



**Energetische eisen bij verbouw,  
vervanging en verbetering van  
bestaande bouw**

Bart Poel	Bart Poel Consultancy / BuildDesk
Tim de Jonge	Winket
Eric Bouten	ABT
Erik Bax	Erik Bax Consultancy
Chantal Tiekstra	BuildDesk

Rapportnummer: 110068/ct/122547

BuildDesk Benelux B.V.

Arnhem, 31 mei 2012

## **COLOFON**

BuildeDesk Benelux B.V.  
Postbus 694, 6800 AR Arnhem  
Gele Rijders Plein 11-2, Arnhem  
Telefoon: 026 - 3537272  
Telefax: 026 - 3511713  
E-mail: [info@builddesk.nl](mailto:info@builddesk.nl)  
Internet: [www.builddesk.nl](http://www.builddesk.nl)

Projectnummer: 110068001  
Projecttitel: Aanvulling EPBD ondersteuning 2011  
Opdrachtgever: Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelatie

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, elektronisch op geluidsband of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van BuildeDesk Benelux BV.

# Inhoudsopgave

Inhoudsopgave .....	i
1 Inleiding en doelstelling .....	3
Aanleiding.....	3
Doel van de studie .....	3
Multidisciplinaire werkwijze.....	4
2 Samenvatting.....	5
Vraagstelling .....	5
Uitgangspunten .....	5
Benodigde structuur van de regelgeving .....	6
Overzicht van eisen .....	7
Nationale impact van de regelgeving .....	8
3 De onderzoeksaanpak .....	9
Overwegingen bij het vormgeven van energie-eisen voor de bestaande bouw .....	9
Methodische aanpak en de inzet van referentiegebouwen en referentiecases.....	10
Berekeningsaanpak .....	14
4 Opzet van de regelgeving.....	15
Flexibiliteit door terugvalopties.....	15
Inbedding in het bouwbesluit .....	16
5 Bouwkundige schildelen .....	17
Referentiegebouwberekeningen.....	17
Referentiecases; basisconstructies verbeteringrepen en isolatiemaatregelen .....	18
Besparingen en kosten.....	22
Analyse en conclusies .....	23
6 Installaties.....	26
Referentiegebouwberekeningen.....	26
Referentiecases; basis-installaties en maatregelen .....	27
Berekening van de besparingen en de kosten .....	28
Praktische haalbaarheid van de maatregelen .....	32
Resultaten van de analyse en conclusies.....	35
7 Impact regelgeving op nationaal niveau .....	41
Inleiding .....	41
Scenario's .....	41
Vergelijking impact scenario 1, 3 en 5.....	42
Analyse en conclusies .....	49
8 Voorstel eisen en structuur van de regelgeving met aandachtspunten voor implementatie .....	51
Uitgangspunten .....	51
Structuur van de regelgeving .....	51
Bouwkundige componenteisen bestaande bouw .....	52
Installatie-eisen bestaande bouw.....	53
9 Literatuur .....	56
Bijlagen .....	57
Bijlage A: EPBD: de herziene Richtlijn 2010/31/EU energieprestatie van gebouwen.....	58
Bijlage B: Bouwkundige schildelen .....	61
Bijlage C: Installaties.....	66

Bijlage D: Kosten en baten .....	123
Bijlage E: Landelijke impact.....	152

# 1 Inleiding en doelstelling

## Aanleiding

De overheid gaat energieprestatie-eisen stellen aan de bestaande bouw op het moment van een ingrijpende renovatie van een gebouw. Er worden energetische eisen gesteld aan bouwkundige delen van de gebouwschil die onderdeel uitmaken van de ingrijpende renovatie. Daarnaast worden in bestaande gebouwen eisen gesteld aan het installatierendement bij vervanging of verbetering van technische bouwsystemen. Het gaat dan om ruimteverwarming, tapwaterverwarming, koeling en grote ventilatiesystemen<sup>1</sup>) Het stellen van dergelijke eisen voor de bestaande bouw vloeit voort uit de Europese regelgeving die met inbreng van de lidstaten, is opgesteld. Het gaat om de herziene "Richtlijn 2010/31/EU van het Europees Parlement en de Raad betreffende de energieprestatie van gebouwen" (lit. 1) die tot doel heeft de energieprestatie van de bouwvoorraad in de EU te verbeteren. De Nederlandse aanpak voor de bestaande bouw volgt de Europese regelgeving. De tekst van enkele relevante artikelen uit de Richtlijn en de wijze van implementatie door Nederland is opgenomen in Bijlage A.

## Doel van de studie

De doelstelling van deze studie is om een voorstel te doen voor de opzet en de invulling van energetische eisen bij verbouw van de bouwschil en bij vervanging en verbetering van technische bouwsystemen bij bestaande bouw. Onder een technisch bouwsysteem wordt verstaan: een gebouwgebonden samenstelling van alle bestanddelen van een installatie, waaronder de isolatiekenmerken daarvan, die onderscheidenlijk is bedoeld voor het verwarmen, koelen, ventileren, voorzien van warm water, bevochtigen, of een combinatie daarvan, van een gebouw of een gedeelte van een gebouw. De eisen en hun inbedding in de wet en regelgeving moeten:

- 7 passen in de beoogde vormgeving van de wet- en regelgeving en handhaving;
- 7 juridisch solide uitwerking krijgen in deze wet- en regelgeving;
- 7 zijn gekozen met het oog op een kostenoptimaal niveau van maatregelen;
- 7 praktisch realiseerbaar zijn in het overgrote deel van de bestaande gebouwen;
- 7 voorzien in terugvalopties als, voor individuele situaties, de eisen praktisch onhaalbaar zijn;
- 7 geen buitensporige investeringen vergen bovenop de reeds geplande ingreep;
- 7 een wezenlijke bijdrage leveren aan de energiebesparing in de bestaande bouw.

Het is wezenlijk te beseffen dat het voor het eerst is dat er in Nederland dergelijke eisen geformuleerd worden voor de bestaande bouw. Er is weliswaar de nodige expertise beschikbaar met betrekking tot renovatie en het daarbij uitvoeren van energiebesparende maatregelen, maar het stellen van eisen in generieke regelgeving die voor alle situaties in de bestaande bouw toepasbaar is echter nieuw. Weloverwogen keuzes zijn noodzakelijk om te voorkomen dat de markt geconfronteerd wordt met onrealistische eisen, aan de andere kant moeten de eisen wel leiden tot een significante verbetering van de energetische kwaliteit van de bestaande bouw. Het is dan ook belangrijk om de implementatie van de eisen te evalueren.

---

<sup>1</sup> Groot ventilatiesysteem: capaciteit > 5.000 m<sup>3</sup>/h.

Bij het vaststellen van de eisen moeten veel ongelijksoortige criteria tegen elkaar worden afgewogen. Daarbij spelen meerdere disciplines een rol. Om deze integrale afweging op een juiste wijze plaats te laten vinden is een team geformeerd waarin naast de onderzoekers ook het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties en het Agentschap NL zitting hebben.

Ten aanzien van de hoogte van de energieprestatie-eisen schrijft de EPBD voor dat een ambitieniveau moet worden aangehouden dat aansluit bij een kostenoptimaal niveau van energiemaatregelen. Iedere lidstaat kan in principe met een eigen methodiek en een eigen proces (mix van studies en marktconsultatie) zijn eisenniveau bepalen. Elke lidstaat moet echter aan de Europese Commissie (EC) rapporteren of de nationale eisen niet significant lager zijn dan de kostenoptimale niveaus. Als dat het geval is moet een plan worden gepresenteerd om de eisen op te hogen. Er zijn dus in principe twee domeinen:

- 7 Nationale vaststelling van de eisenniveaus op basis van een nationale methodische aanpak
- 7 Verantwoording naar de EC op basis van een voorgeschreven "Cost Optimal Analyses".

De vergelijkingsmethodiek van de Europese Commissie om te toetsen of de eisen stroken met een kostenoptimaal niveau, is weergegeven in aanvullende wetgeving vanuit de EC. Dit is de Delegated Regulation (lit. 2), die inmiddels als eindconcept beschikbaar is. Ondanks het feit dat er sprake is van de bovengenoemde twee domeinen (nationale invulling en Europese toetsing) met een eigen doelstelling, ligt het, vanwege efficiëntie en consistentie, voor de hand de aanpakken methodisch zoveel mogelijk onderling af te stemmen. Bij de vaststelling van de kostenoptimaliteit van de eisen voor de bestaande bouw is daarom de door de EC voorgestelde methodiek gehanteerd, waarbij Nederlandse kengetallen zijn gebruikt.

## **Multidisciplinaire werkwijze**

Om op een samenhangende manier eisen voor de bestaande bouw te formuleren is een multidisciplinaire aanpak noodzakelijk, waarbij uiteenlopende invalshoeken met elkaar verbonden worden. Om deze reden is het essentieel om in teamverband te werken, waarbij naast de inhoudelijke competenties van de teamleden ook het vermogen samen te werken van belang is. Niet alleen de gecontracteerde partijen maken deel van het projectteam uit, maar ook het Ministerie van BZK zelf en het Agentschap NL hadden een actieve rol in het team.

## 2 Samenvatting

### Vraagstelling

Deze studie stelt voor welke energetische eisen gesteld kunnen worden bij ingrijpende renovatie en bij het geheel of gedeeltelijk vervangen van technische bouwsystemen en hoe hoog deze eisen kunnen worden gesteld. De overheid gaat deze eisen stellen op componentniveau. Dat betekent eisen voor delen van de schil (begane grondvloer, gesloten gevel, ramen en dak) ten aanzien van de warmteweerstand van de constructie of de warmtedoorgangscoefficiënt.

Voor technische bouwsystemen (ruimteverwarming en tapwaterverwarming, airconditioning en grote ventilatiesystemen<sup>2</sup>) worden eisen gesteld aan het systeemrendement als de installatie wordt vervangen of verbeterd. De installatie-eisen zijn dus niet beperkt tot de situatie van ingrijpende renovatie, maar gelden bij vervanging of verbetering van technische bouwsystemen en als er een wijziging van het systeemrendement optreedt.

De eisen moeten aansluiten bij de structuur van de wet- en regelgeving.

### Uitgangspunten

#### Begripsbepaling van ingrijpende renovatie

De bouwkundige eisen zijn van kracht bij ingrijpende renovatie van een gebouw en gelden voor de bij de renovatie betrokken delen van de schil. Er is sprake van ingrijpende renovatie als het totale oppervlak van de aangepakte schildelen 25% of meer bedraagt van het totale oppervlak van de schil. De gebouwschil omvat alle uitwendige scheidingsconstructie en de begane grondvloer. Praktisch gesproken gaat het dan om het dak, de gesloten gevel, ramen, deuren en de vloer grenzend aan de grond of aan buitenlucht. Deze begripsbepaling is voor onderhavige studie echter incompleet. De vraag is namelijk wanneer een deel van de gebouwschil meetelt bij ingrijpende renovatie. Bijvoorbeeld, als een pleisterlaag van een gevel wordt geschilderd, telt deze gevel dan mee? Het zal duidelijk zijn dat vervanging van een totale dakconstructie wel wordt aangemerkt als onderdeel van ingrijpende renovatie. Alhoewel het niet te verwachten is dat in de regelgeving op dit punt een eenduidige definitie te geven is was het toch noodzakelijk om voor deze studie een uitgangspunt te kiezen. Na overleg in het projectteam is er voor gekozen dat een deel van de gebouwschil meetelt voor ingrijpende renovatie als minimaal één wezenlijke constructielaag voor meer dan de helft van het oppervlak van het betreffende constructiedeel wordt vervangen. Te denken valt daarbij aan het vervangen van dakbedekking, het vervangen van een binnenafwerking, et cetera.

#### Begripsbepaling van vervangen of verbeteren van de installatie

Voor de installatie is er in het projectteam voor gekozen om minder relevante ingrepen als het spuiten van een radiator of het vervangen van een ventilatieventiel niet onderhevig te maken aan de eisen. Het gaat om het vervangen of verbeteren van meer wezenlijke onderdelen van de installatie zoals de ketel, een koelmachine of een ventilator. De eisen zijn gebaseerd op het systeemrendement. Dit is gedefinieerd als het product van het rendement voor de opwekker, de distributie en de afgifte met een

---

<sup>2</sup> Groot ventilatiesysteem: capaciteit > 5.000 m<sup>3</sup>/h.

correctie voor de hulpenergie die nodig is voor de werking van de installatie (pompen, ventilatoren).

#### Afwegingscriteria bij de vaststelling van de eisen

Bij de keuze van de hoogte van de eis zijn de volgende criteria gehanteerd:

- 7 Kostenoptimaliteit;
- 7 Rentabiliteit;
- 7 Investeringsniveau;
- 7 Technische haalbaarheid;
- 7 Mogelijkheid van terugvalopties.

#### Gehanteerde rekenmethodieken

Bij de bepaling van de besparingen en kosten is uitgegaan van de energieberekeningsmethode conform de norm "Energieprestatie van gebouwen – Bepalingsmethode (NEN 7120)", maar voor de bestaande bouw nader uitgewerkt met aansluiting bij de huidige ISSO 75 en 82 publicaties en de definitie van het systeemrendement zoals opgenomen in (lit 3). De financiële analyse is uitgevoerd op basis van de door de EC opgestelde rekenmethodiek in de Delegated Regulation (lit 2), waarbij door de overheid aangereikte financiële kengetallen (discontovoet, energieprijzontwikkelingen) zijn gehanteerd.

## **Benodigde structuur van de regelgeving**

Om recht te doen aan de diversiteit van de bestaande bouw en de toepassing van de eisen praktisch haalbaar te maken is een zekere mate van flexibiliteit van belang. Om dit te bereiken zijn er terugvalopties voorzien in geval de eisen niet onverkort realiseerbaar zijn. In onderstaande opsomming wordt dit vormgegeven.

- 7 Er worden energieprestatie-eisen gesteld op componentniveau aan onderdelen van de schil (dak, gevel, raam, panelen, vloer en ramen) en aan het systeemrendement van installatiesystemen (verwarming, koeling, warmtapwater en grote ventilatiesystemen);
- 7 Naast de componenteisen wordt in deze studie ook uitgegaan van de mogelijkheid van een terugvaloptie op basis van een vergelijkbare EI-verbetering die op een alternatieve wijze wordt gerealiseerd. Als er aantoonbaar, geen rendabele en technisch haalbare oplossing blijkt te zijn kan dat in deze methodiek ook worden vastgesteld. Deze terugvaloptie kan vrijwel zeker vorm krijgen in termen van gelijkwaardigheid.

Voor professionele eigenaren/beheerders van een bouwvoorraad kan een componenteis niet de meest efficiënte manier zijn om de voorraad energetisch te verbeteren. Het onder brengen van energiebesparingsdoelstellingen in het voorraadbeleid kan rendabeler zijn. Het is aan te raden te bezien in hoeverre hiermee rekening kan worden gehouden in de vormgeving van de regelgeving.



## Overzicht van eisen

In onderstaande tabellen is een overzicht van de eisen gegeven

Bouwkundig:

<b>verbouw, thermische isolatie</b>
-------------------------------------

<b>scheidingsconstructie, niet zijnde een raam, deur, kozijn of daarmee gelijk te stellen constructieonderdeel</b>	<b>warmteweerstand [m<sup>2</sup>·K/W]</b>
uitwendige scheidingsconstructie	
hellend	3,5
horizontaal	3,5
verticaal	3,5
inwendige scheidingsconstructie die de scheiding vormt tussen een verblijfsgebied, een toiletruimte of een badruimte en een kruipruimte	3,5

<b>ramen, kozijnen en daarmee gelijk te stellen constructieonderdelen</b>	<b>warmtedoorgangscoefficient [W/m<sup>2</sup>·K]</b>
raam, met kozijn	2,0 *
overige constructieonderdelen	0,7

\* mits nieuwbouweis naar waarde lager dan 2,0, anders wordt de eis gelijk aan de nieuwbouweis (is nu 2,2)

Installaties:

<b>technisch bouwsysteem</b>	<b>Systeemrendement *</b>
verwarmingssysteem voor woonfunctie	0,71
verwarmingssysteem voor overige functies	0,65
warmtapwatersysteem	0,29
koelsysteem	0,75
ventilatiesysteem met warmteterugwinning met ventilatiecapaciteit > 5.000 m <sup>3</sup> /h, uitgedrukt in W/(dm <sup>3</sup> /s):	2,50 *

\*) Voor ventilatoren is de eis uitgedrukt in het "specifieke ventilatorvermogen" SFP

### Toetsing in de praktijk

Voor de bouwkundige eisen is de bepalingsmethodiek in te zetten zoals beschreven in de Norm "Thermische isolatie van gebouwen – Rekenmethoden (NEN 1086)" (lit.7). Voor de installaties kan het systeemrendement worden bepaald op basis van de methode weergegeven in (lit. 3). Dit is een eenvoudige, separaat te hanteren methodiek waarvoor niet het hele gebouw hoeft te worden doorgerekend. Deze methodiek wordt door de overheid geformaliseerd.

## Nationale impact van de regelgeving

Als 'plausibel scenario' is uitgegaan van een middelmatig niveau van effectiviteit van de handhaving. Dat wil zeggen dat de handhaving zodanig is dat in 50% van de ingrijpende renovaties en ingrepen in de technische bouwsystemen de eisen worden gerealiseerd. Daarnaast is er van uitgegaan dat de markt er in 25% van de situaties voor kiest om ingrijpende renovatie zodanig te faseren in de tijd dat de renovatie niet valt onder de definitie van ingrijpende renovatie en er derhalve niet aan de eisen hoeft te worden voldaan. Dit 'midden-scenario' levert de volgende resultaten op:

Impact meest plausibel scenario	Woningbouw		Utiliteitsbouw		Totaal	
	Over periode 2012-2020	Gemiddeld per jaar	Over periode 2012-2020	Gemiddeld per jaar	Over periode 2012-2020	Gemiddeld per jaar
Besparing in PJ / jaar cumulatief	3,89	0,44	1,61	0,19	5,5	0,63
Reductie CO <sub>2</sub> in Mton / jaar cumulatief	196	22	90	11	286	33
Energiekostenbesparing in miljoenen € / jaar cumulatief	€ 68,60	€ 7,80	€ 24,00	€ 3,00	€ 92,60	€ 10,80
Extra omzet bouwnijverheid in miljoenen € / jaar cumulatief	€ 419,60	€ 47,60	€ 77,00	€ 9,00	€ 496,60	€ 56,60
Extra directe omzet arbeid in miljoenen € / jaar cumulatief	€ 251,80	€ 28,50	€ 46,00	€ 5,00	€ 297,80	€ 33,50

De totale besparing (cumulatief) in primair energiegebruik over de periode van 2012 tot 2020 bedraagt 5,5 PJ. De reductie in CO<sub>2</sub> uitstoot bedraagt 286 Mton over dezelfde periode. De geraamde werkgelegenheid uitgedrukt in omzet in arbeid bedraagt tot 2020 ongeveer 300 miljoen Euro.

