bij, wtw70%, wp buiten	-0,7	5,2	0,188
hotel	11	Uraam1,8 wp buiten	-0,3	3,5	0,159
basisschool	1	glasperc 50%	-0,2	n	-0,013
basisschool	2	daglichtreg	-0,3	1,2	0,021
basisschool	3	veegpuls	0,0	1,1	0,019
basisschool	4	dagveeg	-0,1	1,8	0,031
basisschool	5	aanw detectie dagveeg	-0,5	2,7	0,043
basisschool	6	aanw det	-0,4	1,4	0,023
basisschool	7	wtw 70%	-0,6	1,1	0,024
basisschool	8	wp bodem	-1,4	2,8	0,177
basisschool	9	hr107	0,2	0,9	0,019
basisschool	10	dagveeg hr107	0,1	2,7	0,050
basisschool	11	dagveeg hr107 aanw det	-0,5	3,1	0,055
basisschool	12	Uraam1,8	0,3	2,0	0,043
basisschool	13	dagveeg hr107 Uraam1,8	0,3	4,7	0,091
basisschool	14	dagveeg hr107 aanw det Uraam 1,8	-0,2	5,2	0,099
basisschool	15	dagveeg hr107 aanw det Uraam 1,8, wtw70	-0,8	6,3	0,122
basisschool	16	dagveeg hr107 Uraam 1,8, wtw70	-0,3	5,7	0,113
VO-school	1	glasperc 50%	-0,3	n	-0,030
VO-school	2	vent werk	0,5	3,3	0,068
VO-school	3	vent werk inlaat	0,8	5,2	0,106
VO-school	4	vent werk toerenreg	0,7	6,0	0,121
VO-school	5	aanw det	-0,5	0,7	0,014
VO-school	6	wp bodem	-0,7	2,8	0,174
VO-school	7	wp bodem vent werk toer	-0,1	8,0	0,279
VO-school	8	wp buitenlucht	-0,3	2,8	0,174
VO-school	9	wp buit vent werk toer	0,3	8,0	0,279
VO-school	10	wp buit vent werk toer aanw det	-0,1	8,9	0,297
VO-school	11	hr107	0,3	1,4	0,034
VO-school	12	hr107 vent werk toer aanw det	0,4	7,4	0,157
HBO	1	glasperc 50%	-0,5	n	-0,042
HBO	2	vent werk	0,8	5,0	0,100
HBO	3	vent werk inlaatreg	1,0	6,3	0,126
HBO	4	vent werk toerenreg	1,0	6,8	0,134
HBO	5	aanw det	-0,3	0,9	0,017
HBO	6	wtw 70%	-0,1	0,8	0,019
HBO	7	wp aq	0,7	7,5	0,264
HBO	8	wp aq ko	0,7	7,5	0,264
HBO	9	veeg dag kantoorvergader	0,0	0,1	0,002
HBO	10	wp buitenlucht	1,0	3,6	0,188
HBO	11	wp aq ko vent werk toer wtw70%	1,5	14,8	0,409
HBO	12	wp buit vent werk toer wtw70%	1,8	11,1	0,335
HBO	13	wp buit vent werk toer	1,9	10,4	0,322
HBO	14	wp aq ko vent werk toer wtw70% veegdag kant verg, aanw det	1,1	15,8	0,429
HBO	15	vent werk toerenreg wtw70	0,9	7,5	0,153
HBO	16	wp buit vent werk toer wtw70% veegdag kant verg, aanw det	1,4	12,0	0,354
HBO	17	wp buit vent werk toer wtw70% veegdag kant verg	1,8	11,2	0,337
HBO	18	vent werk toer wtw70% veegdag kant verg, aanw det	0,5	8,5	0,171

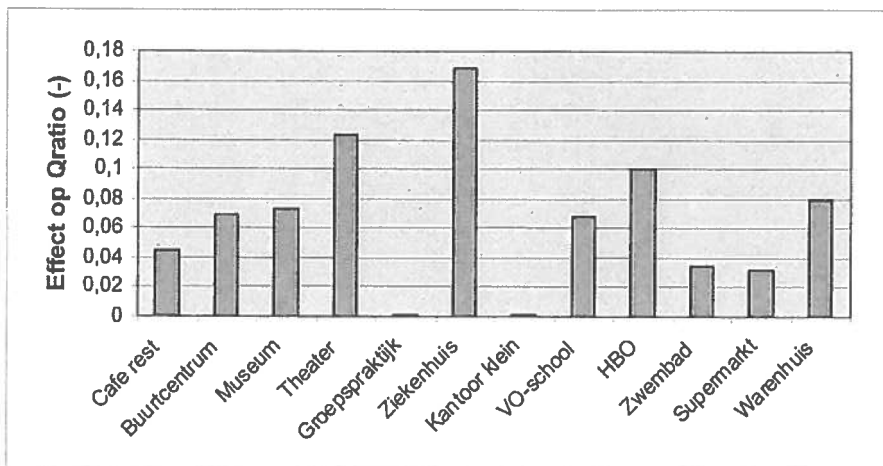
gymzaal	1	glasperc 50%	-6,88	n	-0,297
gymzaal	2	wp buitenlucht	-0,40	0,4	0,143
gymzaal	3	aanw det	-0,06	1,8	0,028
gymzaal	4	Uraam1,8	0,22	1,3	0,026
gymzaal	5	Uraam 1,8 aanw det	0,16	3,1	0,054
gymzaal	6	Uraam 1,8 aanw det, wp buiten	-0,31	3,5	0,192
tennshal	1	geveliso 3,5	0,00	0,1	0,004
tennshal	2	geveliso 4	-0,02	0,2	0,006
tennshal	3	dakiso 3,5	-0,10	0,8	0,022
tennshal	4	dakiso 4	-0,30	1,3	0,034
tennshal	5	vloeriso 3,5	-0,13	0,0	0,000
tennshal	6	vloeriso 4	-0,32	0,0	0,002
tennshal	7	iso 3,5	-0,22	0,9	0,025
tennshal	8	iso 4	-0,64	1,5	0,040
tennshal	9	wtw 70%	-0,73	0,4	0,010
tennshal	10	wp buitenlucht	-0,98	1,7	0,116
tennshal	11	zb tap	-0,49	2,6	0,071
tennshal	12	dagveeg horeca	-0,04	0,1	0,003
tennshal	13	aanw det	-0,11	1,5	0,032
tennshal	14	iso 4, collector, aanw det, dagveeg hor	-1,38	6,0	0,150
tennshal	15	iso 3,5, collector, aanw det, dagveeg hor	-0,89	5,4	0,134
tennshal	16	wp buitenlucht, geveliso 3,5	-0,99	1,9	0,118
tennshal	17	Dagveeg horeca, gevelliso 3,5	-0,04	0,2	0,006
sporthal	1	zulnige verlichting	-0,09	1,5	0,031
sporthal	2	glasperc 50%	-3,26	n	-0,336
sporthal	3	wp buitenlucht	-0,29	2,0	0,201
sporthal	4	aanw det	-0,07	1,9	0,038
sporthal	5	wp buitenlucht, aanw det	-0,36	3,9	0,241
zwembad	1	vent werk	0,25	1,6	0,035
zwembad	2	vent werk inlaat	0,48	3,1	0,067
zwembad	3	vent werk toerenreg	0,40	3,6	0,078
zwembad	4	vent werk toerenreg, terugreg 60	1,30	8,3	0,207
zwembad	5	wtw 60%	0,53	4,8	0,129
zwembad	7	wtw 70%	0,22	5,6	0,150
zwembad	8	vent werk, toerenreg, terug60, wtw70	0,92	10,7	0,271
zwembad	9	wkk	-2,09	n	-0,208
zwembad	10	dagveeg kant bijeen	-0,03	0,2	0,005
zwembad	12	wp buitenlucht	-5,08	n	-0,394
zwembad	13	vent werk, toerenreg, terug60, wtw70, dagveeg kantbijeen	0,89	10,9	0,276
zwembad	14	aanw det kant	0,00	0,1	0,003
kleine winkel	1	glasperc 50%	-4,81	n	-0,192
kleine winkel	4	wp bodem	-3,82	0,5	0,110
kleine winkel	5	Uraam1,8	0,34	1,9	0,023
supermarkt	1	geveliso 3,5	0,07	0,9	0,013
supermarkt	2	dakiso 3,5	0,18	2,7	0,036
supermarkt	3	vloeriso 3,5	-0,29	0,2	0,003
supermarkt	4	iso 3,5	-0,05	3,8	0,050
supermarkt	5	gevelliso 4	0,05	1,2	0,017
supermarkt	6	dakiso 4	0,10	3,4	0,045
supermarkt	7	vloeriso 4	-0,46	0,4	0,006
supermarkt	8	iso 4	-0,32	4,9	0,065
supermarkt	9	glasperc 50%	-1,33	n	-0,065