De scenario's zijn met name opgebouwd door bereidheid en handhaving te variëren. Uit onderstaande tabel is duidelijk dat hier een belangrijke keuze van de overheid aan de orde is. Meer robuuste handhaving vertaalt zich in een aanmerkelijk grotere impact. Ook de mate waarin de overheid het belang van energiebesparing op een consistente en overtuigende wijze communiceert, draagt bij aan de bereidheid van de markt tot handelen.

gebouwsector	Primaire energiebesparing (zeer beperkte handhaving en geringe bereidheid van de markt)	Primaire energiebesparing (matige effectiviteit handhaving en redelijke bereidheid in de markt)	Primaire energiebesparing (goede effectiviteit handhaving en redelijke bereidheid van de markt)
woningbouw	1,3 PJ	3,9 PJ	9,8 PJ
utiliteitsbouw	0,7 PJ	1,6 PJ	3,6 PJ
totaal	2,0 PJ	5,5 PJ	13,4 PJ

### 3 De onderzoeksaanpak

#### Overwegingen bij het vormgeven van energie-eisen voor de bestaande bouw

Bij de bepaling van energetische eisen in de bestaande bouw spelen een aantal aandachtspunten. In tegenstelling tot de nieuwbouw geldt voor de bestaande bouw het volgende:

- 7 in de praktijk bestaat er een grote technische diversiteit aan gebouwen, waar de eisen in voldoende mate op aan moeten sluiten.
- 7 de eisen vergen een aanvullende investering, die beoogd is om kostenoptimaal/rendabel te zijn; de financiering hiervan kan problematisch zijn voor burgers, bedrijven en instanties.
- 7 de besparing van de energetische maatregelen moet duidelijk waarneembaar zijn en in combinatie met de investering geldt dat ook voor de rentabiliteit. Hierbij speelt dat de feitelijke kostenbesparing door het treffen van maatregelen sterk afhankelijk is van het gebruikersgedrag en dat het lastig is om met split incentives (huur en verkoop) rekening te houden.
- 7 de overheid kiest voor het stellen van eisen op componentniveau omdat dit beter aansluit op de renovatiepraktijk. Vanuit de energetische kwaliteit van het gebouw bezien hoeft een kostenoptimale oplossing voor een component niet de kostenoptimale oplossing voor het gebouw te zijn.

Uit deze opsomming komt naar voren dat het van groot belang is flexibiliteit te creëren in de regelgeving die het mogelijk maakt om de generieke regelgeving voldoende te laten aansluiten op de diversiteit in de bestaande bouw.

Bij het vormgeven van de componenteisen spelen de volgende afwegingen:

1. Simpele formulering van eisen is overzichtelijk vanuit de wetgeving, maar sluit wellicht minder goed aan op de diversiteit in de praktijk en zal leiden tot veel vrijstellingsverzoeken op basis van technische, economische en wellicht architectonische onhaalbaarheid. Hierdoor compliceert de uitvoering.
2. Meer genuanceerde formulering van eisen die recht doet aan de veelheid van situaties in de praktijk is complexer qua wetgeving, maar zal wellicht beter recht doen aan de diversiteit in de praktijk, waardoor de uitvoering vereenvoudigt.
3. Hoge eisen zullen bovengenoemd het onder 1 genoemde effect versterken, lage eisen zullen door de markt eenvoudiger te realiseren zijn, maar het halen van de klimaatdoelstelling komt dan in gevaar.

Bij de formulering van de eisen zal een balans moeten worden gezocht met in achtname van deze overwegingen.

NB. Een belangrijk deel van de bouwvoorraad is in bezit en beheer van professionele organisaties (sociale en particuliere huurwoningen, bankgebouwen, winkelketens, etc.). Voor hen is het vaak efficiënter om energiebesparingsdoelen in te voegen in het planmatig beheer; bijvoorbeeld, in een complex woningen zou het aanbrengen van isolatie bij een incidentele vervanging van dakbedekking niet efficiënt zijn als binnen twee jaar het totale complex wordt aangepakt. Het is raadzaam om voor dit deel van de

gebouwvoorraad te zoeken naar een mogelijkheid om de eisen te vertalen naar een acceptabele inbedding in het strategisch voorraadbeheer.

## **Methodische aanpak en de inzet van referentiegebouwen en referentiecases**

### **Gebouw- versus componentbenadering**

Door aan componenten eisen te stellen kunnen de analyses zich primair op deze componenten richten (isolatie van de schildelen en verbeteren van de installatie). Deze focus op componenten betekent dat er voor de bouwkundige delen van de schil referentiecases zijn vastgesteld bestaande uit algemeen voorkomende basisconstructies met renovatie-ingrepen en daaraan gekoppelde energetische maatregelen. Dit zelfde is gebeurd voor de installaties; ook daar zijn referentiecases vastgesteld uitgaande van veel voorkomende installaties, gebruikelijke verbeteringen en de daarbij mogelijke energetische maatregelen. Deze focus op het componentniveau zou er toe kunnen leiden dat de eisen suboptimaal zijn in vergelijking tot een beschouwing die zich op het gebouw als geheel richt. Immers, de interactie tussen de verschillende onderdelen/subsystemen van een gebouw is minder in beeld. Toch verdient een primaire focus op bouwkundige componenten en installaties de voorkeur omdat de eisen veelal gelden voor de situatie dat er ingrepen plaats vinden op onderdelen van het gebouw. Natuurlijk is het wel van belang om zo goed mogelijk rekening te houden met de energetische interacties met name tussen de installatie en de bouwkundige componenten. Zo wordt bijvoorbeeld de energiebesparing van een isolatiemaatregel beïnvloed door het rendement van de verwarmingsinstallatie. Ook de besparing van een rendementsverbetering van de installatie hangt af van de energiezuinigheid van het gebouw. Dit geldt ook voor efficiëntere koeling.

Dit integrale aspect is nadrukkelijk meegenomen door in een eerste fase referentiegebouwen te definiëren die als dekkend voor het merendeel van de gebouwen zijn op te vatten. Deze referentiegebouwen zijn op integrale wijze doorgerekend en op basis daarvan zijn kengetallen (energiebesparing en kosten) vastgesteld die voldoende dekkend voor de voorraad zijn. Op basis daarvan is vervolgens de stap gemaakt naar het component/systeemniveau met referentiecases.

### **Stapsgewijze aanpak**

De volgende aanpak is gehanteerd:

1. Definieer referentiegebouwen die de bestaande bouw (W en U) representeren en definieer per component (schildeel en installatiefunctie) gebruikelijke basisconstructies ofwel installaties met bijbehorende energiemaatregelen op een aantal ambitieniveaus.
2. Bepaal vanuit die referentiegebouwen, kengetallen voor het vaststellen van energiegebruik/energiebesparing en kosten van energiebesparende maatregelen voor de onderscheiden componenten.
  - 7 Bouwkundig worden de besparingen en kosten gekoppeld aan de U-waarde/Rc uitgedrukt per m<sup>2</sup> oppervlak van het schildeel;
  - 7 Installatietechnisch worden besparingen en kosten gekoppeld aan het installatierendement en de grootte van de installatie uitgedrukt in de capaciteit.
3. Op basis van kengetallen voor de besparingen en kosten en met gebruikmaking van financiële kengetallen (rentevoet en energieprijzverloop) wordt per component de

netto contante waarde bepaald voor de energiemaatregelen met toenemend energetisch ambitieniveau.

4. Uit deze financiële analyse wordt bepaald welke maatregelen voor elk van de componenten kostenefficiënt zijn en welke range daarbinnen kostenoptimaal is.
5. Uiteindelijk wordt een eis geformuleerd, waarbij een vijftal aspecten zijn meegenomen:

**7 Kostenoptimaliteit**

In lijn met de Europese regelgeving moet het niveau van de eisen worden vastgesteld met het oog op kostenoptimaliteit (lit. 1). Om dat aan te tonen is een rekenmethodiek voorgeschreven (lit. 2) waarin gebruik kan worden gemaakt van nationaal bepaalde kentallen.

**7 Rentabiliteit**

Uitgangspunt is dat de eisen moeten leiden tot maatregelen die rendabel zijn. Dit is een criterium dat zo breed mogelijk moet gelden, maar de grote diversiteit in de bestaande bouw maakt dat er situaties zullen zijn waarvoor de eisen leiden tot onrendabele investeringen. In die gevallen is het mogelijk om van de terugval optie gebruik te maken (zie hoofdstuk 4).

**7 Investeringsniveau**

Het door de regelgeving vereiste investering zal op basis van de vorige criteria over het algemeen kostenoptimaal en rendabel zijn. Daarnaast geldt dat de hoogte van de investering redelijk is in relatie tot de overheidsdoelstelling om een substantiële energiebesparing te realiseren in de bestaande bouw.

**7 Technische haalbaarheid in de context van ingrepen in de bestaande bouw**

Uiteraard moeten de eisen leiden tot energiemaatregelen die technisch haalbaar zijn. Als dit niet mogelijk blijkt geldt ook hier dat er een terugval optie geboden wordt. (zie hoofdstuk 4).

**7 Mogelijkheid terugvalopties**

In de regelgeving wordt de mogelijkheid geboden om een alternatieve invulling van de eis te realiseren als de eis tot een onrendabele of technisch onhaalbare maatregel leidt.

### **Bouwkundig benadering**

De energiemaatregelen worden gedefinieerd als aanvulling op een referentie-onderhoudsingreep zonder enige vorm van isolatie. Door beide te vergelijken zijn de meerkosten en meeropbrengsten vast te stellen.

De energiebesparing door isolatiemaatregelen wordt primair bepaald door van het verschil in warmtedoorgangscoefficiënt (U-waarde) voor en na isolatie en het oppervlak van het te isoleren schildeel. Dit betekent dat een besparing per m<sup>2</sup> schildeel kan worden bepaald per U-waarde verbetering ( $\Delta U$ ). Deze besparing per m<sup>2</sup> door isolatie hangt daarnaast af van de aan te houden binnentemperatuur en de bedrijfsduur van het gebouw (gebruiksfunctie), de gebouw grootte en de energiezuinigheid van de overige schildelen en de installaties. Vanuit de referentiegebouwen zijn in een eerste reken-exercitie besparingskengetallen afgeleid voor een m<sup>2</sup> schildeel. Het volstaat dan om referentiecasses (m<sup>2</sup> schildeel met verbetermaatregel) te beschouwen in plaats van een referentiegebouw. Dit versimpelt de onderzoeks aanpak. Deze aanpak per m<sup>2</sup> strookt met het feit dat ook kostenkengetallen per m<sup>2</sup> beschikbaar zijn.

Voor de diverse referentiecasses kunnen dan besparingen en kosten eenvoudig worden gekoppeld in de financiële berekeningen, waarmee de kostenoptimaliteit, rentabiliteit en

het investeringsniveau wordt bepaald. Op basis van deze uitkomsten wordt het benodigde eisenniveau vastgesteld en wordt de technische haalbaarheid beoordeeld. Tenslotte wordt vastgesteld wat alles afwegende een redelijk niveau voor de te stellen eisen is. De eisen voor de schildelen zullen worden uitgedrukt als warmteweerstand van de constructie of als warmtedoorgangscoefficiënt. Meer uitgebreide beschrijving is opgenomen in hoofdstuk 5.1.

### **Installatietechnische benadering**

De installatie-eisen worden geformuleerd op systeemniveau en uitgedrukt in het systeemrendement zoals aangegeven in de EPBD. Het systeemrendement is gedefinieerd als het product van het rendement voor de opwekker, de distributie en de afgifte met een correctie voor de hulpenergie die nodig is voor de werking van de installatie, zoals pompen, ventilatoren (lit. 3).

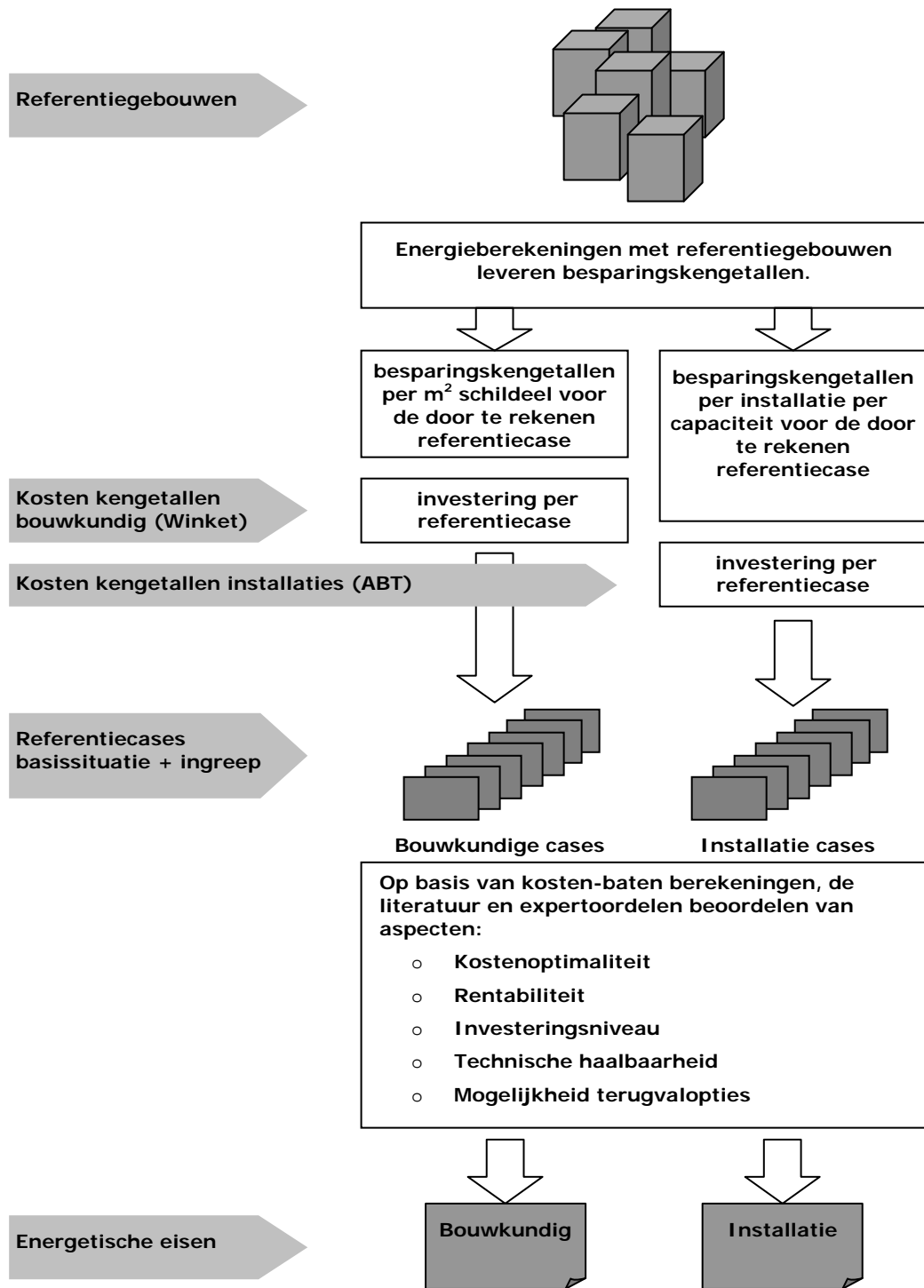
Ook voor installaties geldt dat op basis van referentiegebouwen kengetallen worden bepaald, die vervolgens worden gebruikt in referentiecases (installaties met verbeteropties). Daartoe zijn een serie van referentiegebouwen gedefinieerd waarmee de kengetallen voor de verschillende soorten installaties (ruimteverwarming, warmtapwaterverwarming, koeling, ventilatie) zijn vastgesteld.

Zoals de besparingen door isolatiemaatregelen bij schildelen per m<sup>2</sup> worden beschouwd zijn de installaties met hun verbeteropties geassocieerd naar capaciteit. De logica hierachter is dat installaties en hun verbeteropties kunnen afhangen van de grootte van de vraag en daarmee van de capaciteit van de installatie. Bij een grote vraag hoort een grote capaciteit met zijn eigen specifieke installatietechnische oplossingen die bij een kleinere installatie vaak niet voldoen. Zo zijn grote tapwaterverwarmingssystemen geen optie voor een zeer beperkte vraag die zich voordoet op verspreide plekken in een gebouw. Besparingen en kosten voor installatietechnische maatregelen zijn voor het doel van deze studie te koppelen aan de capaciteit van de installatie.

Op basis van het integraal doorrekenen van referentiegebouwen worden deze capaciteit gerelateerde kengetallen (besparing en kosten) vastgesteld. Vervolgens worden referentiecases voor specifieke installaties bepaald en worden de verbetermogelijkheden doorgerekend als basis voor het stellen van rendementseisen.

Net als bij de schildelen worden de op deze wijze bepaalde besparingen gebruikt om de financiële beoordelingsaspecten vast te stellen. Na beoordeling van de financiële aspecten en een beoordeling van de technische haalbaarheid wordt uiteindelijk vastgesteld wat een redelijk niveau voor de installatie-eisen is. De eisen worden verbonden aan het rendement van de installaties. In hoofdstuk 6 en bijlage C wordt een en ander verder uitgewerkt.

Deze methodische aanpak zoals boven geschetst is in de figuur schematisch weergegeven.



## **Berekeningsaanpak**

### **Energie**

Er wordt gebruik gemaakt van de norm Energieprestatie voor Gebouwen, de zogenaamde EPG; (lit. 4) aangepast op de bestaande bouw (lit. 5). Dit is een stationaire energieberekeningsmethode gebaseerd op maandwaarden, die op verantwoorde wijze een vereenvoudigde beschrijving van de werkelijkheid geeft.

### **Rentabiliteit en kostenoptimaliteit**

Voor wat betreft de economische berekeningen wordt in grote lijnen de EC-methodiek gehanteerd, zoals die is weergegeven in de Delegated Regulation (lit. 2). Deze methodiek is gebaseerd op de netto contante waarde berekeningsmethode. De methodiek verdisconteert de meerinvestering, de extra onderhoudskosten, de eventuele vervangingskosten van de maatregel tijdens de rekenperiode en de restwaarde aan het eind van die periode. Qua opbrengsten wordt gerekend met de reductie in energie-kosten.

Bij de financiële berekeningen is voor de investeringen (ingrepen en energie-maatregelen) uitgegaan van kostenkengetallen uit de databestanden van Winket en ABT, die ontleend zijn aan jarenlange praktijkervaring en studies (zie bijlage C en D). De overheid heeft aangegeven dat gerekend moet worden met een discontovoet en een stijging van de energieprijs overeenkomstig de door ECN aangegeven uitgangspunten (zie bijlage D.4).

Dit levert de aan te houden indexen voor de gasprijs, zoals hieronder weergegeven.

Prijsindex voor de gasprijs:

Bedrijven: 4,30% per jaar komt overeen met de door ECN aangegeven  
ontwikkeling bij een periode van 20 jaar en een discontovoet van 8,00%

Consumenten: 3,50% per jaar komt overeen met de door ECN aangegeven  
ontwikkeling bij een periode van 30 jaar en een discontovoet van 5,50%

Voor elektriciteit geldt de volgende prijsindex:

Bedrijven: 2,80% per jaar komt overeen met de door ECN aangegeven  
ontwikkeling bij een periode van 20 jaar en een discontovoet van 8,00%

Consumenten: 2,50% per jaar komt overeen met de door ECN aangegeven  
ontwikkeling bij een periode van 30 jaar en een discontovoet van 5,50%



## 4 Opzet van de regelgeving

### Flexibiliteit door terugvalopties

Om recht te doen aan de diversiteit van de bestaande bouw en te zorgen dat de eisen praktisch haalbaar zijn is een zekere mate van flexibiliteit van belang. Er zullen situaties zijn waarin het bijvoorbeeld technisch niet mogelijk is om aan een componenteis te voldoen; Dit doet zich bijvoorbeeld voor bij een massieve gevel als buitenisolatie om reden van welstand onacceptabel is, terwijl binnenisolatie in een klein toilet, te veel ruimte neemt. Om dit te bereiken zijn er terugvalopties voorzien in geval de eisen niet onverkort realiseerbaar zijn. In onderstaande opsomming wordt dit vormgegeven.

- 7 Er worden energieprestatie-eisen gesteld op componentniveau aan onderdelen van de schil (dak, gevel, raam, panelen, begane grondvloer) en aan het rendement van installatiesystemen (verwarming, koeling, warmtapwater en grote ventilatiesystemen).
- 7 Als in een individueel geval niet aan de eis kan worden voldaan, bijvoorbeeld omdat dit technisch onmogelijk is of omdat dit een aantoonbaar onrendabele oplossing is, wordt een systeem van gelijkwaardige oplossing geboden. Deze alternatieve oplossingen moeten dan aantoonbaar leiden tot een vergelijkbare EI-verbetering. Daarmee krijgt de markt de mogelijkheid om voor een specifieke situatie een zo rendabel mogelijke oplossing te kiezen. Als er aantoonbaar, geen rendabele en technisch haalbare oplossing blijkt te zijn kan dat in deze methodiek ook worden vastgesteld.

(Voorbeeld: op basis van componenteisen zou bij een bepaalde renovatie een EI stap ter grootte van 0,3 worden gerealiseerd, maar de eisen zijn technisch onuitvoerbaar, dan mag de eigenaar ook dezelfde EI stap van 0,3 met een andere invulling van maatregelen realiseren).

Hiermee worden de eventuele praktische onmogelijkheden van componenteisen opgelost. Daartoe zal met de labelmethode voor de bestaande bouw een EI-berekening moeten worden opgemaakt ter rechtvaardiging van de alternatieve invulling van de eis(en). Dat zal goedkoop kunnen als er toch al een maatwerkadvies wordt opgesteld. Deze aanpak zal vorm kunnen krijgen in het kader van "gelijkwaardigheid" en de beoordeling kan plaatsvinden in de daarvoor aangewezen kwaliteitssystematiek.

Opgemerkt wordt nog dat voor professionele bezitters/beheerders van een gebouwen-voorraad een componenteis gekoppeld aan ingrijpende renovatie van één pand niet altijd de meest efficiënte zijn in vergelijking tot het onderbrengen van energiebesparingsdoelstellingen in het voorraadbeleid. Het is aan te bevelen om na te gaan of het voor deze groep mogelijk is een vorm te vinden het mogelijk maakt alternatieve maatregelen met eenzelfde effect te kiezen op voorraadveldniveau en daarmee een optimale aanpak te realiseren.

## **Inbedding in het bouwbesluit**

### **Plek in het Bouwbesluit**

De eisen moeten in te passen zijn in de structuur van het Bouwbesluit, waarbij in de toelichting nadere praktische invulling aan de eisen kan worden gegeven.

De eisen in de hoofdtekst worden op gebouw of systeemniveau geformuleerd. Voor de bouwkundige delen betreft dit, in termen van het Bouwbesluit: horizontale, verticale en hellende uitwendige scheidingsconstructies en inwendige scheidingsconstructies die grenzen aan de kruipruimte. Praktisch gesproken komt dat neer op het hellend dak, het platte dak, de gesloten gevel, begane grondvloeren, panelen, ramen en deuren. Overigens zijn eisen aan deuren buiten beschouwing gelaten, vanwege de beperkte impact en de complexiteit. Voor installaties wordt onderscheid gemaakt naar verwarmingssysteem, warmtapwatersysteem, koelsysteem en ventilatiesysteem.

### **Begripsbepaling van ingrijpende renovatie**

De bouwkundige eisen zijn van kracht bij ingrijpende renovatie van een gebouw en gelden voor de bij de renovatie betrokken delen van de schil. Er is sprake van ingrijpende renovatie als het totale oppervlak van de aangepakte schildelen 25% of meer bedraagt van het totale oppervlak van de schil. De gebouwschil omvat alle uitwendige scheidingsconstructie en de begane grondvloer. Praktisch gesproken gaat het dan om het dak, de gesloten gevel, ramen, deuren en de vloer grenzend aan de grond of aan buitenlucht. Deze begripsbepaling is voor onderhavige studie echter incompleet. De vraag is namelijk wanneer een deel van de gebouwschil meetelt bij ingrijpende renovatie. Bijvoorbeeld, als een pleisterlaag van een gevel wordt geschilderd, telt deze gevel dan mee? Het zal duidelijk zijn dat vervanging van een totale dakconstructie wel wordt aangemerkt als onderdeel van ingrijpende renovatie. Alhoewel het niet te verwachten is dat in de regelgeving op dit punt een eenduidige definitie te geven is was het toch noodzakelijk om voor deze studie een uitgangspunt te kiezen. Na overleg in het projectteam is er voor gekozen dat een deel van de gebouwschil meetelt voor ingrijpende renovatie als minimaal één wezenlijke constructielaag voor meer dan de helft van het oppervlak van het betreffende constructiedeel wordt vervangen. Te denken valt daarbij aan het vervangen van dakbedekking, het vervangen van een binnenafwerking, et cetera.

### **Begripsbepaling van vervangen of verbeteren van de installatie**

Voor de installatie is er in het projectteam voor gekozen om minder relevante ingrepen als het spuiten van een radiator of het vervangen van een ventilatieventiel niet onderhevig te maken aan de eisen. Het gaat meer specifiek om het vervangen of verbeteren van meer wezenlijke onderdelen van de installatie als de ketel, een koelmachine of een ventilator.

## 5 Bouwkundige schildelen

### Referentiegebouwberekeningen

Zoals in hoofdstuk 1. reeds vermeld schrijft de EPBD voor dat bij de te stellen eisen een ambitieniveau moet worden aangehouden dat strookt met een kostenoptimaal niveau van de energiematregelen. Om deze reden moet voor elk schildeel worden vastgesteld of er een kostenoptimale isolatiemaatregel bestaat en zo ja bij welke isolatiewaarde dat optimum ligt. Om dit vast te kunnen stellen, moeten naast de kosten van verschillende isolatiemaatregelen ook de energiebesparingen door isolatiemaatregelen worden bepaald.

De bestaande gebouwvoorraad heeft een zeer grote technische diversiteit, zowel qua grootte en gebruik, als qua technische uitvoering. Om te voorkomen dat er extreem veel referentiegebouwberekeningen zouden moeten worden gemaakt, is een vereenvoudigde aanpak (zie bijlage B) gehanteerd. In deze vereenvoudigde aanpak is verondersteld dat het mogelijk moest zijn om voor de bepaling van de energiebesparingen door isolatiemaatregelen, gebruik te maken van sterk vereenvoudigde kengetallen – de Cs-waarden. Met deze Cs-waarde wordt tot uitdrukking gebracht hoeveel m<sup>3</sup> aardgas er per m<sup>2</sup> schildeel wordt bespaard, bij een bepaalde verbetering van de warmtedoorgangscoefficiënt van een constructie ( $\Delta U$ ), die het gevolg is van het aanbrengen van isolatiemaatregelen.

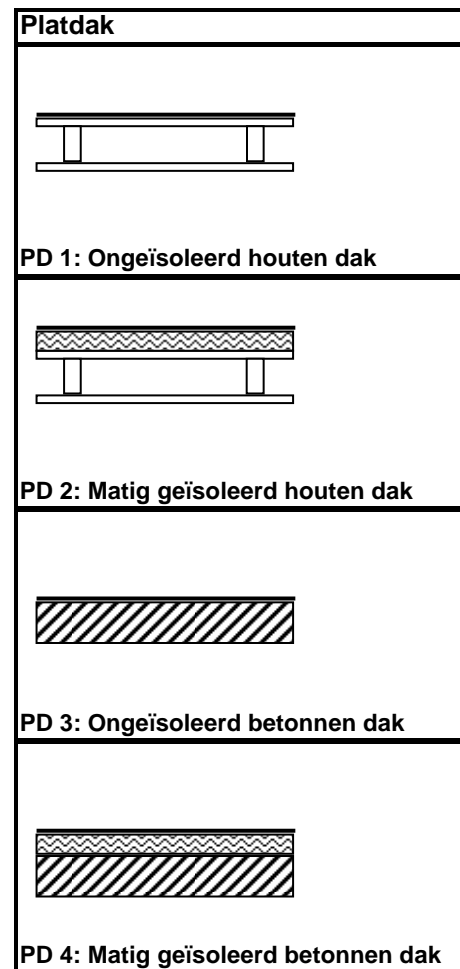
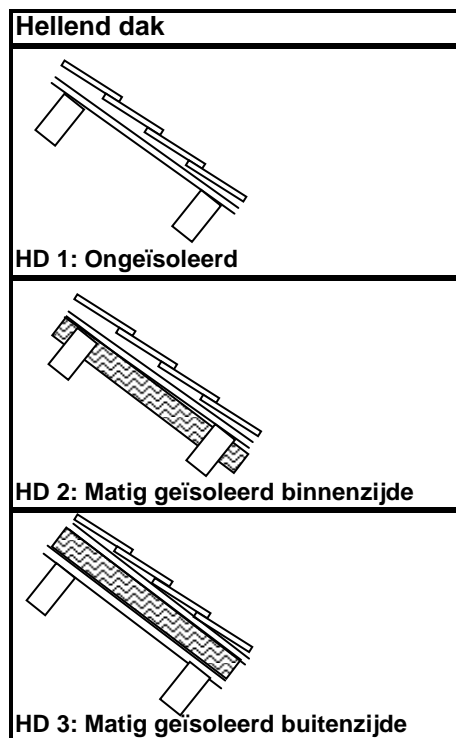
Een belangrijke voorwaarde om een dergelijke vereenvoudigde aanpak verantwoord te kunnen toepassen voor de bepaling van energiebesparingen is, dat de besparingskengetallen bruikbaar moeten zijn voor de volle breedte van de bestaande gebouwvoorraad. Om die reden zijn voor het bepalen van de waarden van Cs, ongeveer duizend referentiegebouwvarianten doorgerekend, waarbij is gevarieerd met kenmerken die van invloed zijn op de besparing door isolatiemaatregelen. Het gaat daarbij om de gebouw-grootte (groot, middel, klein), de energiezuinigheid van het gebouw (onzuinig, zuinig, zeer zuinig), de energiezuinigheid van de installaties (onzuinig, zuinig, zeer zuinig), gebruiksfuncties (14 categorieën) en verschillende diktes van de isolatiemaatregel (in stappen van 5 cm oplopend van 0 cm tot 20 cm isolatie).



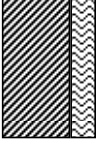
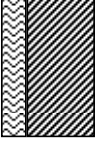
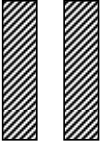
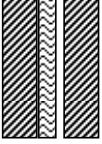
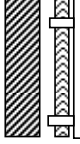
Uit de berekeningen blijkt dat alle kenmerken weliswaar van invloed zijn op de exacte grootte van de energiebesparing door isolatiemaatregelen, echter, alleen de invloed van de gebruiksfuncties is dermate groot dat daarvoor meerdere besparingskengetallen nodig zijn. Alleen zo, kunnen Cs-waarden worden afgeleid met voldoende nauwkeurigheid voor dit onderzoek. In totaal zijn voor zeven groepen gebruiksfuncties Cs-waarden vastgesteld, waarmee de energiebesparingen door isolatiemaatregelen van de schildelen uiteindelijk zijn bepaald.

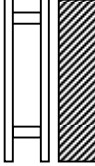
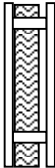
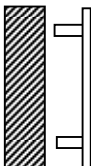
## Referentiecases; basisconstructies verbeteringrepen en isolatiemaatregelen

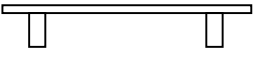



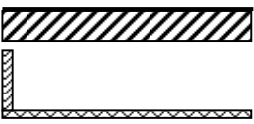

In de praktijk komen diverse uitvoeringsvormen van de schildelen dak, gesloten gevel en begane grondvloer voor. Zo kunnen daken van hout en van beton zijn en komen zowel massieve gevels als gevels spouwen voor. Daarnaast komen schildelen voor in zowel volledig ongeïsoleerde vorm als ook in matig- en goed geïsoleerde vorm. Voor het vaststellen van de kostenoptimaliteit van maatregelen in het kader van het stellen van eisen, zijn de niet en matig geïsoleerde situaties relevant, want dat zijn de situaties waarin veel energie kan worden bespaard door het isoleren tijdens renovaties.

Om de besparingen en kosten van isolatiemaatregelen te kunnen berekenen is een aantal basisconstructies gedefinieerd, waarin die uitvoeringen en isolatieniveaus zijn meegenomen zoals die in de meeste gebouwen voorkomen. Deze constructies zijn in de onderstaande overzichten weergegeven.



Gesloten gevel
 <p>GG 1 Ongeïsoleerde massieve steens gevel</p>
 <p>GG 2: Betonnen gevel met ingestort isolatielaagje</p>
 <p>GG 3: Massieve gevel steen met matige isolatie buitenzijde</p>
 <p>GG 4: Massieve gevel steen met matige isolatie binnenzijde</p>
 <p>GG 5: Ongeïsoleerde spouwmuur</p>
 <p>GG 6: Matig geïsoleerde spouwmuur</p>
 <p>GG 7: Matig geïsoleerde geventileerde facade, stijl en regelwerk</p>

Gesloten gevel
 <p>GG 8: Ongeïsoleerde houtskeletgevel met stenen buitenblad</p>
 <p>GG 9: Matig geïsoleerde houtskeletgevel met stenen buitenblad</p>
 <p>GG 10: Matig geïsoleerde houtbouw constructie</p>
 <p>GG 11: Ongeïsoleerde sandwichpanelen op draagconstructie</p>
 <p>GG 12: Matig geïsoleerde sandwichpanelen op draagconstructie</p>
 <p>GG 13: Ongeïsoleerde geventileerde facade op stijl en regelwerk</p>

Begane grondvloer
 <p><b>BV 1: Ongeïsoleerde houten vloer boven kruipruimte</b></p>
 <p><b>BV 2: Matig geïsoleerde houten vloer boven kruipruimte</b></p>
 <p><b>BV 3: Ongeïsoleerde stenen vloer boven kruipruimte</b></p>
 <p><b>BV 4: Matig geïsoleerde stenen vloer boven kruipruimte</b></p>
 <p><b>BV 5: Stenen vloer boven matig geïsoleerde kruipruimte</b></p>
 <p><b>BV 6: Ongeïsoleerde stenen vloer op grondslag</b></p>

Voor elke basisconstructie zijn bij een verbeteringreep in principe een of meer isolatiemaatregelen mogelijk; aan de binnenzijde, aan de buitenzijde en soms in het binnenste van de constructie. In sommige gevallen zijn er verschillende isolatiediktes mogelijk (isoleren van schuine daken), soms is er echter maar één dikte mogelijk (na-isoleren van een luchtspouw in een spouwmuur). Elke maatregel levert zijn eigen specifieke besparing op en heeft ook zijn eigen specifieke kostprijs.

De besparing hangt zowel af van de isolatiewaarde van de basisconstructie in de uitgangssituatie als van de isolatiewaarde na het aanbrengen van de isolatiemaatregel. Met behulp van de Cs-waarden is voor alle referentiecases (basisconstructies met mogelijke isolatiemaatregelen) berekend hoeveel m<sup>3</sup> aardgas per jaar per m<sup>2</sup> schildeel wordt bespaard. Deze gasbesparing is vervolgens omgerekend in geld, zodat de baten konden worden vergeleken met de kosten.

In hoofdstuk 4.2 is aangegeven wanneer een verbeteringreep aan een constructie kan worden aangemerkt als onderdeel van de ingrijpende renovatie. Dit is namelijk het geval als er minimaal een constructielaag wordt vervangen dus ook als het schildeel in zijn geheel wordt vervangen. Om dit te concretiseren zijn, als uitgangspunt voor deze studie, voor alle schildelen concrete verbeteringrepen aangegeven waaraan energiebesparende maatregelen zijn toegevoegd. In het Bouwbesluit worden gesloten geveldelen, die in een houten frame zijn geplaatst, apart benoemd als panelen. De concretisering is hieronder opgesomd en deze kan worden beschouwd als redelijk dekkend voor de praktijk.