supermarkt	10	vent werk	0,45	2,9	0,032
supermarkt	11	vent werk, inlaatreg, terug<60	1,23	7,2	0,085
supermarkt	12	vent werk toerenreg, terug<60	1,09	7,7	0,091
supermarkt	13	wtw 70%	-0,39	0,8	0,012
supermarkt	14	hr107	0,30	1,6	0,022
supermarkt	15	wp bodem	-0,53	3,3	0,107
supermarkt	16	wp buitenlucht	-0,16	3,3	0,107
supermarkt	17	gevel iso 3	0,03	0,5	0,007
supermarkt	18	dakiso 3	0,10	1,4	0,019
supermarkt	19	vloeriso 3	-0,16	0,2	0,003
supermarkt	20	iso 3	0,00	2,2	0,030
supermarkt	21	isogevel/dak 4, vloer3, hr107	0,07	6,0	0,080
supermarkt	22	iso 4, vent werk toer, hr107	0,71	13,5	0,166
supermarkt	23	iso 4, vent werk toer, wp bodem	-0,42	14,7	0,228
supermarkt	24	iso 4, vent werk toer, wp bodem, wtw70%	-0,92	15,1	0,232
supermarkt	25	iso 4, vent werk toer, wp buiten	-0,05	14,7	0,228
supermarkt	26	dakiso 4, gevelliso 3,5 vent werk toer, wp bodem	0,20	14,2	0,222
supermarkt	27	dakiso 4, gevelliso 3,5 vent werk toer, wp buiten	0,57	14,2	0,222
supermarkt	28	iso 4, vent werk toer, wp buiten, wtw70%	-0,55	15,1	0,232
supermarkt	29	dakiso 4, gevelliso 3,5 vent werk toer, wp buiten, wtw70	-0,08	14,5	0,226
supermarkt	30	iso 4,vent werk toer, hr107, wtw70	0,05	12,9	0,159
warenhuis	1	glasperc 50%	-1,45	n	-0,074
warenhuis	2	vent werk	1,17	7,4	0,079
warenhuis	3	vent werk inlaatreg	1,62	10,3	0,109
warenhuis	4	vent werk toerenreg	1,56	11,5	0,121
warenhuis	5	vent werk toerenreg, terug>60	1,90	13,2	0,144
warenhuis	6	wtw 70%	-0,39	0,7	0,010
warenhuis	7	hr107	0,25	1,3	0,018
warenhuis	8	wp aq	1,40	8,3	0,147
warenhuis	9	wp aq ko	1,40	8,3	0,147
warenhuis	10	wp bodem	-0,33	2,7	0,088
warenhuis	11	wp aq ko, vent werk toerenreg, terug>60	3,15	20,9	0,281
warenhuis	12	wp buitenlucht	-0,33	3,4	0,095
warenhuis	13	wp buiten, vent werk toerenreg, terug>60	1,48	16,4	0,232
warenhuis	14	hr107, vent werk toerenreg, terug>60	2,12	14,4	0,160
warenhuis	15	hr107, vent werk toerenreg, terug>60, wtw70	1,68	14,9	0,166
warenhuis	16	wp aq ko, vent werk toerenreg, terug>60, wtw70	2,67	21,3	0,284
warenhuis	17	wp buiten, vent werk toerenreg, terug>60	0,95	16,4	0,232

Forfaitair vermogen van ventilatoren

Vermogen van ventilatoren werkelijk in plaats van forfaitair

In de meeste referentiegebouwen wordt voor het vermogen van de ventilatoren met forfaitaire waarden gerekend. Voor het toepassen van de maatregel toerenregeling is het echter nodig om de werkelijke ventilatorvermogens op te geven. Hierbij is het vermogen bepaald met tabel 24 uit NPR 2917, waarbij uitgegaan is van een gemiddeld drukverlies. In de onderstaande figuur is per gebouw aangegeven hoe groot het effect op Q_{ratio} is van het rekenen met werkelijke waarden in plaats van forfaitaire waarden. Hierbij is nog geen regeling voor de ventilatoren opgegeven.



Het effect kan zeer groot zijn. Hoewel het geen echte maatregel is, kan hiermee een forse besparing op de EPC gehaald worden.

Het effect is het grootst bij het ziekenhuis (0,17). Voor dit gebouw is ook onderzocht hoe groot het verschil is als niet uitgegaan wordt van een gemiddeld drukverlies volgens tabel 24 uit NPR 2917, maar van een hoog drukverlies. Het verschil is dan 0,13. Dit is nog steeds fors.

NB: Niet alle gebouwen zijn vermeld in de figuur. Bij een aantal gebouwen werd al met werkelijke vermogens gerekend.

Compensatie voor koeling

In de studie naar de marktrijpheid van warmtepompen [6] kwam naar voren dat de compensatie voor koeling in NEN 2916 te hoog is. Het aanpassen van deze compensatie zou een gunstig effect hebben op de toepassing van warmtepompsystemen. Bij de berekeningen die voor de aanscherpingsstudie gedaan zijn is voor één gebouw (het grote kantoor) bekeken hoe groot deze compensatie is in vergelijking met het energiegebruik voor koeling. Drie situaties zijn onderzocht:

- de referentie zonder koeling
- de referentie (met compressiekoelmachine)
- de referentie met een warmtepomp

Hieruit blijkt:

Door de aanwezigheid van koeling stijgt $Q_{\text{toelaatbaar}}$ van 8.967 GJ naar 9.634 GJ. Dit is een toename van (afgerond) 668 GJ. Het energiegebruik voor koeling met een compressiekoelmachine is 225 GJ en met een warmtepomp 180 GJ. Het verschil zit echter niet alleen in de post koeling, ook de posten ruimteverwarming, ventilatoren en pompen veranderen. Het totale energiegebruik neemt ten opzichte van de situatie zonder koeling toe met respectievelijk 510 en -1039 GJ. De daling van het totale energiegebruik in de situatie met een warmtepomp wordt met name veroorzaakt door een lager energiegebruik voor verwarming.

Voor dit ene gebouw is de compensatie voor koeling groot ten opzichte van het extra energiegebruik. Voor een goede inschatting van het effect is het nodig om meerdere gebouwen te onderzoeken.

In tabel 25 zijn de energiegebruiken van de diverse posten voor de drie situaties weergegeven.

Tabel 25

Koelcompensatie: energiegebruiken per post voor kantoorgebouw groot (in MJ)

	referentie zonder koeling	compressie-koelmachine	warmtepomp
$Q_{\text{prim;verw}}$	5806936	6174934	4670118
$Q_{\text{prim;vent}}$	1164406	921822	921822
$Q_{\text{prim;tap}}$	294017	294017	294017
$Q_{\text{prim;pomp}}$	160000	320000	320000
$Q_{\text{prim;koel}}$	0	225022	180017
$Q_{\text{prim;bev}}$	0	0	0
$Q_{\text{prim;vl}}$	1613518	1613518	1613518
$Q_{\text{prim;pv}}$	0	0	0
$Q_{\text{prim;comp;wk}}$	0	0	0
$Q_{\text{pres;woon}}$	0	0	0
$Q_{\text{pres;lok}}$	9038878	9549312	7999492
$Q_{\text{pres;toel}}$	8966532	9634188	9634188

Warmtepompberekening

Voor de gebouwen zijn verschillende warmtepompsystemen doorgerekend. In een aantal gevallen is er sprake van een combinatie van een warmtepomp op ventilatielucht en een warmtepomp op buitenlucht. Vaak is er dan ook nog een HR-ketel aanwezig. In het rekenprogramma is het niet mogelijk om deze trivalente systemen in te voeren. Volgens de norm moet het toestel met het hoogste rendement ingevoerd worden als preferent toestel en het toestel met het een-na-hoogste rendement als niet-preferent toestel. Dit zou leiden tot een (te) hoog resulterend rendement. In werkelijkheid is er geen onderscheid tussen het preferente en niet-preferente toestel: beide warmtepompen werken tegelijkertijd.

Bij de berekeningen is de volgende methode gehanteerd:

Voor de gebouwen met koeling zijn de vermogens uit de kostenberekening gevolgd. In de kostenberekening wordt aangenomen dat de compressiekoelmachine uit de referentie omgezet wordt in een warmtepomp op ventilatielucht en dat voor de resterende warmtebehoefte een warmtepomp op buitenlucht wordt ingezet (en soms voor 50% een hr-ketel). De warmtepomp op buitenlucht is als preferent toestel ingevoerd en de warmtepomp op ventilatielucht als niet-preferent. Aangezien het vermogen van de warmtepomp op ventilatielucht over het algemeen veel groter is dan het vermogen van de warmtepomp op buitenlucht, leidt deze methode tot een rendement waarin beide warmtepompen hun aandeel hebben. Als de warmtepomp op ventilatielucht als preferent toestel zou zijn gekozen, dan zou het resulterende rendement vrijwel uitsluitend bepaald worden door het rendement van deze warmtepomp.

Voor de gebouwen zonder koeling zijn de vermogens niet bekend (omdat er geen koelmachine was). Voor deze gebouwen is aangenomen dat beide warmtepompen evenveel bijdragen aan de warmtebehoefte. In het kleine kantoor vormen de warmtepompen samen 50% van het vermogen, de rest wordt geleverd door een HR-ketel. Het resulterende rendement is via een handberekening bepaald en vervolgens via de optie "anders/kwaliteitsverklaring" ingevuld in het rekenprogramma. In de handberekening is het rendement van de beide warmtepompen eerst gemiddeld. Dit resulterende rendement telt voor 97% mee, het rendement van de HR-ketel telt voor 3% mee. Deze verhoudingen zijn afkomstig uit de norm.