#### Opmerking betreffende deuren:

Besloten is om aan deuren geen energetische eisen te stellen bij ingrijpende renovatie. Zij zijn daarom ook niet in deze studie meegenomen. De reden is dat deuren minder beïnvloedbaar deel van de gebouwschil vormen en juist bij deuren bestaat er veel diversiteit in constructie die zich niet door één simpele eis laat dekken. Deuren kunnen bestaan uit een enkele hardglasplaat, uit panelen, uit staal of uit massief hout al dan niet met een raam het is niet goed mogelijk om voor deze diversiteit met een energetische eis te komen.

#### Hellende daken:

- 7 Dakbedekking vervangen over meer dan 50% van de oppervlakte;
- 7 Plafond aanbrengen tegen binnenzijde kap, c.q. verblijfsruimte op zolder maken;
- 7 Compleet vervangen of nieuw aanbrengen constructief dakvlak.

#### Platte daken:

- 7 Dakbedekking vervangen over meer dan 50% van de oppervlakte;
- 7 Compleet vervangen dak (inclusief constructief dakvlak).

#### Gesloten gevels:

- 7 Aanbrengen of vervangen gevelbekleding (houten of kunststof delen, plaatmateriaal, panelen, leien, pannen, natuursteen, prefab beton, metaal etc.);
- 7 Aanbrengen of vervangen metselwerk;
- 7 Compleet vervangen of nieuw aanbrengen gevel.

#### Paneelconstructies:

- 7 Vervangen kozijn i.v.m. houtrot;
- 7 Vervangen van paneel.

### **Ramen:**

- 7 Vervangen kozijn i.v.m. houtrot;
- 7 Vervangen beglazing.

### **Begane grondvloeren:**

- 7 Houten vloeren – herstel balklaag i.v.m. houtrot, scheefstand e.d. of vervangen vloerbeschot;
- 7 Compleet vervangen of nieuw aanbrengen vloer.

## **Besparingen en kosten**

De kosten van een energiebesparingsmaatregel zijn gedefinieerd als het verschil van de investeringskosten van de verbeteringreep aan de constructie met en zonder isolatiemaatregel. Deze verbeteringreep is de (renovatie-)maatregel, op grond waarvan men ervan uitgaat, dat een schildeel "onderdeel uitmaakt van een ingrijpende renovatie". Met andere woorden, de kosten van een energiebesparingsmaatregel zijn gedefinieerd als de meerkosten van die maatregel ten opzichte van de verbeteringreep. (Nadere toelichting op de bepaling van de kosten wordt gegeven in bijlage D.3.).

De gasbesparing van de maatregelen is omgerekend in geld, conform de EPBD en de Delegated Regulation, uitgedrukt in de contante waarde van de besparingen, gedurende een per groep van gebruiksfuncties vastgestelde rekenperiode, gasprijs, ontwikkeling van de gasprijs gedurende de rekenperiode, en discontovoet. (Nadere toelichting op deze berekeningen wordt gegeven in bijlage D.4.).

De netto besparing van een energiebesparingsmaatregel wordt nu gedefinieerd als het saldo van (de contante waarde van) de gasbesparing minus de (meer-)kosten van de maatregel.

Uit de financiële doorrekening blijkt dat de netto besparingen bij de meeste combinaties van basisconstructies en energiebesparingsmaatregelen in het onderzochte gebied ( $R_c=2,5 \text{ m}^2.K/W$  tot  $R_c=4,0 \text{ m}^2.K/W$ ) positief zijn (d.w.z. de besparingen zijn groter dan de kosten). Uit bijlage D.5 blijkt dat de netto besparingen onder druk komen te staan als de basisconstructie al enigermate geïsoleerd is, omdat dan de besparingen minder groot zijn dit kan voor een aantal situaties en gebouwfuncties leiden tot onrendabele maatregelen. Ook geldt dat het isoleren van houten begane grondvloeren in een aantal categorieën utiliteitsgebouwen niet rendeert. Als dergelijke situaties zich voordoen is het mogelijk om van de terugvaloptie gebruik te maken zoals aangegeven in hoofdstuk 4. Er is geen duidelijke kostenoptimale oplossing, alle varianten zijn wat dat betreft ongeveer gelijk (zie bijlage D.5). Wat betreft de schildelen is in het onderzochte gebied ( $R_c=2,5 \text{ m}^2.K/W$  tot  $R_c=4,0 \text{ m}^2.K/W$ ) op grond van kostenoptimaliteit geen voorkeur vast te stellen ten aanzien van een voor te schrijven isolatieniveau. In beginsel kan op grond van kostenoverwegingen elk niveau worden aangehouden, aangezien in de meeste gevallen per saldo een financiële besparing resulteert. In die gevallen, waar er sprake is van een negatief financieel resultaat, is dat klein in verhouding tot de totale investering, die gemoeid is met ingrijpende renovatie.



## Analyse en conclusies

Op basis van de financiële analyse is gebleken dat er geen duidelijk kostenoptimale isolatieniveaus zijn in het gebied tussen  $R_c$  2,5 m<sup>2</sup>.K/W en  $R_c$  4 m<sup>2</sup>.K/W. Voor het overgrote deel van de gebouwen is het rendabel om bij verbeteringen aan de constructie isolatiemaatregelen te nemen. Voor een beperkt aantal situaties zullen maatregelen minder haalbaar zijn, maar in die gevallen is het mogelijk om van de terugvalopties gebruik te maken (zie hoofdstuk 4.1). In onderstaande tabel is weergegeven wat dit aan isolatiedikte betekent afhankelijk van de lambda-waarde ( $\lambda$ -waarde) van het isolatiemateriaal (de lambda-waarde is een maat voor de warmtegeleiding van een materiaal; hoe hoger de lambda hoe beter de geleiding). Hierbij is uitgegaan van een warmteweerstand van de constructie zonder isolatie van 0,3 m<sup>2</sup>.K/W.

Warmteweerstand van de constructie m <sup>2</sup> K/W	$R_c = 2,5$	$R_c = 3,5$	$R_c = 4,0$
Isolatiedikte (cm) bij $\lambda = 0,04$ (standaard isolatie)	9 cm	13 cm	15 cm
Isolatiedikte (cm) bij $\lambda = 0,02$ (hoogwaardige isolatie)	4,5 cm	6,5 cm	7,5 cm

### De hoogte van de eis

Bij de keuze van de hoogte van eis spelen een aantal afwegingen een rol. Aan de ene kant moet de eis bewerkstelligen dat er een wezenlijke besparing wordt gerealiseerd bij ingrijpende renovatie. Aan de andere kant mag de eis niet zo zwaar zijn dat voor grote aantallen ingrijpende renovaties de terugvaloptie moet worden gehanteerd omdat de eis tot onrendabele maatregelen leidt. Dan ontstaat er een namelijk een uiterst bewerkelijke handhaving met veel weerstand in de markt. Daarbij komt dat de eis ook zodanig moet zijn dat de isolatiediktes ook in te passen zijn in de constructies. Daarbij is het van belang te beseffen dat extra centimeters isolatie steeds minder energiebesparing opleveren (verminderde meeropbrengst bij toenemende isolatie). Als de rentabiliteit van de maatregelen zoals deze zijn weergegeven in de tabellen van bijlage D.5 wordt beschouwd lijkt een  $R_c$  van 3,5 m<sup>2</sup>K/W een reële eis die kan worden aangehouden voor alle schildelen uitgezonderd die delen die in een kozijn zijn gevat (panelen en ramen). Voor deze delen kent het Bouwbesluit ook een andere benadering. Deze eis van  $R_c = 3,5$  m<sup>2</sup>K/W is substantieel en voor het overgrote deel van de constructies uit de bouwvoorraad rendabel. Ook de isolatiedikte die daarbij hoort (6,5 tot 13 cm) is in vrijwel alle situaties realiseerbaar. Opgemerkt wordt dat voor panelen die in een kozijn zijn gevat een lagere ambitie is aangehouden. In dat geval is uitgegaan van een U-waarde van 0,7. Dat komt neer op een isolatiedikte tussen de 4 en 5 cm. Uiteraard zijn er situaties waarin de eis tot onrendabele of technisch onhaalbare maatregelen zou leiden, maar in die gevallen kan de terugvaloptie worden gehanteerd. Het voordeel van deze keuze is ook dat er geen differentiatie van de eis naar bouwfunctie of constructie nodig is, wat de regelgeving en handhaving eenvoudig en transparant maakt.

### **Het niveau van de extra investering**

In de praktijk wordt bij renovatie van schilelementen ook nu al gestreefd naar een verbetering van de isolatiewaarde. Daarbij speelt, naast energiezuinigheid, ook verbetering van het comfort een rol. De maatregelen, die nu in de praktijk getroffen worden, hebben een kostenniveau dat veelal vergelijkbaar is met de investeringskosten, die in deze studie worden aangehouden voor een isolatieniveau met een  $R_c = 2,5$ . De investeringen bij een niveau van  $R_c = 3,5$  liggen voor de verschillende gesloten bouwdelen op:

Begane grondvloer:	3% - 6%
Dak:	2% - 6,5%
Gesloten gevel:	3% - 11%

Gemiddeld komt dat ongeveer neer op zo'n 3 tot 8% hogere investering dan bij een niveau van  $R_c = 2,5$ . Gezien het feit dat het gaat om renderende investeringen in een situatie van ingrijpende renovatie wordt dit acceptabel geacht om een substantiële landelijke impact te realiseren. Daarom is gekozen voor het de eis  $R_c = 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$  voor dak, gevel en begane grondvloer en een U-waarde van 0,7 voor panelen. De volgende paragrafen gaan in op de technische haalbaarheid in relatie tot de mogelijkheid van een terugvaloptie voor elk van de schildelen.

#### **Hellende daken:**

Voor hellende daken geldt dat het aanbrengen van een isolatiepakket van 7 tot 13 cm zal bijna altijd technisch haalbaar is. Bijna alle hellend dakconstructies bieden de mogelijkheid dergelijke diktes te kunnen aanbrengen tussen gordingen en/of onder de dakbedekking. De terugvaloptie (zie hoofdstuk 4.1) biedt de mogelijkheid voor een gelijkwaardige oplossing elders in het gebouw als de ingreep voor het dak aantoonbaar niet rendabel is of onrealiseerbaar.

Conclusie:

voor hellende daken voldoet een eis aan de  $R_c$  van  $3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$  aan de criteria.

#### **Platte daken:**

Voor platte daken is enkel het isoleren aan de bovenkant van het dak vlak onder de dakbedekking of op de dakbedekking een technische optie. Isoleren aan de onderkant wordt sterk afgeraden in verband met condensatie- en koudebrugrisico's. Bij de substantiële verbetering van de constructie zoals beoogd, is het over het algemeen geen probleem om een pakket isolatie van 7 tot 13 cm of zelfs meer aan te brengen. Vaak zullen opstanden bij de randen van het dak moeten worden aangepast. Het kan zijn dat bij veel dakdoorbrekingen (kanalen, daklichten, etc.) de kosten van aanpassing van aansluitdetails toenemen door het ophogen met isolatie. De terugvaloptie (hoofdstuk 4.1) biedt dan een oplossing.

Conclusie:

voor platte daken voldoet een eis aan de  $R_c$  van  $3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$  aan de criteria.

#### **Gesloten gevels:**

Gesloten gevels zijn qua constructie zeer divers. Als er echter een ingreep plaatsvindt waarbij op zijn minst een wezenlijke constructielaag wordt vervangen (gevelbeplating,

metselwerk) is er vrijwel altijd de technische mogelijkheid om met een beperkte meerinvestering 7 tot 13 cm isolatie aan te brengen. Ook hier geldt natuurlijk de mogelijkheid van een terugvaloptie (hoofdstuk 4.1).

Conclusie:

voor gesloten gevels voldoet een eis aan de  $R_c$  van  $3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$  aan de criteria.

#### **Paneelconstructies:**

Paneelconstructies zijn opgebouwd uit een kozijn met daarin een paneel. Vaak zijn panelen onderdelen van een kozijnconstructie waarin ook ramen en deuren zijn opgenomen. Dit impliceert dat er vaak wat meer beperkingen zijn aan de dikte van de constructie dan bij gesloten gevels. Een isolatiepakket van 4 tot 6 cm (afhankelijk van de lambda-waarde van de isolatie zal bijna altijd mogelijk zijn. Als dit problematisch is kan men gebruik maken van de terugvaloptie (hoofdstuk 4.1). Overigens worden in de systematiek van het Bouwbesluit de eisen voor panelen uitgedrukt in een warmte-doorgangscoefficiënt (U-waarde).

Conclusie:

voor panelen voldoet een eis voor de U-waarde van  $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  aan de criteria.

#### **Ramen**

Bij ramen is de kostenoptimaliteit van de verschillende isolatieniveaus niet rekenkundig vastgesteld, maar er is in eerste instantie gekeken naar de gangbare keuzes die worden gemaakt in de renovatiepraktijk. De gangbare energetische kwaliteit bij raamrenovaties ligt op een vergelijkbaar hoog niveau als bij nieuwbouw. Het zou zeer onwenselijk zijn om eisen voor de bestaande bouw hoger te leggen dan bij nieuwbouw; dus zelfs wanneer de energetische kwaliteit van kostenoptimale ramen nog hoger zou liggen dan het huidige gangbare niveau, dan nog zouden de eisen hier niet op kunnen worden afgestemd. Om deze reden is er in dit onderzoek aangesloten op de huidige praktijk en wordt uitgegaan van de eis voor de U-waarde van  $2 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Uiteraard geldt ook hier de terugvaloptie zoals aangegeven in hoofdstuk 4.1.

Conclusie:

Voor ramen voldoet een eis voor de U-waarde van  $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  aan de criteria. Als voor de nieuwbouw een eis van  $2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$  wordt gehanteerd dan is het logisch deze ook voor ingrijpende renovaties aan te houden.

#### **Begane grondvloeren:**

Bij begane grondvloeren is het uitgangspunt een grondige verbetering van de vloerconstructie. Gedacht moet dan worden aan het herstel van de balklaag bij houten vloeren of vervangen van het vloerbeschoot of het compleet vervangen of nieuw aanbrengen van een vloer. Al deze ingrepen maken het mogelijk om in de vloerconstructie zelf en/of in kruipruimte isolatiemaatregelen aan te brengen waarmee de eis wordt gerealiseerd.

Conclusie:

Voor begane grondvloeren voldoet een eis aan de  $R_c$  van  $3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$  aan de criteria.

## 6 Installaties

### Referentiegebouwberekeningen

Er zijn vier verschillende installatiesystemen waarvoor eisen moeten worden gedefinieerd: ruimteverwarming, airconditioning, tapwaterverwarming en ventilatie. De eisen voor ruimteverwarming, airconditioning en tapwaterverwarming worden geformuleerd aan de hand van eisen aan het systeemrendement. De eisen voor het ventilatiesysteem worden geformuleerd aan de hand van het specifieke ventilatorvermogen van de ventilator van een mechanisch toe- en of afvoersysteem.

Net als bij de schildelen moet ook bij de installaties een ambitieniveau worden aangehouden dat strookt met een kostenoptimaal niveau. Om de kostenoptimaliteit te kunnen beoordelen moeten de kosten en de opbrengsten van de verschillende installatie maatregelen met elkaar worden vergeleken. De opbrengsten – de energiebesparingen die met de maatregelen worden gerealiseerd zijn bepaald aan de hand van berekeningen met referentiegebouwen.

Allereerst zijn voor de verschillende installatiesystemen vraagprofielen gedefinieerd, waarmee besparingsberekeningen zijn uitgevoerd. Hierbij is rekening gehouden met de kenmerken die van invloed zijn op de grootte van de energievraag aan de verschillende installatiesystemen. Zo wordt de warmtapwatervraag in een gebouw onder andere bepaald door de gebruiksfunctie en de gebruiksoppervlakte. De energievraag aan het ventilatiesysteem wordt bepaald door het benodigde luchtdebiet in het gebouw. Dit debiet is afhankelijk van de gebruiksfunctie, de gebruiksoppervlakte en de bezettingsgraadklasse per gebruiksfunctie. Bij de ruimteverwarmings- en airconditioningssystemen wordt de energievraag door diverse kenmerken beïnvloed. De belangrijkste zijn: de gebruiksfunctie, de gebruiksoppervlakte, de compactheid van het gebouw, het percentage glas in de gevel, de isolatiewaarde van de schil, de interne warmtelast en de zonbelasting.

In bijlage C.1 zijn belangrijke parameters vermeld die zijn gebruikt om de bandbreedte van de vraagprofielen vast te stellen. De parameters voor warmtapwater en ventilatie zijn overgenomen uit NEN 7120 (lit...). Het betreft hier door de norm voorgeschreven waarden voor de warmtevraag voor warmtapwater en ventilatiebehoefte per m<sup>2</sup> gbo.

Door het doorrekenen van verschillende gebouwvarianten en het variëren van de kenmerken die van invloed zijn op de grootte van de energievraag, zijn verschillende referentiegebouwen gedefinieerd. Vanwege de zeer grote diversiteit in de voorraad bestaande gebouwen is het niet mogelijk om één gemiddeld gebouw te definiëren. Om die reden is de gebouwvoorraad gevangen binnen een bandbreedte van een reële maximale en minimale energievraag. De referentiegebouwen zijn dusdanig gekozen dat de besparingen door de installatiemaatregelen aan de hand van deze totaal verschillende vraagprofielen aan de installaties kunnen worden bepaald.

Om de spreiding tussen de minimale en maximale vraagprofielen te verkleinen tot beter analyseerbare proporties en meer nuancering mogelijk te maken, zijn voor het verwarming- en airconditioningsysteem de berekende warmtevragen gedeeld door de bijbehorende installatiecapaciteit. De reden hiervoor is dat de kosten van installaties veelal ook een directe relatie hebben met de grootte van de capaciteit ervan, zodat de kosten en baten van maatregelen per capaciteitsgroep kunnen worden vergeleken. Voor warmtapwater en ventilatie zijn de maximale en minimale vraagprofielen bepaald door de energiebehoefte in een groot (40.000 m<sup>2</sup>) en een klein gebouw (800 m<sup>2</sup>) te berekenen. Door het doorrekenen van het grote- en kleine referentiegebouw, waarbij is gevarieerd met de afmetingen van de maatregelen, zijn minimale en maximale energiebesparingskengetallen afgeleid. Deze kengetallen geven de energiebesparing bij een bepaalde grootte van de maatregel weer.