De groepspraktijk heeft geen aanvullende HR-ketel maar alleen warmtepompen. De vermogensverhouding is onbekend. In dit gebouw is ervoor gezorgd dat beide warmtepompen evenveel bijdragen door de vermogensverhouding op 15-85% te kiezen.

Rapportage investeringskosten Techniplan Adviseurs BV



Project : Kostencalculatie energiebesparende maatregelen

Onderwerp : Eindrapportage

1. Inleiding

In het kader van een eventuele aanscherping van de Energie Prestatie Coëfficiënt (EPC), vindt vooraf een toetsing plaats van energiebesparende maatregelen. De toetsing vindt plaats door DGMR te Arnhem. De mogelijkheid om de kosten van een energiebesparende maatregel terug te kunnen verdienen, is één van de toetsingscriteria. Hiertoe heeft DGMR aan Techniplan Adviseurs de opdracht gegeven om de kosten van energiebesparende maatregelen te bepalen. In deze nota worden de investeringskosten van verschillende energiebesparende maatregelen gerapporteerd.

2. Werkwijze

De methodiek voor de toetsing is vastgelegd in de rapportage 'Methodiek aanscherping EPC's utiliteitsbouw ten behoeve van eventuele aanscherping per 2007' van DGMR¹. Hierbij zijn 23 referentiegebouwen gedefinieerd waarvoor de energiebesparende maatregelen volgens de tabel op de volgende bladzijde zullen worden doorgerekend.

Van elk van deze gebouwen zijn in overleg met DGMR gegevens bepaald over de gebruiksoppervlakte, ventilatievermogen, verwarmingsvermogen en koelvermogen.

Door Techniplan Adviseurs is kosteninformatie verzameld. Deze kosten zijn gedifferentieerd naar de verschillende gebouwen en omvang van de energiebesparende maatregelen. Uiteindelijk zijn per referentiegebouw en maatregel de kosten vastgesteld.

De bedragen in deze rapportage zijn exclusief BTW, inclusief montage en toeslagen voor materiaal, bouwplaatskosten en onvoorziene kosten, geldend voor prijspeil 2005.

¹ Rapportnr. E 2004 1388 00 R001, d d 23 februari 2005

initialen + paraaf

--	--



3.3 Energiezuinige verlichting

Door het toepassen van energiezuinige verlichting kan het elektriciteitsverbruik omlaag worden gebracht. Hierbij wordt HF (hoog frequente) verlichting toegepast, deze bestaat meestal uit een TL-lamp met een elektronisch voorschakelapparaat.

Volgens de maatregelenlijst wordt energiezuinige verlichting doorgerekend voor de volgende gebouwen: museum, theater, gevangenis en verpleegtehuis. In deze gebouwen wordt veel decoratieve verlichting toegepast om een bepaalde sfeer te creëren. Dit hangt echter sterk af van de specifieke situatie, zoals de indeling van het gebouw en de eisen die aan de verlichting worden gesteld. Het is daarom niet zondermeer mogelijk om aan te geven of de genoemde verlichtingsniveaus in de referentiesituatie verder verlaagd kunnen worden en wat de kosten daarvan zouden zijn.

Voor kantoren en schoolgebouwen is het verlichtingsniveau makkelijker te bepalen, omdat deze vaak min of meer hetzelfde ingedeeld zijn. Het opgegeven referentieniveau van 8 W/m^2 is erg laag. Uitgaande van de nieuwe verlichtingsnorm NEN-EN 12464 d.d. maart 2003, meer realistisch is om uit te gaan van 11 W/m^2 voor kantoren en 9 W/m^2 voor scholen. Hierbij dienen om het benodigde verlichtingsniveau te halen, de verlichtingsarmaturen te worden uitgevoerd met type T5, inclusief hoogglans spiegel.

De kosten van de maatregel 'energiezuinige verlichting' kunnen wel bepaald worden voor de sporthal, wanneer we aannemen dat er een verlichtingsniveau van 500 lux nodig is (lokale en landelijke competitie). In de referentiesituatie is in het sportgedeelte uitgegaan conventionele voorschakelapparaten, door toepassing van hoogfrequente voorschakelapparaten kan het vermogen teruggebracht worden van $9,5$ naar 8 W/m^2 . De kosten hiervoor zijn afhankelijk van de toegepaste armaturen, maar liggen voor sporthallen rond de $\text{€ } 2,90$ per m^2 gebruiksooppervlak.

Onderdeel:	Kosten:
Toepassen HF-verlichting in sporthal	2,90 €/m ²

3.4. Regeling ventilatiedebiet

3.4.1. Inlaat/waaier verstelling

Deze regeling wordt niet of nauwelijks meer toegepast en wordt door de Rijksgebouwendienst afgeraden³. De kosten hiervoor zijn derhalve niet bepaald.

³ Informatie afkomstig van een vertegenwoordiger van leverancier Alko



3.4.2. Toerenregeling ventilatiedebiet

Door toerenregeling van het ventilatiedebiet kan worden bespaard op elektrische energie voor de ventilatoren. Met een frequentieregelaar wordt het toerental van de ventilator geregeld afhankelijk van het benodigde luchtdebiet. Dit systeem werkt alleen energiebesparend wanneer er ook een naregeling wordt toegepast, waarmee in de verschillende ruimten het benodigd ventilatiedebiet geregeld kan worden (bijvoorbeeld op CO₂-gehalte, aanwezigheid, temperatuur of met een schakelaar).

De kosten voor toerenregeling omvatten de kosten voor de frequentieregelaar, het stuurcircuit en de drukopnemer in het ventilatiekanaal. De kosten zijn sterk afhankelijk van het luchtdebiet. In de kostenbepaling is geen rekening gehouden met de naregeling. Voor gebouwen met een groot aantal verschillende ruimten, zijn deze kosten aanzienlijk.

Onderdeel:	Kosten:
toerenregeling	0,12 – 0,31 €/m ³ /h

3.5. Regeling verlichting

3.5.1. Veegpuls

Bij toepassing van een veegpulsschakeling kan het onnodig laten branden van verlichting bij afwezigheid verminderd worden en wordt bespaard op elektrische energie. Hierbij wordt een verlichtingsgroep aangesloten op een relais. Vanuit een centrale klok wordt een puls gestuurd, waardoor op vaste tijden alle verlichting uitgeschakeld wordt. Daarna kan de verlichting naar behoefte handmatig weer aangezet worden. Een veegpulsschakeling is vooral geschikt voor grote gebouwen met veel individuele ruimten.

In deze kostenbepaling wordt er uitgegaan van het plaatsen van een relais per maximaal vijf kantoorruimten of per maximaal twee klaslokalen, inclusief montagekosten.

Onderdeel:	Kosten:
veegpulsschakeling	1 - 2 €/m ² gebruiksopp.

3.5.2. Daglichtregeling

Met een daglichtregeling kan worden bespaard op elektrische energie voor verlichting. Wanneer er voldoende natuurlijk daglicht aanwezig is, regelt een daglichtregeling naar behoefte het vermogen van de kunstverlichting naar beneden. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een fotocel om het lichtniveau te meten. Bovendien is bij de verlichting een elektronisch voorschakelapparaat nodig dat geschikt is voor daglichtregeling.

Gebruikelijk is om alleen in de armaturen langs de buitengevel daglichtregeling toe te passen. Voor het inschatten van de kosten is ervan uitgegaan dat in combinatie met de helft van de armaturen daglichtschakeling is toegepast.

Onderdeel:	Kosten:
daglichtregeling	4 - 5 €/m ² gebruiksopp.



3 5 3. Aanwezigheidsdetectie

Aanwezigheidsdetectie is niet aangegeven op de maatregellijst, hoewel het voor een aantal gebouwen wel een interessante optie kan zijn

Met aanwezigheidsdetectie wordt het licht alleen aangeschakeld wanneer er iemand aanwezig is, waardoor onnodig gebruik van verlichting bij afwezigheid wordt voorkomen. Aanwezigheidsdetectie maakt gebruik van een sensor die beweging waarneemt

De kosten voor aanwezigheidsdetectie worden bepaald door de kosten voor een aanwezigheidssensor en montage hiervan. De kosten variëren afhankelijk van het aantal sensoren per m². Daarnaast is het zo dat wanneer de sensoren onderling gekoppeld dienen te zijn, de prijs veel hoger wordt.

Onderdeel:	Kosten:
Aanwezigheidsdetectie	3 - 15 €/m ² gebruiksopp.

3 6 Warmteterugwinning uit ventilatielucht

Bij warmteterugwinning uit ventilatielucht wordt de warmte uit de afgezogen lucht gebruikt om de toevoerlucht voor te verwarmen. Hierdoor is het warmteverlies via de ventilatielucht kleiner en kan bespaard worden op warmteverbruik en -vermogen.

In de utiliteitsbouw zijn de gangbare typen warmteterugwinning: twincoil, een platenwisselaar en een warmtewiel. Een twincoil bestaat uit twee warmtewisselaars in een klein circuit met koelmiddel. Een platenwisselaar is een kruisstroomwarmtewisselaar. Een warmtewiel is een groot wiel wat door langzaam rond te draaien warmte overdraagt, het is hiermee tevens mogelijk om vocht terug te winnen uit de ventilatielucht.

Voor de platenwisselaar geldt dat deze eigenlijk alleen voor lagere debieten (tot maximaal 30.000 m³/h) wordt toegepast. Voor grotere debieten wordt het goedkoper en energiezuiniger om een warmtewiel toe te passen.

Voor de gebouwen met een luchtdebiet dat kleiner is dan circa 2.500 m³/h zijn geen kosten gegeven. Voor een dergelijk laag luchtdebiet wordt eigenlijk geen complete luchtbehandelingskast toegepast, maar een balansventilatie-unit (vergelijkbaar met systemen voor woningbouw). Hierin wordt een kruisstroomwisselaar toegepast met een rendement van 60-90%, afhankelijk van debiet en materiaalkeuze.

De kosten zijn afkomstig van een aantal offertes van enkele leveranciers van luchtbehandelingskasten.

Onderdeel:	Kosten:
Warmteterugwinning twin coil (rendement 60%)	0,30 – 0,70 €/m ³ /h
Warmteterugwinning warmtewiel (rendement 70%)	0,56 – 0,74 €/m ³ /h



3.7. Verhogen rendement CV

Door het rendement van de cv-ketel te verhogen kan er bespaard worden op verwarmings-energie. Hoog rendement ketels zijn er in drie typen: HR-100, HR-104 en HR-17 waarbij de HR-100 het laagste en de HR-107 het hoogste rendement heeft.

In de maatregelenlijst werd uitgegaan van een verbetering van de ketel van HR-100 of HR-104 naar HR-107. De HR-100 en HR-104 cv-ketels worden echter niet meer geleverd. Wanneer er gekozen wordt voor een HR-ketel zal er dus altijd een HR-107 worden toegepast.⁴

3.8. Laag Temperatuur Systeem (LTS)

Een laag temperatuur systeem werkt met een aanvoertemperatuur die lager is dan 55°C. Hierdoor wordt het mogelijk een warmtepomp te gebruiken voor de opwekking van warmte.

In nieuwbouw liggen de kosten voor vloerverwarming en 'normale radiatoren' weinig uit elkaar. De kosten voor het verwarmingssysteem hangen sterk af van de omvang van de verschillende ruimten, de mogelijkheid om grote radiatoren te kunnen plaatsen en dergelijke. Derhalve is voor alle gebouwen ervan uitgegaan dat het toepassen van vloerverwarming kostenneutraal is ten opzichte van het referentiesysteem.

3.9. Warmtepomp

Door het toepassen van een warmtepomp kan er bespaard worden op verwarmings- en eventueel ook op koelenergie. De meest toegepaste warmtepomp is een elektrische warmtepomp. Deze werkt op elektriciteit en onttrekt warmte op een lagere temperatuur aan een bron om warmte op hogere temperatuur te kunnen leveren.

Er zijn verschillende brontypes mogelijk, per referentiegebouw zijn geschikte bronnen aangegeven in de rapportage 'Marktrijpheid warmtepompen'⁴. Deze warmtepomp-bron concepten worden doorgerekend op haalbaarheid. Het vermogen van de bron wordt gebaseerd op het vermogen dat door de warmtepomp aan de bron wordt onttrokken.

Bij het bepalen van de kosten ten opzichte van de referentiesituatie moet ook rekening gehouden worden met een besparing op het vermogen van de conventionele ketel en eventueel op de koelmachine.

Voor het vermogen van de warmtepomp op bodem, grondwater of aquifer is uitgegaan van 50% van het totale verwarmingsvermogen.

Voor de warmtepomp op buitenlucht of ventilatielucht is per gebouw een keuze gemaakt voor een monovalent of bivalent systeem met een van beide bronnen of een combinatie hiervan. Een overzicht van de beschouwde systemen op buitenlucht/ventilatielucht is toegevoegd in de bijlage.

⁴ Informatie afkomstig van enkele leveranciers van cv-ketels, te weten Remeha, Buderus en Viessman



Voor de kosten voor de warmtepomp, bronnen, cv-ketel en compressiekoelmachine is uitgegaan van kostenkengetallen uit de rapportage 'Marktrijpheid warmtepompen' ⁵

Onderdeel:	Kosten:
Warmtepomp	260 - 340 €/kW _{th}
Bron	
bodem	500 €/kW _{th}
buitenlucht	320 - 350 €/kW _{th}
grondwater	300 - 850 €/kW _{th}
aquifer	300 - 900 €/kW _{th}
ventilatielucht	300 - 350 €/kW _{th}
Cv-ketel	90 - 120 €/kW _{th}
Compressiekoelmachine	390 - 470 €/kW _{th koelvermogen}

3.10 Zonneboiler

Met een zonneboiler wordt water voorverwarmd door zonnestraling waardoor er minder verwarmingsenergie nodig is. De opbrengst van een zonneboiler is het grootst in de zomer, wanneer er geen warmtevraag voor verwarming is. Een zonneboiler kan daarom het best ingezet worden voor de opwekking van warm tapwater waarbij de vraag niet seizoensafhankelijk is.

In de maatregelenlijst is de zonneboiler alleen aangegeven voor de tennishal en het grote kantoor. Er is hierbij uitgegaan van een oppervlakte van 45 m² respectievelijk 20 m².

De kosten voor de zonneboiler zijn bepaald aan de hand van een offerte en weergegeven in Euro per kW piekvermogen. Het geleverde vermogen van een zonneboiler is afhankelijk van de oriëntatie, de hellingshoek en de opvallende straling. Voor het piekvermogen is uitgegaan van een oriëntatie op het zuiden, onder een kleine hoek (ca. 30°) en op een zonnige zomerdag. In de kosten is rekening gehouden met constructiemateriaal, montage en buffervaten.

Onderdeel:	Kosten:
Zonneboiler	310 - 324 €/kW _{th, piek}

3.11 Warmte Kracht Koppeling (WKK)

Met een Warmte Kracht Koppeling wordt elektriciteit en warmte geleverd. Doordat de warmte die vrijkomt bij de opwekking van elektriciteit ook gebruikt wordt, heeft een WKK een hoog rendement en kan er bespaard worden op primaire energie.

Voor het thermisch vermogen van de WKK is uitgegaan van dekking van de helft van het benodigde verwarmingsvermogen, waarbij de WKK een gedeelte van het vermogen van de cv-

⁵ Studie Marktrijpheid warmtepompen. Eindrapportage, Techniplan Adviseurs, If Technology, New-Energy-Works, 29 april 2005. documentcode: SNU-201X1-E-DK005C



DGA-201X1-E-MV001D

27 juli 2005

blad 9 van 19

ketel vervangt. Er is geen rekening gehouden met eventuele additionele voordelen, bijvoorbeeld doordat er een lager elektrisch aansluitvermogen nodig kan zijn.

De kosten zijn bepaald aan de hand van een offerte. In de kosten is rekening gehouden met buffervaten, diverse meters, isolatie en montage. De kosten voor de cv-ketel zijn afkomstig uit de rapportage 'Marktrijpheid Warmtepompen'⁶

Onderdeel:	Kosten:
Warmte Kracht Koppeling	circa 940 €/kW _{th}
Cv-ketel	90 - 120 €/kW _{th}

⁶ Studie Marktrijpheid warmtepompen. Eindrapportage. Techniplan Adviseurs, If Technology. New-Energy-Works. 29 april 2005. documentcode: SNU-201X1-E-DK005C



4. Resultaten

De resultaten in de navolgende paragrafen zijn weergegeven per gebruiksfunctie. In de tabellen zijn de kosten per m² gebruiksooppervlak aangegeven. Onder de tabel staan steeds enkele kanttekeningen die specifiek op de toepassing van energiebesparende maatregelen in deze gebouwen betrekking hebben. Opmerking over maatregelen die voor alle gebouwen gelden, zijn aangegeven in hoofdstuk 3.