In bijlage C.2 zijn voor ruimteverwarming en airconditioning de minimale en maximale energievragen in MJ/kW vermeld op basis waarvan de besparingsberekeningen voor de maatregelen zijn berekend. In deze bijlage zijn voor warmtapwater en ventilatie naast de minimale en maximale absolute energievraag ook de afgeleide energiebesparingskengetallen voor de maatregelen vermeld, op basis waarvan de uiteindelijke besparingen van de maatregelen zijn bepaald.

## Referentiecases; basis-installaties en maatregelen

### Basis-installaties

De besparingsberekeningen moeten tot uitdrukking brengen hoeveel energie met maatregelen kan worden bespaard, ten opzichte van de normaal gebruikelijke situatie (de huidige situatie waarbij er nog geen componenteisen worden gesteld binnen de bestaande bouw). Bij de schildelen is de normaal gebruikelijke situatie dat men vaak nalaat om isolatie aan te brengen. Vandaar dat bij de basisconstructies wordt uitgegaan van de normaal gebruikelijke energetisch slechte situatie (niet- en matig geïsoleerd). Bij installaties is de normaal gebruikelijke situatie heel anders. Wanneer namelijk componenten in installatiesystemen worden vervangen, worden nieuwe en vrijwel altijd even zuinige of zuiniger componenten geplaatst. De reden hiervoor is dat de ontwikkelingen in die branche voortschrijden en dat energie-onzuinige componenten van de markt verdwijnen en dus niet meer te koop zijn. Voor het berekenen van besparingen voor installatiesystemen moet dus worden uitgegaan van basis-installaties die bestaan uit al redelijk energiezuinige componenten die op dit moment normaal in de praktijk worden toegepast:

- 7 ruimteverwarmingsysteem bestaande uit HR100 ketel(s), een hoog temperatuur afgifte systeem met geïsoleerde leidingen;
- 7 airconditioningsysteem met compressie koelmachine(s);
- 7 warmtapwatersysteem bestaande uit een gasboiler, HR combi-tap, een indirect gestookte boiler aangesloten op een HR100 ketel of (decentrale) elektrische boiler met tappunten binnen 3 meter;
- 7 ventilatiesysteem bestaande uit een centrale mechanisch toevoer- en afvoersysteem voor ventilatie met een capaciteit > 5.000 m<sup>3</sup>/h en ventilatoren met een specifiek ventilatorvermogen SPF lager dan 2,5 W/(dm<sup>3</sup>/s).

## Installatiemaatregelen

Voor elk van deze technische bouwsystemen zijn één of meer energiezuinigere alternatieve installaties (maatregelen) mogelijk. Veelal gaat het dan om het vervangen van de opwekkingsystemen maar waar nodig wordt dit aangevuld met een (beperkte) aanpassing van het afgifte- en distributiesysteem. De volgende installatiemaatregelen worden in beschouwing genomen:

### *Ruimteverwarming*

- 7 warmtepomp op gas;
- 7 warmtepomp op gas in combinatie met een piek HR ketel;
- 7 elektrische warmtepomp;
- 7 elektrische warmtepomp in combinatie met een piek HR ketel;
- 7 elektrische warmtepomp op retourlucht;
- 7 elektrische warmtepomp op retourlucht in combinatie met een piek HR ketel.

### *Airconditioning*

- 7 Warmte Koude Opslag in de bodem.

### *Tapwaterverwarming*

- 7 Zonneboilersysteem.

### *Ventilatie*

- 7 Twincoil warmteterugwinning;
- 7 Specifiek ventilatorvermogen SPF.

## Berekening van de besparingen en de kosten

De energiezuinigheid van installatiemaatregelen komt tot uitdrukking in het systeemrendement. Zoals bij schildelen eisen gesteld worden aan de warmteweerstand (Rc-waarde) van een bouwkundige constructie, gaat de overheid voor de bestaande bouw ook eisen stellen aan het systeemrendement van installaties. Om de besparingen door de installatiemaatregelen te kunnen berekenen zijn de systeemrendementen van alle basis-installaties en die van de verbeterde installaties bepaald.

### **Ruimteverwarming en airconditioning**

De systeemrendementen  $\eta_{sys}$  voor ruimteverwarming en airconditioning worden vastgesteld aan de hand van de formule: 
$$\eta_{sys} = \eta_{gen} \times \eta_{dis} \times \eta_{em} - \sum \text{correcties}$$

Het systeemrendement is het product van het opwekkingsrendement ( $\eta_{gen}$ ), het distributierendement ( $\eta_{dis}$ ) en het afgifterendement ( $\eta_{em}$ ) vermindert met een correctiefactor die corrigeert voor hulpenergie (lit. 3). Voor de correcties voor hulpenergie wordt een vaste waarde aangehouden: voor ruimteverwarming geldt een correctie voor hulpenergie van 2%, voor airconditioning geldt een correctie van 34%.

In bijlage C.3 is aangegeven welke uitgangspunten voor opwekkings-, distributie- en afgifterendement en toeslag voor de elektrische hulpenergie zijn aangehouden, bij de berekening van de verschillende systeemrendementen voor de basis-installaties voor ruimteverwarming en airconditioning. De getalswaarden die voor de verschillende

rendementen in deze bijlage zijn vermeld, zijn overgenomen uit NEN 7120 (lit. 4). Bij de uiteindelijke besparingsberekeningen is uitgegaan van de praktisch realistische systeemrendementen, om al te grote bandbreedtes in uitkomsten te voorkomen en om te vermijden dat onevenredig veel rekening wordt gehouden met academische situaties die in de praktijk (bijna) niet voorkomen of niet horen voor te komen. De volgende systeemrendementen voor de basis-installaties zijn aangehouden:

<i>Systeemrendement</i>	<i>Utiliteitbouw</i>	<i>Woningbouw</i>
ruimteverwarming met HR-100 ketel	0,65 – 0,79	0,71 – 0,96
airconditioning met een comp. koelm.	0,75 – 1,21	0,83

Voor elke verbetermaatregel voor de ruimteverwarmingsinstallatie en de airconditioningsinstallatie is ook een laagste en hoogste systeemrendement bepaald.

Na vaststelling van de systeemrendementen zijn de energiebesparingen berekend. De energiebesparingen per gebruiksfunctie zijn berekend door combinatie van de getallen voor de hoogste en laagste energievraag uit 6.1 en de hoogste en laagste systeemrendementen voor de basis-installaties en maatregelen. Het energiegebruik in een bepaalde situatie is gelijk aan de energievraag gedeeld door het systeemrendement. De besparing is bepaald door het energiegebruik bij een maatregel af te trekken van het energiegebruik bij de bijbehorende basis-installatie. Voor elke maatregel is een lage en een hoge energiebesparing bepaald volgens de volgende formules:

Lage energiebesparing bij een maatregel:  $(E_{laag} / \eta_{sys,hoog,ref}) - (E_{laag} / \eta_{sys,laag,var})$

Waarin:

$E_{laag}$  = lage energievraag per kW (zoals weergegeven in 1ste kolom van bijlage C.2)

$\eta_{sys,hoog,ref}$  = hoogste systeemrendement van de referentievariant (de basis-installatie)

$\eta_{sys,laag,var}$  = laagste systeemrendement van de energiebesparende variant (de maatregel)

Hoge energiebesparing bij een maatregel:  $(E_{hoog} / \eta_{sys,laag,ref}) - (E_{hoog} / \eta_{sys,hoog,var})$

Waarin:

$E_{hoog}$  = hoog energiegebruik per kW (zoals weergegeven in de 2de kolom van bijlage C.2)

$\eta_{sys,laag,ref}$  = laagste systeemrendement van de referentievariant (de basis-installatie)

$\eta_{sys,hoog,var}$  = hoogste systeemrendement van de energiebesparende variant (maatregel)

Met behulp van de lage en de hoge energiebesparing wordt de energiebesparing die een bepaalde maatregel teweegbrengt over de volle breedte van de bestaande bouw zichtbaar gemaakt.

### **Warmtapwater**

Bij het warmtapwatersysteem is het systeemrendement grotendeels afhankelijk van de positie van de tappunten en de grootte van de tapwatervraag. Bij een ingreep in het warmtapwatersysteem zal de positie van de tappunten en de warmtapwatervraag in de meeste gevallen gelijk blijven.

Voor decentrale warmtapwatersysteem (bijvoorbeeld close-in boilers) zijn geen rendabele energiezuinige alternatieven beschikbaar. Als de tappunten verspreid door het gebouw liggen en de tapvraag relatief gering is, dan is aansluiten op een centraal warmwatersysteem, ondanks een mogelijk hoger opwekkingrendement, als maatregel energetisch en financieel niet rendabel.

Voor centrale warmtapwatersystemen met een aanzienlijk warmtapwaterbehoefte zijn wel verschillende energiebesparende maatregelen mogelijk. Te denken valt daarbij aan warmtepompboilers en douche wtw. Het toepassingsgebied van deze maatregelen is echter hoofdzakelijk beperkt tot de woningbouw. Omdat deze maatregelen bij het merendeel van de utiliteitsbouw niet toegepast kunnen worden zijn ze in dit onderzoek verder buiten beschouwing gelaten. Een zonneboilersysteem is wel een maatregel die bij de meerderheid van de grotere warmtapwatersystemen kan worden toegepast. Het aanbrengen van een zonneboiler is daarom wel in beschouwing genomen.

Voor drie relevante gebruiksfuncties (kantoorfunctie, logiesfunctie en gezondheidszorgfunctie met bedgebied) en voor twee uiterste gebouwgroottes (klein 800 m<sup>2</sup> gbo en groot 40.000 m<sup>2</sup> gbo) zijn de besparingen per m<sup>2</sup> collectoroppervlak berekend. Uitgangspunt is een systeemrendement voor tapwaterverwarming van 0,33 conform de basis-installatie. In bijlage C.2 zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven. De energiebesparing door het plaatsen van een zonneboilersysteem is berekend door de hoogste en laagste energiebesparing per m<sup>2</sup> collectoroppervlak te vermenigvuldigen met een aan te brengen collectoroppervlak.

In tegenstelling tot de situatie bij ruimteverwarming en airconditioning is het voor de berekening van de besparingen door een zonneboiler bij warmtapwater niet nodig om het systeemrendement te bepalen. Om echter ook eisen te kunnen stellen aan warmtapwatersystemen is ook het systeemrendement van de tapwaterinstallatie bepaald voor de situatie dat de energiemaatregel (de zonneboiler) aanwezig is. De berekening van het systeemrendement van de situatie met zonneboiler gaat als volgt:

Aangezien er bij het toevoegen van een zonneboiler aan het warmtapwatersysteem geen componenten van de installatie zelf worden vervangen, blijft het systeemrendement gelijk. De zonneboiler levert echter wel een energiebesparing op. Deze besparing kan tot uitdrukking worden gebracht in een fictief systeemrendement. Het nieuwe fictieve systeemrendement van de situatie met zonneboiler is hoger dan het systeemrendement van de basis-installatie, aangezien voor het verwarmen van dezelfde hoeveelheid warmwater minder energie wordt gebruikt. Dit fictieve rendement kan vervolgens worden getoetst aan de eisen, zodat kan worden vastgesteld of met een zonneboiler aan de eisen wordt voldaan.



Het fictieve systeemrendement is gelijk aan het energiegebruik in de situatie met de zonneboiler, gedeeld door de netto warmtebehoefte voor warmtapwaterverwarming. In formulevorm:

Fictieve systeemrendement energiebesparende zonneboiler:

$$\eta_{sys,tap,zb,fictief} = (Q_{tapv,zb} / (Q_{tap} * \eta_{sys,tap,basis-installatie}))$$

Waarin:

$\eta_{sys,tap,zb,fictief}$  = fictief systeemrendement in de situatie met zonneboiler (-)

$Q_{tapv,zb}$  = de energievraag voor het verwarmen tapwater inclusief systeemverliezen bij de situatie met de zonneboiler

$Q_{tap}$  = de energievraag voor verwarmen tapwater inclusief systeemverliezen (in MJ; zoals weergegeven in bijlage C.2)

$\eta_{sys,tap,basis-installatie}$  = het systeemrendement van de basis-installatie (0,33)

### Ventilatiesystemen

Overeenkomstig de EPBD zal een eis worden gesteld aan het ventilatiesysteem bij het wezenlijk veranderen of verbeteren van een ventilatiesysteem. Bij ventilatie wordt energie gebruikt voor het transporteren van de ventilatielucht door ventilatoren. Hoe zuiniger de ventilator, des te lager is het energiegebruik voor luchttransport. Naast het energiegebruik voor ventilatoren leidt ventilatie in zichzelf natuurlijk ook tot energieverlies dat moet worden gecompenseerd met ruimteverwarming. Dit energieverlies door ventilatie kan worden verminderd door het terugwinnen van warmte uit de afgevoerde ventilatielucht. Om die reden is de maatregel warmteterugwinning (WTW) ook in beschouwing genomen.

In tegenstelling tot ruimteverwarming, airconditioning en warmtapwater bestaat er geen definitie voor het systeemrendement van ventilatiesystemen. Daarom is onderzocht of er eisen gesteld kunnen worden aan ventilatoren en aan het rendement van warmteterugwinning in een ventilatiesysteem, als meest bepalende onderdelen van een ventilatiesysteem.

### Ventilatoren

Het energiegebruik door ventilatoren is zowel afhankelijk van de hoeveelheid lucht die moet worden verplaatst als van het specifieke ventilatorvermogen (SFP) in W/(dm<sup>3</sup>/s) van de ventilatoren. De SFP is een maat voor de energiezuinigheid van een ventilator. Een voor de handliggende maatregel waarmee energie kan worden bespaard is het vervangen van een ventilator door een exemplaar met een lagere SFP-waarde. Veelal zullen oudere ventilatoren worden vervangen bij een ingreep aan het systeem of bij een defect. Vanwege het ontbreken van een definitie voor systeemrendementen van ventilatiesystemen (lit. 3) is er voor gekozen eisen te stellen aan de ventilatoren, uitgedrukt in een bepaalde SFP. Een dergelijke eis aan de SFP zal ook van toepassing zijn op situaties waarin weliswaar het ventilatiesysteem wordt veranderd of verbeterd, maar waarbij er technisch geen reden bestaat om de ventilator te vervangen. Wetend dat het vaak niet rendabel is om goed functionerende ventilator te vervangen door een energiezuiniger variant, moet de verplichting tot het vervangen van een ventilator door een energiezuiniger exemplaar financieel realistisch zijn. Uit ervaring in de renovatiepraktijk is bekend dat de SFP-waarde van ventilatoren van voor het jaar 1990 meestal

hoger ligt dan  $2,5 \text{ W}/(\text{dm}^3/\text{s})$  en dat door vervanging ervan door een modern exemplaar, substantieel kan worden bespaard op het stroomverbruik. Daarnaast is de nog resterende economische waarde van ventilatoren van voor 1990 zeer gering. Wanneer de SFP-waarde van een ventilator hoger ligt dan  $2,5 \text{ W}/(\text{dm}^3/\text{s})$ , mag worden verondersteld dat de te realiseren energiebesparing opweegt tegen het economische verlies doordat een nog werkende, maar sterk verouderde ventilator wordt vervangen. Op basis van deze beschouwing van de baten en de kosten is een eis voor de SFP-waarde geformuleerd van maximaal  $2,5 \text{ W}/(\text{dm}^3/\text{s})$ .

#### Warmteterugwinning

De energiebesparingen door de aanwezigheid van een wtw-unit zijn berekend aan de hand van een klein en een groot referentiegebouw. Het kleine gebouw heeft  $480 \text{ m}^2$  gbo en het grote  $15.600 \text{ m}^2$  gbo. Bij deze berekeningen is ook gevarieerd met een hoog en een laag systeemrendement voor ruimteverwarming (respectievelijk  $0,75$  (HR-100 ketel) en  $2,0$  (elektrische warmtepomp op retourlucht)). Voor de basis-installatie is gerekend zonder warmteterugwinning, dus met een terugwinrendement van  $\eta_{wtw} = 0,0$ . Voor de berekeningen voor de situatie waarin wel wtw aanwezig is, is uitgegaan van het aanbrengen van een twin-coil systeem met een terugwinrendement van  $\eta_{wtw} = 0,6$ . De besparingen zijn uitgedrukt in de bespaarde hoeveelheid aardgas per ventilatie-eenheid ( $\text{m}^3/\text{h}$ ). In bijlage C.2 zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven. De energiebesparing door het plaatsen van warmteterugwinning in een bestaand systeem, is berekend door de hoogste en laagste gasbesparing per ventilatie-eenheid te vermenigvuldigen met de aanwezige ventilatiehoeveelheid in de doorgerekende gebouwen.

#### **Vaststellen van kosten van installatiemaatregelen**

Van de basis-installaties en de verschillende energiebesparende maatregelen zijn de investeringskosten bepaald. Hierbij is net als bij de besparingsberekeningen onderscheid gemaakt naar de capaciteit van de installaties en naar gebruiksfuncties. De gehanteerde aanpak en de uitgangspunten voor de bepaling van de kosten van de installatiemaatregelen zijn weergegeven in bijlage C.4.

Alle berekeningsuitkomsten van de basis-installaties en de installatiemaatregelen zijn ondergebracht in tabellen met investeringkosten en besparingen in  $\text{m}^3$  gas per maatregelvariant. De betreffende tabellen zijn weergegeven in bijlage C.5. Deze gegevens zijn gebruikt als input voor de financiële berekeningen.

## **Praktische haalbaarheid van de maatregelen**

#### **Levensduur van installatiecomponenten**

Bij het stellen van systeemeisen aan installaties dient rekening te worden gehouden met de levensduur van de verschillende installatiecomponenten. In de meeste gevallen heeft het afgifte en distributiesysteem van een installatie een beduidend langere levensduur dan de opwekking. Het is dan ook gebruikelijk dat bij een installatie aanpassing wel de opwekking wordt vervangen, maar niet het distributie of afgiftesysteem. Bij het vaststellen van de systeemeisen is dan ook in eerste instantie rekening gehouden met het feit dat alleen het opwekkingsysteem wordt vervangen.