Betekenis afkortingen en symbolen:

n v.t.	niet van toepassing
n t b	nader te bepalen
x	toegepast in referentiesituatie
-	niet in maatregelenlijst aangegeven



4.1. Bijeenkomstgebouw

		Cafe restaurant	buurtcentrum	museum	theater
Isolatie	Isolatie gevel Rc=3.5	-	-	1,5	-
	Isolatie gevel Rc=4	x	x	3,6	x
	Isolatie dak Rc=3.5	-	-	2,0	-
	Isolatie dak Rc=4	x	x	4,5	x
	Isolatie vloer Rc=3.5	-	-	1,7	-
	Isolatie vloer Rc=4	x	x	4,2	x
	Isolatie totaal Rc=3	x	x	x	x
Isolatie totaal Rc=4	x	x	12,3	x	
Glasisolatie	Isolatie ramen U=1.8	-	-	-	-
Glas	Glaspercentage 25%	-	-	4,0	1,9
	Glaspercentage 50%	6,2	7,2	11,4	4,8
Verlichting	Energiezuinige verlichting HF+	-	-	n.l.b.	n.l.b.
Ventilatoren	Reg ventilatoren Inlaat/waaijer	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Reg ventilatoren toerenregeling	2,4	3,7	1,6	1,7
Verlichting	Reg verlichting veegpuls	0,0	0,1	0,1	0,1
	Reg verlichting daglicht	0,5	5,0	0,5	0,3
	Reg verlichting daglicht+veegpuls	0,5	5,1	0,6	0,3
Warmteterugwinning	WTW ventilatielucht rend 60%	x	-	x	-
	WTW ventilatielucht rend 65 %	-	x	n.v.t.	x
	WTW ventilatielucht rend 70%	n.v.t.	-	5,6	4,8
CV-ketel	Verhogen rendement CV	-	-	n.v.t.	n.v.t.
Laag Temp. Systeem	LTS	n.l.b.	n.l.b.	n.l.b.	n.l.b.
Warmtepomp	Warmtepomp + bodem	-	-	-	-
	Warmtepomp + buitenlucht	21,6	15,5	5,9	4,2
	Warmtepomp + grondwater	-	-	-	-
	Warmtepomp + aquifer	-	-	4,5	5,2
	Warmtepomp + retour/afvallucht	-	-	-	-
Zonneboiler	Zonneboiler voor ww	-	-	-	-
WKK	WKK	-	-	-	-

- Regelling verlichting
 - Veegpuls toepassen wordt afgeraden. De verlichting wordt door één eigenaar bediend en automatische schakeling kan ongewenste situaties opleveren. Alleen in het kantoordeel van het bijeenkomstgebouw wordt veegschakeling toegepast. hiervoor zijn de kosten per m² totaal gebruiksoppervlak weergegeven.
 - In deze ruimten wordt voornamelijk decoratieve verlichting toegepast om een specifieke sfeer te creëren. Daglichtschakeling is daarom niet gewenst. Alleen in het kantoordeel wordt daglichtschakeling toegepast. hiervoor zijn de kosten per m² totaal gebruiksoppervlak weergegeven. (Geldt niet voor buurtcentrum)
- Warmteterugwinning verbeteren
 - Café/restaurant: voor een dergelijk laag luchtdebiet wordt eigenlijk geen complete luchtbehandelingskast toegepast. maar een balansventilatie-unit (vergelijkbaar met systemen voor woningbouw). Hierin wordt een kruisstroom-wisselaar toegepast met een rendement van 60-90%. afhankelijk van debiet en materiaalkeuze.
 - Theater: voor dergelijk grote luchtdebieten wordt eigenlijk geen wtw van 65% toegepast. De meerprijs voor de warmteterugwinning van 70% die hier is gegeven is daarom ten opzichte van twin coil (60% rendement)



4.2. Cellengebouw

		Gevangenis
Isolatie	Isolatie gevel Rc=3.5	-
	Isolatie gevel Rc=4	x
	Isolatie dak Rc=3.5	-
	Isolatie dak Rc=4	x
	Isolatie vloer Rc=3.5	-
	Isolatie vloer Rc=4	x
	Isolatie totaal Rc=3	x
Glasisolatie	Isolatie ramen U=1,8	-
	Glas	
Glas	Glaspercentage 25%	0,0
	Glaspercentage 50%	3,3
Verlichting	Energiezuinige verlichting HF+	0,3
Ventilatoren	Reg ventilatoren inlaat/waaler	-
	Reg ventilatoren toerenregeling	-
Verlichting	Reg verlichting veegpuls	0,7
	Reg verlichting daglicht	2,2
	Reg verlichting daglicht+veegpuls	2,8
Warmteterugwinning	WTW ventilatielucht rend 60%	-
	WTW ventilatielucht rend 65 %	x
	WTW ventilatielucht rend 70%	2,9
CV-ketel	Verhogen rendement CV	-
Laag Temp. Systeem	LTS	n.t.b.
Warmtepomp	Warmtepomp + bodem	-
	Warmtepomp + buitenlucht	7,5
	Warmtepomp + grondwater	12,3
	Warmtepomp + aquifer	-
	Warmtepomp + retour/afvallucht	-
Zonneboiler	Zonneboiler voor ww	-
WKK	WKK	-

- Regeling verlichting
 - Veegschakeling is ongewenst. er is geen tijd vast te stellen wanneer de verlichting uitgeschakeld dient te worden. Wordt wel toegepast in het kantoor- en bijeenkomstgedeelte
 - In het hoofdgedeelte is het licht voornamelijk 's avonds aan. Daglichtschakeling wordt echter wel toegepast in het kantoor- en bijeenkomstgedeelte. Verder wordt het wel aanbevolen voor bad- en doucheruimten
- Warmteterugwinning ventilatielucht
 - In de referentiesituatie wordt uitgegaan van warmteterugwinning van 65% (kruisstroomwarmtewisselaar). Voor dergelijk grote luchtdebieten wordt deze eigenlijk niet toegepast, omdat een warmtewiel dan goedkoper is. De meerprijs voor de warmteterugwinning van 70% die hier is gegeven is daarom ten opzichte van twin coil (60% rendement)
- Energiezuinige verlichting
 - In het sportgedeelte van de gevangenis is het mogelijk het verlichtingsvermogen te verlagen door het toepassen van hoog frequente (HF) verlichting



4 3 Gezondheidszorggebouw, niet-klinisch

		Groepspraktijk
Isolatie	Isolatie gevel Rc=3 5	-
	Isolatie gevel Rc=4	x
	Isolatie dak Rc=3 5	-
	Isolatie dak Rc=4	x
	Isolatie vloer Rc=3 5	-
	Isolatie vloer Rc=4	x
	Isolatie totaal Rc=3	x
	Isolatie totaal Rc=4	x
Glasisolatie	Isolatie ramen U=1,8	-
Glas	Glaspercentlage 25%	-
	Glaspercentlage 50%	7,3
Verlichting	Energiezuinige verlichting HF+	-
Ventilatoren	Reg ventilatoren inlaat/waaier	n.v.t.
	Reg ventilatoren toerenregeling	3,3
Verlichting	Reg verlichting veegpuls	1,0
	Reg verlichting daglicht	x
	Reg verlichting daglicht+veegpuls	1,0
Warmteterugwinning	WTW ventilatieleucht rend 60%	-
	WTW ventilatieleucht rend 65 %	-
	WTW ventilatieleucht rend 70%	-
CV-ketel	Verhogen rendement CV	-
Laag Temp. Systeem	LTS	n.t.b.
Warmtepomp	Warmtepomp + bodem	-
	Warmtepomp + buitenlucht	-
	Warmtepomp + grondwater	-
	Warmtepomp + aquifer	-
	Warmtepomp + retour/afvallucht	2,4
Zonneboiler	Zonneboiler voor ww	-
WKK	WKK	-

- Regeling verlichting
 - In de referentiesituatie is reeds daglichtschakeling toegepast. de kosten voor daglicht+veegpuls bestaan dus alleen uit de kosten voor veegpuls
- Warmteterugwinning ventilatieleucht
 - In de referentiesituatie is uitgegaan van natuurlijke toevoer en mechanische afvoer van ventilatieleucht Warmteterugwinning is met dit systeem niet mogelijk De warmtepomp op retourlucht is in dit geval echter ook te beschouwen als een vorm van warmteterugwinning uit ventilatieleucht met een rendement van ongeveer 45%
- Aanwezigheidsdetectie
 - Uitgaande van 1 melder per 20 m2. circa €8/m²



4.4. Gezondheidszorggebouw, klinisch

		Verpleeghuis	Ziekenhuis
Isolatie	isolatie gevel Rc=3 5	-	-
	isolatie gevel Rc=4	x	x
	isolatie dak Rc=3 5	-	-
	isolatie dak Rc=4	x	x
	isolatie vloer Rc=3 5	-	-
	isolatie vloer Rc=4	x	x
	isolatie totaal Rc=3	x	x
	isolatie totaal Rc=4	x	x
Glasisolatie	isolatie ramen U=1,8	-	-
Glas	Glaspercentage 25%	-	-
	Glaspercentage 50%	5,1	2,6
Verlichting	Energiezuinige verlichting HF+	n.l.b.	-
Ventilatoren	Reg ventilatoren Inlaat/waaler	-	n v t
	Reg ventilatoren toerenregeling	-	1,1
Verlichting	Reg verlichting veegpuls	0,4	0,2
	Reg verlichting daglicht	0,5	0,5
	Reg verlichting daglicht+veegpuls	0,9	0,7
Warmterugwinning	WTW ventilatielucht rend 60%	-	-
	WTW ventilatielucht rend 65 %	x	-
	WTW ventilatielucht rend 70%	5,3	x
CV-ketel	Verhogen rendement CV	-	-
Laag Temp. Systeem	LTS	n.l.b.	-
Warmtepomp	Warmtepomp + bodem	-	-
	Warmtepomp + buitenlucht	3,2	x
	Warmtepomp + grondwaler	-	-
	Warmtepomp + aquifer	7,3	-12,4
	Warmtepomp + retour/afvalucht	-	-
Zonneboiler	Zonneboiler voor ww	-	-
WKK	WKK	-	3,6

- Warmtepomp (geldt allen voor ziekenhuis)
 - In de referentiesituatie is uitgegaan van een gasgestookte warmtepomp met als bron bodem of buitenlucht. In dit kostenoverzicht wordt voor de referentiesituatie uitgegaan van een warmtepomp op buitenlucht. Er is aangenomen dat bij het toepassen van een warmtepomp met een aquifer de kosten voor de warmtepomp gelijk blijven. Het blijkt dat in dit geval een warmtepomp op een aquifer goedkoper is, onder andere omdat er dan geen koelmachine meer nodig is.



4.5. Kantoorgebouw

		Klein	Middel	Groot	Zeer klein **
Isolatie	Isolatie gevel Rc=3.5	-	-	-	-
	Isolatie gevel Rc=4	x	x	x	x
	Isolatie dak Rc=3.5	-	-	-	-
	Isolatie dak Rc=4	x	x	x	x
	Isolatie vloer Rc=3.5	-	-	-	-
	Isolatie vloer Rc=4	x	x	x	x
	Isolatie totaal Rc=3	x	x	x	x
	Isolatie totaal Rc=4	x	x	x	x
Glasisolatie	isolatie ramen U=1.8	-	-	-	-
Glas	Glaspercentage 25%	-	-	-	-
	Glaspercentage 50%	8,5	6,3	4,9	19,8
	Verlichting	Energiezuinige verlichting HF+	-	-	-
Ventilatoren	Reg ventilatoren Inlaat/waaler	n.v.t	-	-	n v t
	Reg ventilatoren toerenregeling	2,6	-	-	2,4
Verlichting	Reg verlichting veegpuls	-	1,1	-	1,0
	Reg verlichting daglicht	-	0,5	-	5,0
	Reg verlichting daglicht+veegpuls	-	1,6	-	6,0
Warmteterugwinning	WTW ventilatielucht rend 60%	-	-	-	-
	WTW ventilatielucht rend 65 %	-	x	-	-
	WTW ventilatielucht rend 70%	-	4,4	x	-
CV-ketel	Verhogen rendement CV	-	-	-	-
Laag Temp. Systeem	LTS	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.
Warmtepomp	Warmtepomp + bodem	19,9	-	-	26,8
	Warmtepomp + buitenlucht	-	4,3	2,4	-
	Warmtepomp + grondwater	-	-	-	-
	Warmtepomp + aquifer	-	4,9	3,6	-
	Warmtepomp + retour/afvallicht	16,3	-	-	-
Zonneboiler	Zonneboiler voor ww	-	-	0,8	-
WKK	WKK	-	-	-	-

- Regeling verlichting
 - Klein kantoor: in de referentiesituatie al daglicht en een veegschakeling toegepast
 - Middel kantoor: verlichtingsregeling is al toegepast in het kantoorgedeelte. Deze kosten zijn voor het toepassen van de regeling in het bijeenkomstgedeelte. Ze zijn wel uitgedrukt in € per m² totaal gebruiksoppervlak
 - Groot kantoor: verlichtingsregeling is al toegepast in het kantoorgedeelte. Het toepassen van de regeling voor het bijeenkomstgedeelte is niet aangegeven op de maatregellijst
- Warmteterugwinning ventilatielucht (geldt alleen voor klein en zeer klein kantoor)
 - In de referentiesituatie is uitgegaan van natuurlijke toevoer en mechanische afvoer van ventilatielucht. Warmteterugwinning is met dit systeem niet mogelijk. De warmtepomp op retourlucht is in dit geval echter ook te beschouwen als een vorm van warmteterugwinning uit ventilatielucht met een rendement van ca. 45%
- Aanwezigheidsdetectie
 - Uitgaande van 1melder per 20 m². circa €8/m²
- Zonneboiler
 - Uitgaande van een collectoroppervlak van 20 m²



4.6. Logiesgebouw

		Hotel
Isolatie	Isolatie gevel Rc=3 5	-
	Isolatie gevel Rc=4	x
	Isolatie dak Rc=3 5	-
	Isolatie dak Rc=4	x
	Isolatie vloer Rc=3 5	-
	Isolatie vloer Rc=4	x
	Isolatie totaal Rc=3	x
	Isolatie totaal Rc=4	x
Glasisolatie	Isolatie ramen U=1,8	-
Glas	Glaspercentage 25%	-
	Glaspercentage 50%	7,0
Verlichting	Energiezuinige verlichting HF+	-
Ventilatoren	Reg ventilatoren Inlaat/waaiër	-
	Reg ventilatoren toerenregeling	-
Verlichting	Reg verlichting veegpuls	-
	Reg verlichting daglicht	-
	Reg verlichting daglicht+veegpuls	-
Warmterugwinning	WTW ventilatielucht rend 60%	-
	WTW ventilatielucht rend 65 %	x
	WTW ventilatielucht rend 70%	3,1
CV-ketel	Verhogen rendement CV	-
Laag Temp. Systeem	LTS	n.l.b.
Warmtepomp	Warmtepomp + bodem	-
	Warmtepomp + buitenlucht	11,0
	Warmtepomp + grondwater	-
	Warmtepomp + aquifer	-
	Warmtepomp + retour/afvallucht	-
Zonneboiler	Zonneboiler voor ww	-
WKK	WKK	-

• Regeling verlichting

- Veegschakeling is ongewenst. er is geen tijd vast te stellen wanneer de verlichting uitgeschakeld dient te worden. Het wordt wel toegepast in het bijeenkomstgedeelte. In het kantoorgedeelte is het in de referentiesituatie al toegepast.
- In het hoofdgedeelte is het licht voornamelijk 's avonds aan. Bovendien wordt er voornamelijk decoratieve verlichting toegepast, waarbij daglichtschakeling niet gewenst is. Daglichtschakeling wordt wel toegepast in het bijeenkomstgedeelte. In het kantoorgedeelte is het in de referentiesituatie al toegepast.



4.7. Onderwijsgebouw

		Basisschool	VO school	HBO
Isolatie	Isolatie gevel Rc=3 5	-	-	-
	Isolatie gevel Rc=4	x	x	x
	Isolatie dak Rc=3 5	-	-	-
	Isolatie dak Rc=4	x	x	x
	Isolatie vloer Rc=3 5	-	-	-
	Isolatie vloer Rc=4	x	x	x
	Isolatie totaal Rc=3	x	x	x
	Isolatie totaal Rc=4	x	x	x
Glasisolatie	Isolatie ramen U=1.8	-	-	-
Glas	Glaspercentage 25%	-	-	-
	Glaspercentage 50%	1,3	1,9	4,1
Verlichting	Energiezuinige verlichting HF+	-	-	-
Ventilatoren	Reg ventilatoren inlaat/waaler	-	n.v.t	n.v.t
	Reg ventilatoren toerenregeling	-	1,5	0,6
Verlichting	Reg verlichting veegpuls	2,0	-	-
	Reg verlichting daglicht	4,1	-	-
	Reg verlichting daglicht+veegpuls	3,4	-	-
Warmterugwinning	WTW ventilatie lucht rend 60%	-	-	-
	WTW ventilatie lucht rend 65 %	x	-	x
	WTW ventilatie lucht rend 70%	6,1	x	1,8
CV-ketel	Verhogen rendement CV	n.v.t.	n.v.t.	-
Laag Temp. Systeem	LTS	n.l.b.	n.l.b.	n.l.b.
Warmtepomp	Warmtepomp + bodem	17,6	13,7	-
	Warmtepomp + buitenlucht	-	11,3	2,7
	Warmtepomp + grondwater	-	-	-
	Warmtepomp + aquifer	-	-	9,3
	Warmtepomp + retour/afval lucht	-	-	-
Zonneboiler	Zonneboiler voor ww	-	-	-
WKK	WKK	-	-	-

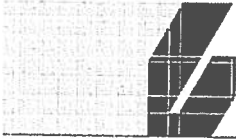
- Aanwezigheidsdetectie
 - Uitgaande van 1 melder per 50 m². circa €5/m²