Aanvullend is gekeken of er zwaardere eisen mogelijk zijn indien ook het distributie en afgiftesysteem wordt vervangen.

### **Ruimteverwarmingsysteem**

Bij het ruimteverwarmingsysteem is vanuit het oogpunt van praktische haalbaarheid en de daarbij horende kosten effectiviteit van mogelijke verbetermaatregelen onderscheid gemaakt tussen twee situaties:

#### **7 Situatie 1A.**

Bij het enkel vervangen van de warmteopwekker dient er rekening mee te worden gehouden dat in bestaande gebouwen de ruimteverwarmingsinstallatie in veel gevallen is uitgerekend op hoog- of midden temperatuur. Dit betekent dat een aantal warmteopwekkers (zoals een warmtepomp) zonder aanpassing van het afgifte- en distributiesysteem, niet kan worden toegepast. Het aanpassen en geschikt maken van de installatie voor een laag temperatuursysteem is echter kostbaar. Dit wordt niet terugverdiend met de behaalde besparing op energiekosten.

#### **7 Situatie 1B.**

Hier wordt het volledige ruimteverwarmingsysteem, dus warmteopwekker en distributie- en afgiftesysteem vervangen. Daarnaast is er sprake van een opgesteld verwarmingsvermogen van minimaal 130 kWth. Bij de complete vervanging van het ruimteverwarmingsysteem, zullen de meerkosten voor de aanpassing naar een laag temperatuursysteem gering zijn. Bij grotere systemen en bij een aantal gebruiksfuncties zijn daarmee wel kosteneffectieve maatregelen voor warmteopwekkers voor lage temperatuursystemen mogelijk.

### **Airconditioningsysteem**

Bij het airconditioningsysteem is in eerste instantie onderscheid gemaakt tussen twee situaties:

#### **7 Situatie 3A.**

Het betreft hier de situatie waarin alleen de koudeopwekker wordt vervangen. Als referentie voor de financiële beoordeling van maatregelen is in de basis-installatie een compressiekoelmachine aangehouden die het airconditioningsysteem van koude voorziet.

#### **7 Situatie 3B.**

Hier is sprake van de vervanging van het complete airconditioningsysteem én het volledige ruimteverwarmingsysteem. In deze situatie is het eventueel mogelijk om het airconditioning- en ruimteverwarmingsysteem zodanig uit te voeren, dat een warmte/koude-opslagsysteem met vrije koeling in een aantal gevallen technisch mogelijk wordt. De kosteneffectiviteit en de toepasbaarheid van een dergelijk systeem is echter niet voldoende. Optie 3B is dan ook komen te vervallen vanuit financieel en technisch oogpunt.

## Warmtapwatersysteem

Bij het warmtapwatersysteem is vanwege de praktische haalbaarheid en mogelijke kosteneffectiviteit van verbetermaatregelen onderscheid gemaakt tussen twee situaties, die vooral onderscheidend zijn in de omvang van het systeem en in afstand van de tappunten tot het opwekkingsstelsel:

### 7 Situatie 2A.

Uitgangspunt voor deze situatie is dat het opgesteld vermogen voor de warmteopwekker voor warmtapwater groter is dan 15kWth en/of in geval van een warmwaterboiler, de inhoud daarvan groter is dan 150 liter. Uitgangspunt is een warmtapwatersysteem met een en centraal geplaatste warmteopwekker en een distributiesysteem met redelijke omvang en tapgebruik. Voor systemen van een dergelijke omvang is een uitgebreider distributiesysteem gangbaar, waarbij de tappunten veelal op meer dan 3 meter van de warmteopwekker liggen. Vanwege de omvang van dergelijke systemen zijn ze vaak voorzien van een (in)direct gasgestookte warmteopwekker. In de basis-installatie voor de financiële beoordeling van de maatregelen is een dergelijke opwekker als referentie aangehouden. Naast verbeteringsmogelijkheden voor de warmteopwekker biedt de grootte van de energiebehoefte van dergelijke systemen ook mogelijkheden om op kosteneffectieve wijze energiebesparende maatregelen te treffen, bijvoorbeeld door het plaatsen van een zonneboilersysteem.

### 7 Situatie 2B.

Bij situatie 2B is het uitgangspunt dat verspreid door het gebouw op beperkte schaal warmtapwater is benodigd. In dat geval is het efficiënter om in het gebouw verschillende decentrale warmtapwateropwekkers aan te brengen, dan alle tappunten aan te sluiten op een groot centraal systeem. Een elektrische (close-in) boiler is dan een goed alternatief, mits de tappunten binnen 3 meter van de opwekker geplaatst kunnen worden. Vanwege de beperkte tapwaterbehoefte van deze situatie zijn er geen kosteneffectieve verbetermaatregelen mogelijk.

## Grote ventilatiesystemen

Bij ventilatiesystemen hangt de praktisch haalbaarheid en kosteneffectiviteit van mogelijke maatregelen sterk samen met de grootte van de ventilatiecapaciteit. Bij ventilatiesystemen met een ventilatiecapaciteit van meer dan 5.000 m<sup>3</sup>/h zijn mogelijk een aantal verbetermaatregelen kosteneffectief. Binnen deze categorie van grote ventilatiesystemen wordt onderscheid gemaakt tussen twee situaties:

### 7 Situatie 4A.

Uitgangspunt is de aanwezigheid van een centraal mechanisch toevoersysteem én een centraal mechanisch afvoersysteem, met beiden een ventilatiecapaciteit van meer dan 5.000 m<sup>3</sup>/h. In deze situatie is het technisch mogelijk en in veel gevallen kostentechnisch interessant om warmterugwinning toe te passen.

### 7 Situatie 4B.

Hier wordt er van uitgegaan dat er een centraal mechanisch toevoersysteem of afzuigsysteem aanwezig is met een ventilatiecapaciteit van 5.000 m<sup>3</sup>/h. In deze situatie is het niet mogelijk om warmterugwinning toe te passen. Wel is het vaak mogelijk om het specifiek ventilatorvermogen (SFP) te verbeteren.

## Resultaten van de analyse en conclusies

In deze paragraaf worden voor de verschillende installatiefuncties (ruimteverwarming, tapwaterverwarming, airconditioning en ventilatie) haalbare systeemrendementen gepresenteerd voor de in hoofdstuk 6.4 aangegeven situaties en onderscheiden naar de verschillende gebruiksfuncties. Deze rendementen vloeien voort uit de financiële analyses en de praktische mogelijkheden (bijlage C en D). Voor elk van de vier installatiefuncties wordt dan aangegeven hoe deze resultaten verder vereenvoudigd kunnen worden tot generiek toepasbare eisen voor de bestaande bouw en met welke ingrepen verondersteld mag worden dat in de praktijk aan deze eisen kan worden voldaan. Deze vereenvoudiging is ingegeven door de noodzaak om complexe regelgeving met veel differentiatie te voorkomen en daarmee de transparantie en handhaving te dienen (zie hoofdstuk 3.1)

### Ruimteverwarmingsysteem

Voor ruimteverwarming zijn de volgende uitgangssituaties in beschouwing genomen:

- 7 Situatie 1A. alleen de warmteopwekker wordt vervangen
- 7 Situatie 1B. het volledige ruimteverwarmingsysteem (opwekker en distributie- en afgiftesysteem) wordt vervangen. Daarnaast is het opgesteld vermogen van het systeem > 130 kWth.

Nadere analyse van deze situaties leidt tot praktische en financieel haalbare systeemrendementen zoals aangegeven in de ondertaande twee tabellen.

#### 1A. Haalbare systeemrendementen bij het vervangen van de **warmteopwekker**

Cluster gebruiksfuncties	Systeemrendement
Kantoorfunctie	0,65
Bijeenkomstfunctie, overig	0,65
Bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	0,65
Logiesfunctie, zijnde een logiesgebouw	0,65
Onderwijsfunctie	0,65
Sportfunctie, anders dan matig verwarmd	0,65
Sportfunctie, matig verwarmd	0,65
Winkelfunctie	0,65
Gezondheidsfunctie met bedgebied	0,65
Gezondheidsfunctie overig	0,65
Celfunctie	0,65
Woonfunctie	0,71

**1B. Haalbare systeemrendementen bij het vervangen van het volledige ruimteverwarmingsysteem bij systemen met een opgesteld vermogen van meer dan 130 kWth**

Cluster gebruiksfuncties	Systeemrendement
Kantoorfunctie	0,65
Bijeenkomstfunctie, overig	0,65
Bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	1,41
Logiesfunctie, zijnde een logiesgebouw	0,65
Onderwijsfunctie	1,41
Sportfunctie, anders dan matig verwarmd	0,65
Sportfunctie, matig verwarmd	0,65
Winkelfunctie	0,65
Gezondheidsfunctie met bedgebied	1,41
Gezondheidsfunctie overig	0,65
Celfunctie	1,41
Woonfunctie	0,71

**Conclusie ruimteverwarmingsysteem:**

*Voor het overgrote deel van de utiliteitsbouw geldt dat een eis aan het systeemrendement van 0,65 realistisch is. Bij vier gebruiksfuncties zou in geval van volledige vervanging van het systeem een zwaardere eis kunnen worden gesteld. Dit zou echter de regelgeving sterk compliceren omdat moet worden onderscheiden naar gebruiksfunctie en aard van de ingreep. Om deze reden is er voor gekozen om voor de utiliteitsbouw een eis van 0,65 aan te houden. Voor de woningbouw blijkt een eis voor het systeemrendement van 0,71 reëel te zijn.*

Praktische invulling:

*Aangenomen mag worden dat het betreffend systeemrendement wordt behaald bij het toepassen van een hoogrendement ketel, een hoog temperatuur afgifte systeem met geïsoleerde leidingen.*

**Airconditioningsysteem**

Voor airconditioning is de volgende uitgangssituatie in beschouwing genomen:

7 de koude opwekker wordt vervangen.

Nadere analyse leidt tot praktische en financieel haalbare systeemrendementen als aangegeven in de onderstaande tabel.

### 3. Haalbare systeemrendementen bij vervangen van de **koude opwekking**

Cluster gebruiksfuncties	Systeemrendement
Kantoorfunctie	0,75
Bijeenkomstfunctie, overig	0,75
Bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	0,75
Logiesfunctie, zijnde een logiesgebouw	0,75
Onderwijsfunctie	0,75
Sportfunctie, anders dan matig verwarmd	0,75
Sportfunctie, matig verwarmd	0,75
Winkelfunctie	0,75
Gezondheidsfunctie met bedgebied	0,75
Gezondheidsfunctie overig	0,75
Celfunctie	0,75
Woonfunctie	0,83

#### **Conclusie airconditioningsysteem:**

*Voor de utiliteitsbouw is een systeemeis ter grootte van 0,75 haalbaar. Voor de woningbouw zou de eis op 0,83 kunnen worden gesteld, maar vanwege het feit dat airconditioning bij renovatie in de woningbouw zelden of nooit aan de orde is, is er, omwille van de eenvoud van de regelgeving, voor gekozen om ook voor de woningbouw de waarde 0,75 te hanteren.*

#### Praktische invulling:

*Aangenomen mag worden dat het betreffend systeemrendement wordt behaald bij het toepassen van een compressiekoelmachine.*

#### **Warmtapwatersysteem**

Voor tapwaterverwarming zijn de volgende uitgangssituaties in beschouwing genomen:

- 7** Situatie 2A. opgesteld vermogen van de opwekker > 15kWth en/of inhoud warmwaterboiler > 150 liter
  - 7** Situatie 2B. opwekkers verspreid door het gebouw en beperkte warmtapwatervraag
- Nadere analyse van deze situaties leidt tot praktische en financieel haalbare systeemrendementen zoals aangegeven in de ondertaande twee tabellen.

**2A. Haalbare systeemrendementen bij het vervangen van de *warmtapwateropwekker bij een vermogen van > 15 kWth en/of boilerinhoud van > 150 liter***

Cluster gebruiksfuncties	Systeemrendement
Kantoorfunctie	0,33
Bijeenkomstfunctie, overig	0,33
Bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	0,33
Logiesfunctie, zijnde een logiesgebouw	0,33
Onderwijsfunctie	0,33
Sportfunctie, anders dan matig verwarmd	0,33
Sportfunctie, matig verwarmd	0,33
Winkelfunctie	0,33
Gezondheidsfunctie met bedgebied	0,33
Gezondheidsfunctie overig	0,33
Celfunctie	0,33
Woonfunctie	0,33

**2B. Haalbare systeemrendementen bij vervanging van warmtapwateropwekkers verspreid door het gebouw met een beperkte warmtapwatervraag**

Cluster gebruiksfuncties	Systeemrendement
Kantoorfunctie	0,29
Bijeenkomstfunctie, overig	0,29
Bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	0,29
Logiesfunctie, zijnde een logiesgebouw	0,29
Onderwijsfunctie	0,29
Sportfunctie, anders dan matig verwarmd	0,29
Sportfunctie, matig verwarmd	0,29
Winkelfunctie	0,29
Gezondheidsfunctie met bedgebied	0,29
Gezondheidsfunctie overig	0,29
Celfunctie	0,29
Woonfunctie	0,29

**Conclusie warmtapwatersysteem:**

*Op basis van de resultaten lijkt een dubbele eis voor het systeemrendement voor het warmtapwatersysteem van 0,33 en 0,29 voor de hand te liggen. Dan zou in de regelgeving onderscheid moeten worden gemaakt naar de aard van de installatie. Dit is regelgevingstechnisch niet goed mogelijk. Om deze reden is gekozen voor één eis en dat is dan logischerwijs de laagste waarde namelijk 0,29.*

**Praktische invulling**

*Aangenomen mag worden dat het betreffend systeemrendement wordt behaald bij het toepassen van een gasboiler of HR combi, of een indirect gestookte boiler of bij het toepassen van een decentrale (elektrische) boiler met de tappunten binnen 3 meter.*



### Grote ventilatiesystemen

Voor ventilatiesystemen zijn de volgende twee uitgangssituatie in beschouwing genomen:

- 7 Situatie 4A. er is een centraal mechanisch toevoersysteem > 5.000 m<sup>3</sup>/h aanwezig én er is een centraal mechanisch afvoersysteem > 5.000 m<sup>3</sup>/h aanwezig.
- 7 Situatie 4B. er is een centraal mechanisch toevoersysteem > 5.000 m<sup>3</sup>/h aanwezig of er is een centraal mechanisch afvoersysteem > 5.000 m<sup>3</sup>/h aanwezig.

Nadere analyse van deze situaties leidt tot praktische en financieel haalbare rendementen voor WTW uit retourlucht en voor ventilatoren uitgedrukt in de SFP. De waarden zijn aangegeven in de onderstaande twee tabellen.

#### 4a. Eisen warmteterugwinning bij mechanisch toe- en afvoersysteem > 5.000 m<sup>3</sup>/h

Cluster gebruiksfuncties	Rendement van wtw op retourlucht
Kantoorfunctie	- *
Bijeenkomstfunctie, overig	- *
Bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	- *
Logiesfunctie, zijnde een logiesgebouw	- *
Onderwijsfunctie	- *
Sportfunctie, anders dan matig verwarmd	- *
Sportfunctie, matig verwarmd	- *
Winkelfunctie	- *
Gezondheidsfunctie met bedgebied	0,6
Gezondheidsfunctie overig	- *
Celfunctie	0,6
Woonfunctie	- *

\*) Hier is geen waarde aangegeven omdat (volgens de financiële berekening) er een redelijk aantal situaties in de bestaande bouw zijn waar een wtw op retourlucht niet rendabel blijkt.

#### 4b. Eisen maximale SFP bij mechanisch toe- of afvoersysteem > 5.000 m<sup>3</sup>/h

Cluster gebruiksfuncties	SFP (in W/(dm <sup>3</sup> /s))
Kantoorfunctie	2,5
Bijeenkomstfunctie, overig	2,5
Bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	2,5
Logiesfunctie, zijnde een logiesgebouw	2,5
Onderwijsfunctie	2,5
Sportfunctie, anders dan matig verwarmd	2,5
Sportfunctie, matig verwarmd	2,5
Winkelfunctie	2,5
Gezondheidsfunctie met bedgebied	2,5
Gezondheidsfunctie overig	2,5
Celfunctie	2,5
Woonfunctie	2,5

**Conclusie grote ventilatiesystemen:**

*Uit de rentabiliteitsberekeningen blijkt dat WTW op retourlucht in de bestaande bouw slechts zelden rendabel is. Daarom is er voor gekozen om bij ventilatiesystemen alleen een eis te stellen aan de ventilatoren. Het betreft een eis aan het specifieke ventilatorvermogen ofwel SFP (specific fan power). De eis is een maximale waarde van 2,5.*

*Praktische invulling:*

*Aangenomen mag worden dat deze eis wordt behaald bij de toepassing van nieuwe wisselstroom ventilatoren en gelijkstroom ventilatoren.*

**Gecombineerde systemen**

Er worden geen eisen gesteld aan gecombineerde systemen, anders dan de afzonderlijke systeemeisen zoals hierboven vastgelegd.

## 7 Impact regelgeving op nationaal niveau

### Inleiding

De gedefinieerde opties tot het stellen van eisen voor bestaande woningbouw en utiliteitsbouw zijn kwantitatief beschouwd met betrekking tot de impact van de eisen op nationaal niveau. De volgende aspecten zijn hierbij gekwantificeerd voor de periode 2012-2020:

- 7 De gerealiseerde besparing in PJ;
- 7 De gerealiseerde CO<sub>2</sub>-reductie;
- 7 De besparing in energiekosten;
- 7 Omzet voor de bouwnijverheid (investeringskosten maatregelen) in relatie tot werkgelegenheid (directe omzet uit arbeid).