4 8 Sportgebouw

		Gymzaal	Tennishal	Sporthal	Zwembad
Isolatie	Isolatie gevel Rc=3 5	-	1,5	-	-
	Isolatie gevel Rc=4	x	3,5	x	x
	Isolatie dak Rc=3 5	-	3,7	-	-
	Isolatie dak Rc=4	x	8,2	x	x
	Isolatie vloer Rc=3 5	-	3,0	-	-
	Isolatie vloer Rc=4	x	7,6	x	x
	Isolatie totaal Rc=3 Isolatie totaal Rc=4	x x	x 19,3	x x	x x
Glasisolatie	Isolatie ramen U=1.8	-	-	-	-
Glas	Glaspercentage 25%	-	-	-	-
	Glaspercentage 50%	37,0	14,9	18,0	0,0
	Verlichting	Energiezuinige verlichting HF+	-	-	2,6
Ventilatoren	Reg ventilatoren Inlaat/waaler	-	-	-	n.v.t
	Reg ventilatoren toerenregeling	-	-	-	1,1
Verlichting	Reg verlichting veegpuls	-	0,1	-	0,1
	Reg verlichting daglicht	-	0,3	-	0,5
	Reg verlichting daglicht+veegpuls	-	0,5	-	0,6
Warmteterugwinning	WTW ventilatielucht rend 60%	-	-	-	0,4
	WTW ventilatielucht rend 65 %	-	-	-	n.v.t
	WTW ventilatielucht rend 70%	x	2,6	x	6,0
CV-ketel	Verhogen rendement CV	-	n.v.t	-	-
Laag Temp. Systeem	LTS	n.l.b.	n.l.b.	n.l.b.	n.l.b.
Warmtepomp	Warmtepomp + bodem	-	-	-	-
	Warmtepomp + buitenlucht	15,8	12,5	11,5	-
	Warmtepomp + grondwater	-	-	-	-
	Warmtepomp + aquifer	-	-	-	-
	Warmtepomp + retour/afvallucht	-	-	-	-
Zonneboiler	Zonneboiler voor ww	-	8,1	-	-
WKK	WKK	-	-	-	4,4

- Regeling verlichting
 - Veegschakeling is ongewenst. er is geen tijd vast te stellen wanneer de verlichting uitgeschakeld dient te worden Het wordt wel toegepast in het kantoorgedeelte van het zwembad en het bijeenkomstgedeelte van tennishal en zwembad
 - Daglichttoetreding is niet gewenst Daglichtschakeling wordt wel toegepast in het bijeenkomstgedeelte in het kantoorgedeelte is het in de referentiesituatie al toegepast
- Warmteterugwinning ventilatielucht (geldt alleen voor tennishal)
 - In het sportgedeelte van de tennishal is al warmteterugwinning met een rendement van 70% toegepast Dit kostenkengetal heeft betrekking op de kosten voor het toepassen van warmteterugwinning met een rendement van 70% op het bijeenkomstgedeelte (7000 m³/h) Deze kosten zijn gegeven in € per m² totaal gebruiksoppervlak
- Aanwezigheidsdetectie
 - Uitgaande van enkele melders per hal. circa €3/m²



4.9 Winkelgebouw

		Klein	Super	Warenhuis
Isolatie	Isolatie gevel Rc=3 5	-	2,5	-
	Isolatie gevel Rc=4	x	4,0	x
	Isolatie dak Rc=3 5	-	7,3	-
	Isolatie dak Rc=4	x	11,8	x
	Isolatie vloer Rc=3 5	-	7,3	-
	Isolatie vloer Rc=4	x	11,8	x
	Isolatie totaal Rc=3	x	9,3	x
	Isolatie totaal Rc=4	x	27,6	x
Glasisolatie	Isolatie ramen U=1,8	-	-	-
Glas	Glaspercentage 25%	-	-	-
	Glaspercentage 50%	27,1	8,4	8,4
Verlichting	Energiezuinige verlichting HF+	-	-	-
Ventilatoren	Reg ventilatoren inlaat/waaiër	n.v.l.	n.v.l.	n.v.l.
	Reg ventilatoren loerenregeling	n.v.l.	1,5	1,7
Verlichting	Reg verlichting veegpuls	-	0,0	-
	Reg verlichting daglicht	-	0,2	-
	Reg verlichting daglicht+veegpuls	-	0,2	-
Warmteterugwinning	WTW ventilatielucht rend 60%	-	-	-
	WTW ventilatielucht rend 65 %	n.v.l.	x	x
	WTW ventilatielucht rend 70%	n.v.l.	4,1	3,9
CV-ketel	Verhogen rendement CV	-	n.v.l.	n.v.l.
Laag Temp. Systeem	LTs	n.l.b.	n.l.b.	n.l.b.
Warmtepomp	Warmtepomp + bodem	22,0	13,7	10,6
	Warmtepomp + buitenlucht	-	11,2	11,5
	Warmtepomp + grondwater	-	-	-
	Warmtepomp + aquifer	-	-	4,5
	Warmtepomp + retour/afvallucht	-	-	-
Zonneboiler	Zonneboiler voor ww	-	-	-
WKK	WKK	-	-	-

- Regeling verlichting
 - Veegschakeling is ongewenst. de verlichting wordt door 1 eigenaar bediend en een veegpuls kan ongewenste situaties opleveren. Het wordt wel toegepast in het kantoorgedeelte van de supermarkt
 - Daglichttoetreding is niet gewenst. bovendien wordt er voornamelijk decoratieve verlichting toegepast. Daglichtschakeling wordt wel toegepast in het kantoorgedeelte van de supermarkt
- Warmteterugwinning ventilatielucht (geldt alleen voor kleine winkel)
 - In het referentiegebouw is uitgegaan van natuurlijke toe- en afvoer van ventilatielucht. In dat geval is het niet mogelijk om warmteterugwinning of ventilatoren regelingen toe te passen. Ook een warmtepomp op retourlucht is dan niet mogelijk
- Warmtepomp met bodem als bron (geldt alleen voor warenhuis)
 - Doordat er in het warenhuis ook koeling wordt toegepast, kan er door de bodemwisselaar bespaard worden op de condenskoeling van de compressiekoelmachine




Bijlagen

- Meerkosten per energiebesparende maatregel
- Warmtepompconcepten op buiten-/ventilatielucht

Technipplan Adviseurs bv
LANDWIJF 10027A0301010Project : Kostenreductie Energiebesparende maatregelen
Onderwerp : Totale prijs per kostenmaatregel

	Bijeenkomst		Cellen			Minsch			Kantoor			Logies			Onderwijs			Sportlaboor				Winkel		
	Conferentie	Misc	Project	Overige	Totaal	Overige	Overige	Totaal	Overige	Overige	Totaal	Overige	Overige	Totaal	Overige	Overige	Totaal	Overige	Overige	Totaal	Overige	Overige	Totaal	
Bouwkosten																								
Isoleerlaag gewel Rci-1,5	-	1.800	-	-	1.800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.800	-
Isoleerlaag gewel Rci-4	-	4.300	-	-	4.300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.700	-
Isoleerlaag dak Rci-3,5	-	2.400	-	-	2.400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.800	-
Isoleerlaag dak Rci-4	-	5.400	-	-	5.400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.200	-
Isoleerlaag vloer Rci-3,5	-	2.000	-	-	2.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.800	-
Isoleerlaag vloer Rci-4	-	3.000	-	-	3.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.200	-
Isoleerlaag beton Rci-3	-	14.700	-	-	14.700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.100	-
Isoleerlaag beton U=1,0	-	14.700	-	-	14.700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33.200	-
Isoleerlaag beton U=1,0	-	4.850	-	-	4.850	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gasbesparende 26%	-	8.300	-	-	8.300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gasbesparende 50%	-	23.100	-	-	23.100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Totaal Bouwkosten	800	13.700	2.200	57.500	74.200	2.200	20.400	98.300	4.100	30.500	75.900	1.800	14.000	1.300	15.000	56.700	9.300	39.600	0	2.400	10.000	-	-	16.700
Instalatie																								
Energiezuinige verlichting HF+	-	n.v.l.	n.l.b.	5.200	5.200	n.l.b.	n.l.b.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reg ventilatoren indaamwaaier	300	n.v.l.	1.000	8.300	9.300	1.000	-	39.600	1.300	40.900	1.300	100	-	-	-	8.800	-	-	-	-	-	-	-	-
Reg ventilatoren toernutsverzek	0	100	200	10.500	10.700	300	1.600	7.600	5.300	5.300	5.300	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reg verlichting vespulla	100	1.500	600	1.200	34.300	300	2.900	18.500	2.400	2.400	300	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reg verlichting daglicht	100	1.500	700	1.400	44.800	300	3.500	25.000	7.700	7.700	300	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WTW vanafslakent rand 88%	-	n.v.l.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WTW vanafslakent rand 65 %	-	6.760	23.200	45.300	75.260	-	21.100	21.100	21.000	21.000	-	-	-	-	-	24.300	-	-	-	-	-	-	-	-
WTW vanafslakent rand 70%	-	n.v.l.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vervangen randemant CV	-	n.v.l.	n.v.l.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LTS	-	n.l.b.	n.l.b.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Warmtepomp 2 bodem	-	n.l.b.	n.l.b.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Warmtepomp 2 buitenlucht	2.600	7.100	20.200	119.500	149.400	-	12.700	12.700	9.500	20.600	37.700	1.300	22.000	17.600	107.100	37.600	4.000	42.000	-	2.000	16.500	21.300	-	-
Warmtepomp 2 grondwaaier	-	n.l.b.	n.l.b.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Warmtepomp 2 aggular	-	5.300	24.900	195.400	225.600	-	29.200	460.300	23.500	55.400	55.400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Warmtepomp 2 recuperatiedicht	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Warmtepomp 2 recuperatiedicht	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Warmtepomp 2 recuperatiedicht	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Warmtepomp 2 recuperatiedicht	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zonnecollector voor ww	-	-	-	-	-	700	700	-	7.800	8.500	12.900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WTW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Totaal Instalatie	-	-	-	134.800	134.800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Totaal	800	13.700	2.200	201.100	227.000	2.200	20.400	221.600	12.100	112.900	134.800	1.800	15.800	1.300	16.300	74.400	43.300	82.200	0	2.400	11.800	-	-	16.700

 techniplan adviseurs bv RAADGEVEND INGENIEURSBUREAU	Kostencalculatie Energiebesparende maatregelen	
	Totale prijs per kostenmaatregel	

Systeemdefinitie	Buitenlucht	Combinatie buitenlucht + ventilatielucht
Cafe	Bivalent, type B1	
Buurtcentrum	Bivalent, type B1	
Museum		Monovalent, type C1
Theater		Monovalent, type C1
Cellen		Bivalent, type C2
Groepspraktijk		Monovalent, type C3
Verpleegtehuis		Bivalent, type C4
Ziekenhuis		
Kantoor Klein		Bivalent, type C5
Kantoor Middel		Bivalent, type C4
Kantoor Groot		Bivalent, type C4
Hotel		Bivalent, type C2
Basisschool		
VO-school	Bivalent, type B2	
HBO		Bivalent, type C4
Gymzaal	Bivalent, type B1	
Tennishal	Bivalent, type B2	
Sporthal	Bivalent, type B2	
Kleine winkel		
Supermarkt	Bivalent, type B1	
Warenhuis		Monovalent, type C1

Verklaring type en combinatie:

B1: Het referentiegebouw heeft geen koeling. Het gebouw heeft wel een mechanische ventilatie. Door goede warmterugwinning toe te passen is het centraal verwarmen van de lucht niet nodig. Er wordt een warmtepomp op buitenlucht (Lucht-Water of Lucht-DX) toegepast voor lokale verwarming in combinatie met een cv-ketel voor pieklastdekking.

B2: Het referentiegebouw heeft geen koeling. Het gebouw heeft wel een mechanische ventilatie. Er wordt een bivalente warmtepomp op buitenlucht (Lucht-Water of Lucht-DX) toegepast voor 50% van het verwarmingsvermogen. Een cv-ketel zorgt voor pieklastdekking.

C1: Er wordt een warmtepomp op retourlucht toegepast in de LBK. De kostprijs hiervan is kostenneutraal, omdat deze ter vervanging komt van de koelmachine in de conventionele situatie. Voor het resterende (lokale) vermogen wordt een monovalente warmtepomp op buitenlucht toegepast. Door af te zien van nachtverlaging kan gebruik worden gemaakt van goedkope stroom en is het lokaal te installeren vermogen kleiner (80%) dan het voor de conventionele situatie berekende lokale vermogen.

C2: In het referentiegebouw wordt slechts een gedeelte van de lucht gekoeld. Voor dit gedeelte wordt een warmtepomp op retourlucht toegepast in de LBK. De kostprijs hiervan is kostenneutraal, omdat deze ter vervanging komt van de koelmachine in de conventionele situatie. Voor het resterende deel van het centrale verwarmingsvermogen wordt gebruik gemaakt van een conventionele verwarmingsketel. Het resterende centrale en lokale vermogen voor verwarmen is aanzienlijk. Voor dit resterende gedeelte van het vermogen wordt een bivalente warmtepomp op buitenlucht toegepast, bestemd voor basislastdekking en 50% van resterende vermogen. Een cv-ketel zorgt voor pieklastdekking.

C3: Het referentiegebouw heeft koeling. Het gebouw heeft geen mechanische toevoer, maar wel mechanische afzuiging. De mechanische afzuiging is alleen overdag ingeschakeld. Er wordt een warmtepomp op mechanische afzuiging en retour- of buitenlucht (Lucht-Water of Lucht-DX) toegepast voor lokale verwarming en koeling. Door af te zien van nachtverlaging kan gebruik worden gemaakt van goedkope stroom en is het lokaal te installeren vermogen kleiner (80%) dan het voor de conventionele situatie berekende lokale vermogen.

C4: In het referentiegebouw wordt alleen de ventilatielucht gekoeld. Voor dit gedeelte wordt een warmtepomp op retourlucht toegepast in de LBK. De kostprijs hiervan is kostenneutraal, omdat deze ter vervanging komt van de koelmachine in de conventionele situatie. Het resterende (lokale) vermogen voor verwarmen is aanzienlijk. Voor dit resterende gedeelte van het vermogen wordt een bivalente warmtepomp op buitenlucht toegepast, bestemd voor basislastdekking en 50% van resterende vermogen. Een cv-ketel zorgt voor pieklastdekking.

C5: Het referentiegebouw heeft geen koeling. Het gebouw heeft geen mechanische toevoer, maar wel mechanische afzuiging. De mechanische afzuiging is alleen overdag ingeschakeld. Er wordt een warmtepomp op mechanische afzuiging en retour- of buitenlucht (Lucht-Water of Lucht-DX) toegepast voor lokale verwarming en koeling in combinatie met een cv-ketel voor pieklastdekking.

Extra variant: pakket zonder warmtepomp

Op verzoek van de begeleidingscommissie is nog een maatregelenpakket doorgerekend. Dit is het kostenneutrale pakket waarbij de warmtepomp niet ingezet wordt. De resultaten hiervan staan in de tabel.

Tabel 26
Kostenneutraal pakket zonder warmtepomp

functie	gebouw	codering maatregelen in pakket	annuïteit (euro/jaar /m ²)	CO ₂ reductie (kg/jaar/m ²)	ΔQ _{ratio} (-)	ΔEPC-eis (-)
bijeenkomst	café restaurant	5, 9, 11	1,10	7,7	0,11	0,24
	buurtcentrum	5, 9, 11	1,39	11,8	0,17	0,37
	museum	4, 9, 10, 11, 12, 13	1,5	19,2	0,30	0,65
	theater	9, 10, 11, 12, 13	2,2	19,3	0,31	0,68
cellen	gevangenis	6, 7	0,12	1,5	0,03	0,06
	gezondheidszorg niet klinisch	5, 9	0,30	2,6	0,05	0,08
gezondheidszorg klinisch	verpleeghuis					
	ziekenhuis	9, 11, 17	6,23	33,4	0,31	1,13
	kantoor					
kantoor	kantoor klein	5	0,26	1,8	0,05	0,08
	kantoor middel	7, 8	0,02	1,0	0,02	0,03
	kantoor groot					
logies	hotel	5, 9	0,13	2,3	0,05	0,09
onderwijs	basisschool	5, 9, 13	0,34	4,7	0,09	0,13
	VO-school	10, 11, 13	0,43	7,4	0,16	0,22
	HBO-school	9, 10, 11, 12	0,49	2,3	0,17	0,24
sport	gymzaal	5, 10	0,16	3,1	0,05	0,10
	tennishal	1	0,00	0,1	0,00	0,01
	sporthal					0,00
	zwembad	9, 11, 12	0,89	10,9	0,28	0,50
winkel	kleine winkel	5	0,34	1,9	0,02	0,08
	supermarkt	4, 11, 12, 13	0,05	12,9	0,16	0,54
	warenhuis	11, 12, 13	1,68	14,9	0,17	0,56

De aanscherpingsruimte is bij een aantal gebouwen aanzienlijk verkleind (ten opzichte van het kostenneutrale pakket met een warmtepomp). Dit komt deels doordat de (grote) besparing van de warmtepomp wegvalt. Daarnaast is het zo dat de warmtepomp in een aantal gevallen zeer kosteneffectief was waardoor ook enkele maatregelen aan het pakket konden worden toegevoegd die individueel niet kosteneffectief waren. Ook de besparing van deze maatregelen valt weg.

Met wederom als uitgangspunt dat het meest kritische gebouw binnen een functie maatgevend is voor de aanscherpingsruimte, leidt dit pakket tot de volgende waarden voor de EPC-eisen. Ter informatie zijn de EPC-eisen op basis van het kostenneutrale pakket mét warmtepomp ook vermeld.

Tabel 27
Nieuwe EPC-eisen

gebruiksfunctie	huidige EPC-eis	kostenneutraal met warmtepomp	kostenneutraal zonder warmtepomp
bijeenkomstgebouwen	2.2	2.0	2.0
celgebouwen	1.9	1.8	1.8
gezondheidszorg niet klinisch	1.5	1.0	1.4
gezondheidszorg klinisch	3.6	2.6	3.6
kantoren	1.5	1.1	1.5
logiesgebouwen	1.9	1.8	1.8
onderwijs	1.4	1.3	1.3
sportgebouwen	1.8	1.8	1.8
winkels	3.4	2.6	2.9

De verschillen met het pakket waarin de warmtepomp wel wordt meegenomen zijn voor een aantal functies aanzienlijk. Dit zijn de functies waarin de warmtepomp in alle gebouwen in het pakket zat. Voor kantoren en klinische gezondheidszorg is kostenneutrale aanscherping zonder warmtepomp niet mogelijk.

De CO₂-emissiereductie ten opzichte van het huidige beleid als gevolg van deze nieuwe EPC-eisen is gelijk aan 14 kiloton per jaar.