De analyse is uitgevoerd met behulp van het E-BeST model van BuildDesk (2006). Met dit model kunnen energetische ingrepen in de bestaande bouw worden door-gerekend gekoppeld aan onderhoudscycli. Daarbij worden, naast cijfermatige inputgegevens uit literatuur met betrekking tot de gebouwvoorraad, op basis van expert judgement ook zachte factoren als de bereidheid van de markt meegewogen. Voor bepaalde scenario's van ingrepen wordt per sector en nationaal het primaire energie-gebruik en de CO<sub>2</sub>-reductie bepaald evenals de investeringen en de besparing in euro's. Een uitgebreide toelichting op het model en de berekeningen is opgenomen in bijlage E onder verwijzing naar het rapport "Energiebesparing in de bestaande bouw, een verkenning van potenties" (CEA/EBM-consult; 2006), op basis waarvan het E-BeST model is ontwikkeld.

### Scenario's

De effecten van verschillende variabelen met betrekking tot de bereidheid in de markt tot investering in energiebesparende maatregelen om aan de eisenniveaus te voldoen en de effecten van verschillend handhavingsbeleid worden met behulp van het model beschouwd aan de hand van een aantal scenario's:

Als 'plausibel scenario' is uitgegaan van een middelmatig niveau van effectiviteit van de handhaving. Dat wil zeggen dat de handhaving zodanig is dat in 50% van de ingrijpende renovaties en ingrepen in de technische bouwsystemen de eisen worden gerealiseerd. Daarnaast is er van uit gegaan dat de markt er in 25% van de situaties voor kiest om ingrijpende renovatie zodanig te faseren in de tijd dat de renovatie niet valt onder de definitie van ingrijpende renovatie en er derhalve niet aan de eisen hoeft te worden voldaan.

#### 'Best case'

- 7 Scenario 1: de bereidheid in de markt is hoog, waardoor optimaal aan de regelgeving wordt voldaan en er geen sprake is van gefaseerde uitvoering in de tijd, die er toe leidt dat de renovatie niet valt onder de 25% definitie van ingrijpende renovatie. Tevens is er een optimale handhaving. Dat wil zeggen dat alle ingrijpende renovaties en alle verbeteringen aan installaties ook voldoen aan de gestelde eisen door een zeer effectieve handhaving (100% resultaat).

#### ***'Plausibele combinatie-effecten'***

- 7** Scenario 2: de bereidheid in de markt is laag, waardoor in 50% van de situaties sprake is van gefaseerde uitvoering waarmee de regelgeving niet aan de orde komt. De effectiviteit van de handhaving is in dit scenario zo aangenomen dat in 75% van de vergunningaanvragen en meldingen aan de regelgeving wordt voldaan.
- 7** Scenario 3: de bereidheid in de markt is redelijk, waardoor sprake is van 25% gefaseerde uitvoering waarop de regelgeving niet van kracht is. De effectiviteit van de handhaving leidt er toe dat in 50% van de gevallen de eisen worden gerealiseerd.
- 7** Scenario 4: de bereidheid in de markt is goed, waardoor sprake is van 10% gefaseerde uitvoering waarop de regelgeving niet van kracht is. De effectiviteit van de handhaving leidt er toe dat in 30% van de gevallen de eisen worden gerealiseerd.

#### ***'Worst case'***

- 7** Scenario 5: de bereidheid in de markt is laag, waardoor sprake is van 50% gefaseerde uitvoering waarop de regelgeving niet van kracht is. De effectiviteit van de handhaving leidt hier er toe dat in 25% van de gevallen de eisen worden gerealiseerd.

De uitkomsten van scenario 1, 3 en 5 ("hoog/middel/laag effect") worden hierna beknopt gepresenteerd. Voor de volledige resultaten van de 5 scenarioanalyses wordt verwezen naar bijlage E.

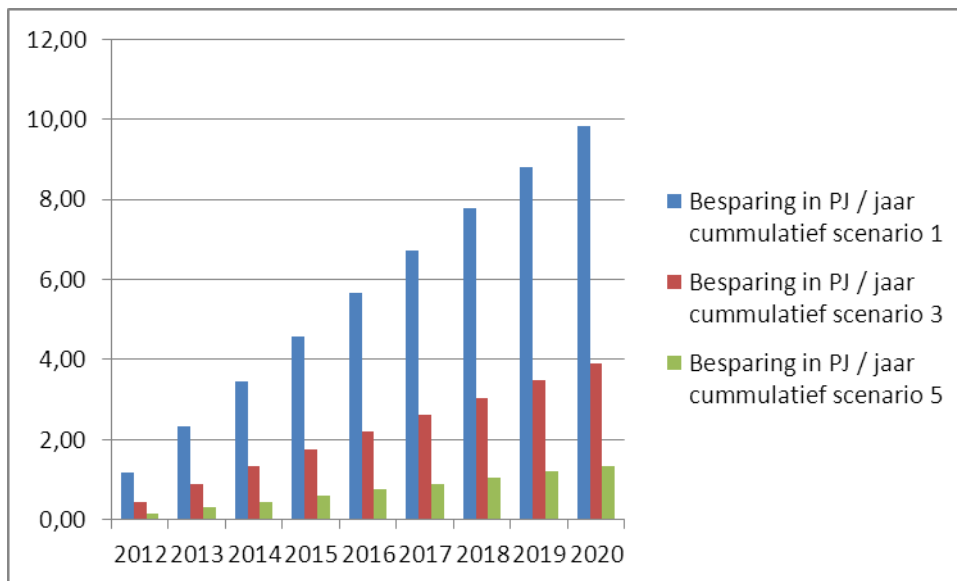
## **Vergelijking impact scenario 1, 3 en 5**

### ***Woningbouw***

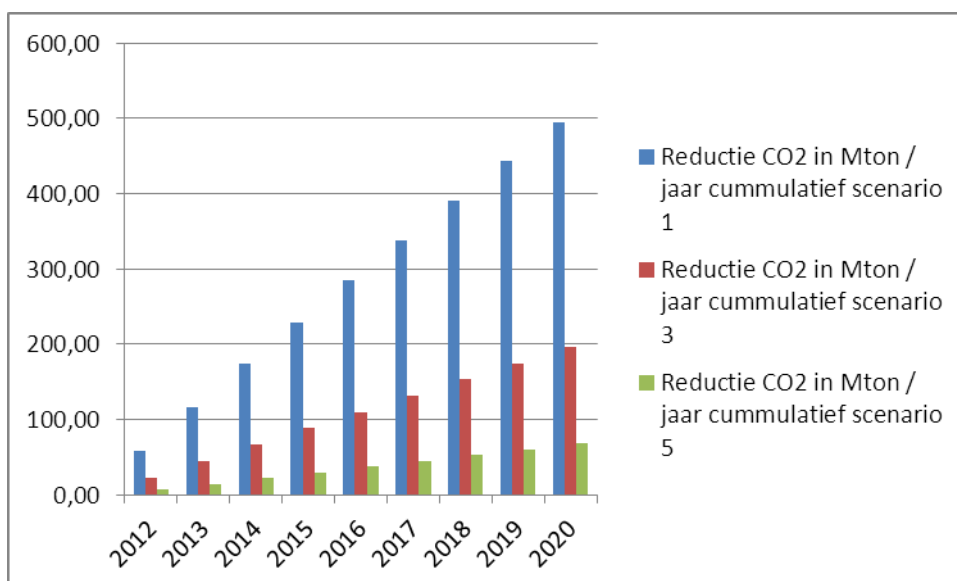
Voor de woningbouw laten de geanalyseerde scenario's zien dat verwacht mag worden dat over de periode tot 2020 tussen de 1,34 en 9,83 PJ bespaard zal worden, afhankelijk van de gekozen intensiteit van handhaving en de bereidheid in de markt tot investering in energiebesparende maatregelen bij renovaties. Bij deze besparingen hoort een bandbreedte van CO<sub>2</sub>-reductie tussen de 68 en 495 Mton in 2020 en een energie-kostenbesparing van tussen de 23,7 en 173,2 Miljoen Euro in totaal.

Uit de scenario's komt voort dat de omzet voor de bouwnijverheid (op basis van investeringskosten) over dezelfde periode toeneemt met een bandbreedte van tussen de 141,7 en 1.083,1 miljoen Euro, wat resulteert in directe effecten op de werkgelegenheid kwantitatief beschouwd tussen de 649,8 en 85 miljoen Euro.

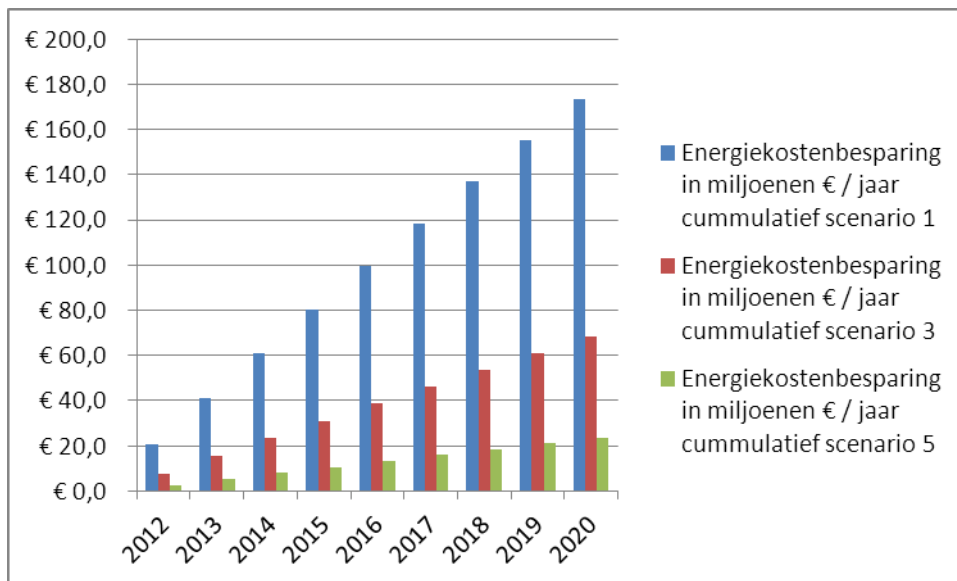
Het 'middenscenario' dat wellicht als het meest plausibel beschouwd kan worden, gaat uit van 3,89 PJ besparing, 196 Mton CO<sub>2</sub>-reductie en 68,6 miljoen Euro energiekostenbesparing in totaal over de periode tot 2020 (gemiddeld per jaar 0,44 PJ besparing en 22 Mton CO<sub>2</sub>-reductie). De omzet voor de bouwnijverheid neemt hierbij toe met 419,6 miljoen Euro, met een direct effect op de werkgelegenheid van 251,8 miljoen Euro totaal over de periode tot 2020. Dit betekent een directe toename van de werkgelegenheid met gemiddeld 28,5 miljoen Euro per jaar.



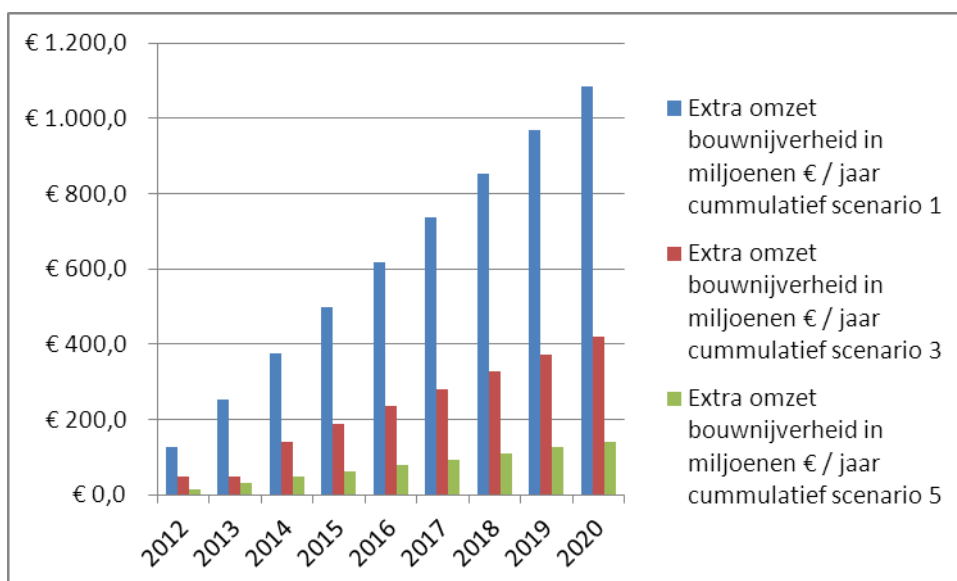
Figuur 1: de besparing in PJ/jaar voor woningbouw



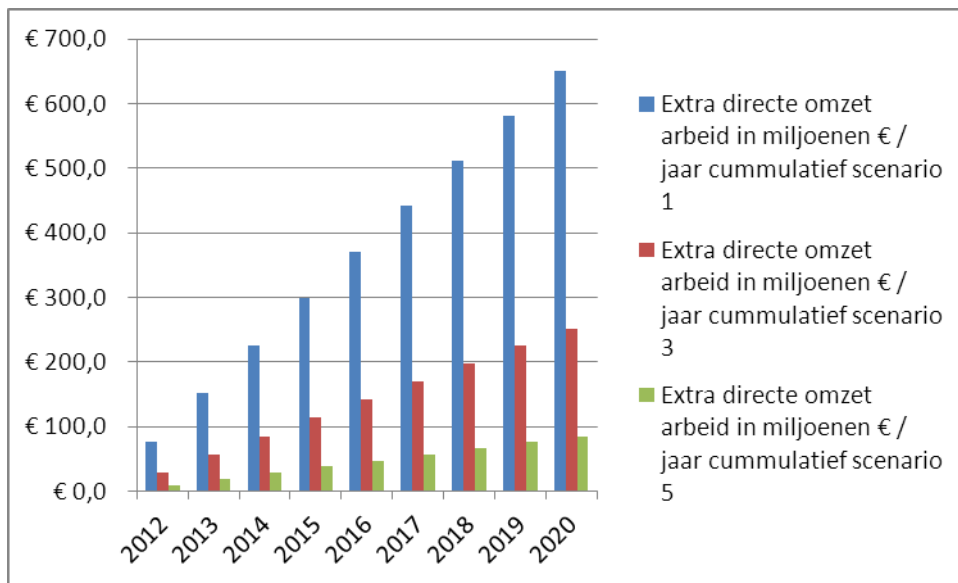
Figuur 2: de CO<sub>2</sub>-reductie in Mton per jaar voor woningbouw



Figuur 3: de energiekostenbesparing voor woningbouw



Figuur 4: de extra omzet voor de bouwnijverheid (investeringskosten) voor woningbouw



Figuur 5: de directe extra omzet uit arbeid in relatie tot de totale omzet voor de bouwnijverheid (werkgelegenheid) voor woningbouw

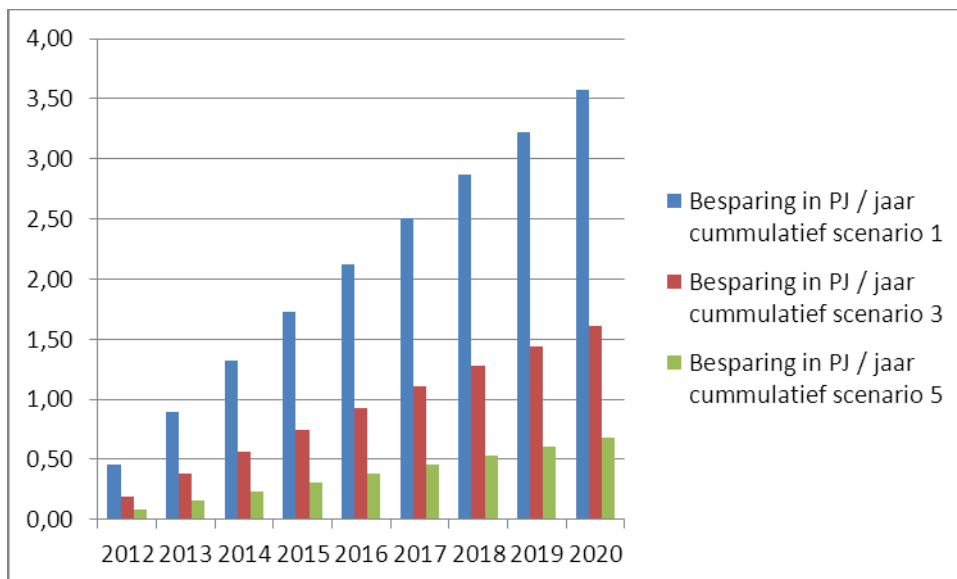
### Utiliteit

Voor de utiliteitsbouw laten de geanalyseerde scenario's zien dat verwacht mag worden dat over de periode tot 2020 tussen de 0,68 en 3,57 PJ bespaard zal worden, wederom afhankelijk van de gekozen intensiteit van handhaving en de bereidheid in de markt tot investering in energiebesparende maatregelen bij renovaties. Bij deze besparingen hoort een bandbreedte van CO<sub>2</sub>-reductie tussen de 39 en 195 Mton in 2020 en een energiekostenbesparing van tussen de 10 en 53 Miljoen Euro in totaal.

Uit de scenario's komt voort dat de omzet voor de bouwnijverheid (op basis van investeringskosten) over dezelfde periode toeneemt met een bandbreedte van tussen de 26 en 199 miljoen Euro, wat voor utiliteitsbouw resulteert in directe effecten op de werkgelegenheid kwantitatief beschouwd tussen de 16 en 120 miljoen Euro.

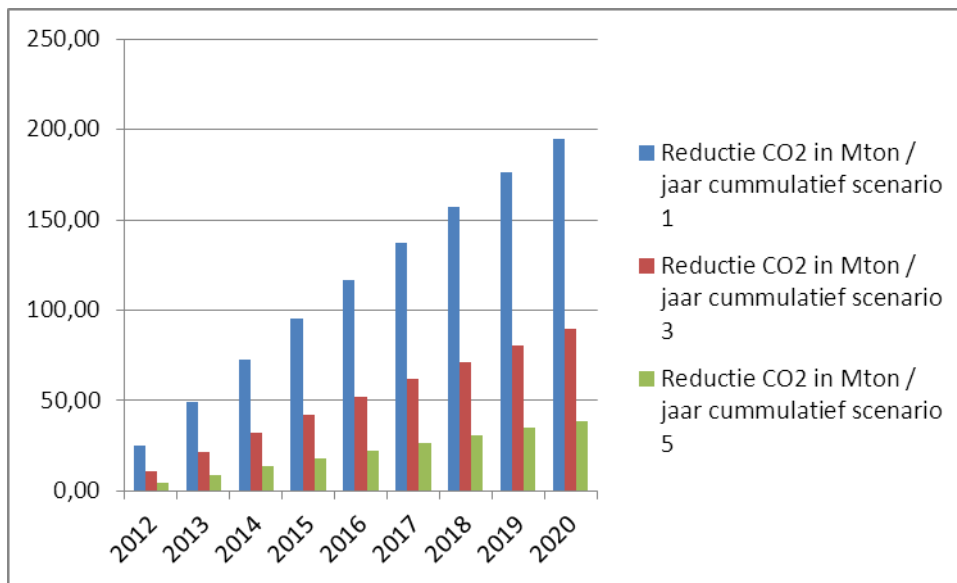
Het 'middenscenario' dat waarschijnlijk als het meest plausibel beschouwd kan worden, gaat uit van 1,61 PJ besparing, 90 Mton CO<sub>2</sub>-reductie en 24 miljoen Euro energiekostenbesparing in totaal over de periode tot 2020 (gemiddeld per jaar 0,19 PJ besparing en 11 Mton CO<sub>2</sub>-reductie). De omzet voor de bouwnijverheid neemt hierbij toe met 77 miljoen Euro, met een direct effect op de werkgelegenheid van 46 miljoen Euro totaal over de periode tot 2020.

Dit betekent een directe toename van de werkgelegenheid met gemiddeld 5 miljoen Euro per jaar.

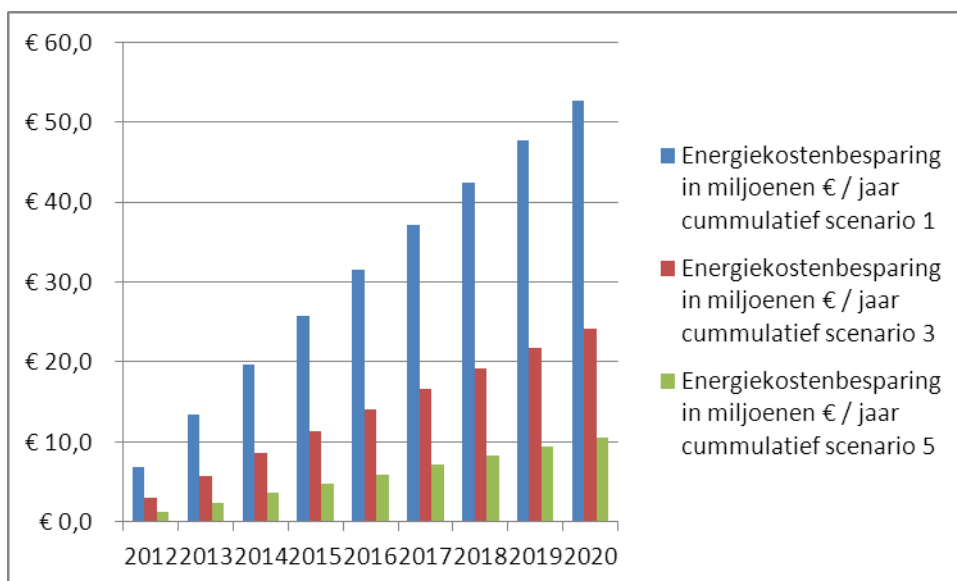


Figuur 6: de besparing in PJ/jaar voor utiliteit

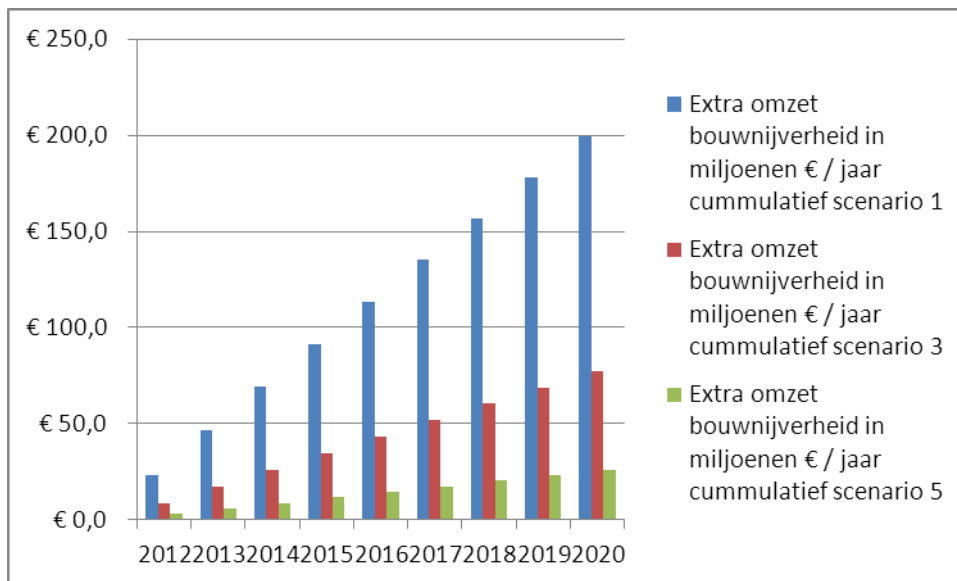




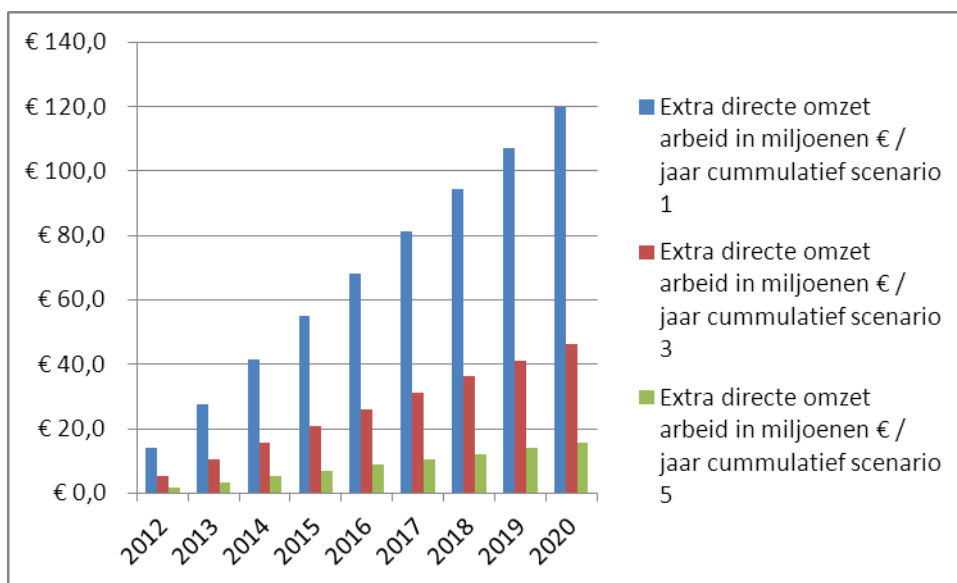
Figuur 7: de CO<sub>2</sub>-reductie in Mton per jaar voor utiliteit



Figuur 8: de energiekostenbesparing voor utiliteit



Figuur 9: de extra omzet voor de bouwnijverheid (investeringskosten) voor utiliteit



Figuur 10: de directe extra omzet uit arbeid in relatie tot de totale omzet voor de bouwnijverheid (werkgelegenheid) voor utiliteit

## Analyse en conclusies

### Impact meest plausibele scenario

Daar de insteek van de handhaving nog niet bekend was, is in het kader van een plausibel scenario uitgegaan van een middelmatige effectiviteit van de handhaving (in 50% van de ingrijpende renovaties die een vergunning aanvragen of gemeld worden de eisen gerealiseerd). Daarnaast is aangenomen dat in 25% van de gevallen een ingrijpende renovatie in de tijd wordt gefaseerd waardoor de eisen niet van kracht zijn. Dit 'midden-scenario' levert de volgende resultaten op:

Impact meest plausibel scenario	Woningbouw		Utiliteitsbouw		Totaal	
	Over periode 2012-2020	Gemiddeld per jaar	Over periode 2012-2020	Gemiddeld per jaar	Over periode 2012-2020	Gemiddeld per jaar
Besparing in PJ / jaar cumulatief	3,89	0,44	1,61	0,19	5,5	0,63
Reductie CO <sub>2</sub> in Mton / jaar cumulatief	196	22	90	11	286	33
Energiekostenbesparing in miljoenen € / jaar cumulatief	€ 68,60	€ 7,80	€ 24,00	€ 3,00	€ 92,60	€ 10,80
Extra omzet bouwnijverheid in miljoenen € / jaar cumulatief	€ 419,60	€ 47,60	€ 77,00	€ 9,00	€ 496,60	€ 56,60
Extra directe omzet arbeid in miljoenen € / jaar cumulatief	€ 251,80	€ 28,50	€ 46,00	€ 5,00	€ 297,80	€ 33,50

De totale besparing (cumulatief) in primair energiegebruik over de periode van 2012 tot 2020 bedraagt 5,5 PJ. De reductie in CO<sub>2</sub> uitstoot bedraagt 286 Mton over dezelfde periode. De geraamde werkgelegenheid uitgedrukt in omzet in arbeid bedraagt tot 2020 ongeveer 300 miljoen Euro.

### De impact afgezet tegen de autonome besparing

In de Referentieraming van ECN (lit. 6) is een autonome ontwikkeling geraamd die leidt tot een besparing op primaire energie van 34 PJ voor de woningbouw en 23 PJ voor de utiliteitsbouw over een periode van 2006 tot 2020. Als dit teruggeschaald wordt tot de, in deze studie gehanteerde, periode 2012 tot 2020 betekent dit een autonome besparing van 15 PJ voor de woningbouw en 10 PJ voor de utiliteitsbouw. Opgemerkt wordt dat deze getallen een extrapolatie zijn de verbruikscijfers uit het verleden. Dat betekent dat het effect van verminderde subsidies, de economische crises en reductie van de urgentie door de politiek niet zijn meegewogen. In die zin zal er sprake zijn van een overschatting van de autonome ontwikkeling. Daarbij komt dat de in deze studie geraamde impact van de regelgeving enkel betrekking heeft op ingrijpende renovatie, die is geraamd op 25% van de ingrepen. Stel dat de overschatting van de autonome ontwikkeling en de 25% fractie worden verrekend door een reductie met een factor van 0,5 (overschatting) en 0,25 (ingrijpende renovatie) dan resulteert een autonome ontwikkeling voor de het deel ingrijpende renovatie van ca. 1,9 PJ voor de woningbouw en ca. 1,3 PJ voor de utiliteitsbouw. Gegeven het feit dat de Referentie raming van ECN en deze studie qua doelstelling en uitgangspunten niet goed vergelijkbaar zijn levert dit toch de indicatie op dat de getallen elkaar niet lijken te weerspreken.

### Bereidheid en handhaving van grote invloed op de impact

De impact van de regelgeving met betrekking tot het stellen van energieprestatie-eisen bij grootschalige renovaties heeft op basis van de 3 uiteenlopende scenario's (best case, worst case en tussenscenario) een zeer ruime bandbreedte.

Deze bandbreedte wordt enerzijds bepaald door de bereidheid in de markt tot het doen van (meer)investeringen voor energiebesparende maatregelen bij renovaties. De bereidheid is van groot belang in het kader van de effecten van 'ontwijkgedrag' door fasering van de renovatiewerkzaamheden zodat niet aan de eisen hoeft te worden voldaan. In de praktijk zal de bereidheid voor het nemen van bepaalde energiebesparende maatregelen hoger liggen dan voor andere.

Soms zijn er voor het nemen van een maatregel niet of nauwelijks meerinvesteringen noodzakelijk op het eisenniveau dat is vastgesteld. Bij het vervangen van een CR/VR ketel bijvoorbeeld, wanneer deze in de natuurlijke renovatiecyclus aan vervanging toe is, door een HR-ketel is de enige logische renovatieoptie die er is. Daardoor zijn er dus feitelijk geen meerkosten, wat de bereidheid natuurlijk ook positief beïnvloedt met betrekking tot energetische verbetering. Bij andere maatregelen, zoals het isoleren van het dak wanneer deze gerenoveerd wordt, is er wel sprake van meerinvesteringen die een duidelijke rol spelen.

Voor utiliteitsbouw zijn de situaties dat er bij renovaties energiemaatregelen op het niveau van de eisen worden genomen met beperkte of geen meerinvesteringkosten gemiddeld wat meer aan de orde dan bij woningbouw. Dit komt onder andere doordat hier de renovatiemaatregelen aan installaties (koeling, ventilatie, verwarming) een groter aandeel uitmaken ten opzichte van renovaties aan de schil dan bij woningbouw. Op het niveau van de eisen dat is gesteld leveren deze maatregelen voor energieprestatieverbetering geen grote meerkosten op ten opzichte van de reguliere geplande renovatie. Hierdoor liggen de investeringskosten per gemiddeld bespaarde PJ in de utiliteitsbouw lager dan in de woningbouw, waar het in verhouding vaker maatregelen aan de schil van gebouwen betreft, met navenante meerinvesteringen.

In combinatie met de bereidheid speelt de effectiviteit van de handhaving een grote rol in de impact van de regelgeving. Een deel van de grootschalige renovaties is vergunningsplichtig, wat een direct aangrijpingspunt kan bieden voor handhaving. Een groot deel is echter vergunningsvrij, waarbij een alternatief aangrijpingspunt voor handhaving zal moeten worden gevonden, bijvoorbeeld aan de hand van een meldingsplicht. Bij het doorrekenen van de impact van de regelgeving was nog geen duidelijkheid over de manier waarop de handhaving ingestoken zal gaan worden. De scenario's zijn met name opgebouwd door bereidheid en handhaving te variëren. Uit onderstaande tabel is duidelijk dat hier een belangrijke keuze van de overheid aan de orde is. Meer robuuste handhaving vertaalt zich in een aanmerkelijk grotere impact. Ook de mate waarin de overheid het belang van energiebesparing op een consistente en overtuigende wijze communiceert, draagt bij aan de bereidheid van de markt tot handelen.

gebouwsector	Primaire energiebesparing (worst case)	Primaire energiebesparing (scenario 3)	Primaire energiebesparing (best case)
woningbouw	1,3 PJ	3,9 PJ	9,8 PJ
utiliteitsbouw	0,7 PJ	1,6 PJ	3,6 PJ
<b>totaal</b>	<b>2,0 PJ</b>	<b>5,5 PJ</b>	<b>13,4 PJ</b>

## 8 Voorstel eisen en structuur van de regelgeving met aandachtspunten voor implementatie

### Uitgangspunten

Bij de keuze van de hoogte van de eis zijn de volgende criteria gehanteerd:

- 7 Kostenoptimaliteit;
- 7 Rentabiliteit;
- 7 Investeringsniveau;
- 7 Technische haalbaarheid;
- 7 Mogelijkheid van terugvalopties;
- 7 Nationale impact.

Bij de bepaling van de besparingen en kosten is uitgegaan van de energieberekeningsmethode zoals opgenomen in de EPG-norm (lit. 4) met aanpassingen voor de bestaande bouw en de definitie systeemrendement bepaald in (lit. 3). De financiële analyse is uitgevoerd op basis van de door de EC opgestelde rekenmethodiek (Delegated Regulation), waarbij de in het werkteamoverleg bepaalde financiële kengetallen zijn gehanteerd (zie bijlage D.4).

### Structuur van de regelgeving

Om recht te doen aan de diversiteit van de bestaande bouw en de toepassing van de eisen praktisch haalbaar te maken is een zekere mate van flexibiliteit van belang. Om dit te bereiken zijn er terugvalopties voorzien in geval de eisen niet onverkort realiseerbaar zijn. In onderstaande opsomming wordt dit vormgegeven.

- 7 Er worden energieprestatie-eisen gesteld op componentniveau aan onderdelen van de schil (dak, gevel, raam, panelen, vloer en ramen) en aan het rendement van installatiesystemen (verwarming, koeling, warmtapwater en grote ventilatiesystemen);
- 7 Als in een individueel geval niet aan de eis kan worden voldaan, bijvoorbeeld omdat dit technisch onmogelijk is of omdat dit een aantoonbaar onrendabele oplossing is, wordt een systeem van gelijkwaardige oplossing geboden. Deze alternatieve oplossingen moeten dan aantoonbaar leiden tot een vergelijkbare EI-verbetering. Daarmee krijgt de markt de mogelijkheid om voor een specifieke situatie een zo rendabel mogelijke oplossing te kiezen. Als er aantoonbaar, geen rendabele en technisch haalbare oplossing blijkt te zijn kan dat in deze methodiek ook worden vastgesteld.

Hiermee worden de eventuele praktische onmogelijkheden van componenteisen opgelost. Daartoe zal met de labelmethode voor de bestaande bouw een EI-berekening moeten worden opgemaakt ter rechtvaardiging van de alternatieve invulling van de eis(en). Dat zal goedkoop kunnen als er toch al een maatwerkadvies wordt opgesteld. Deze aanpak zal vorm kunnen krijgen in het kader van "gelijkwaardigheid" en de beoordeling kan plaatsvinden in de daarvoor aangewezen kwaliteitssystematiek.

### **Plek in het Bouwbesluit**

De eisen moeten in te passen zijn in de structuur van het Bouwbesluit, waarbij in de toelichting nadere praktische invulling aan de eisen kan worden gegeven. Bijvoorbeeld een rendementseis voor de ruimteverwarming in de hoofdtekst van het Bouwbesluit, terwijl in de toelichting wordt aangegeven dat aan deze eis in elk geval kan worden voldaan door een bepaalde ketel toe te passen.

### **Bouwkundige componenteisen bestaande bouw**

Als basis voor het van kracht zijn van de eis geldt de 25% oppervlaktedefinitie uit de EPBD voor ingrijpende renovatie. Hierbij is verondersteld dat een schildeel tot de renovatie behoort als er minimaal een constructie laag wordt vervangen dus ook als het schildeel in zijn geheel wordt vervangen. Om dit te concretiseren zijn hieronder voor een aantal schildelen concrete renovatie-ingrepen aangegeven waaraan energiebesparende maatregelen zijn toegevoegd. Deze concretisering is redelijk dekkend voor de praktijk en is daarom ook bruikbaar in een toelichting op de eisen.

#### **Hellende daken:**

Dakbedekking vervangen over meer dan 50% van de oppervlakte.  
Plafond aanbrengen tegen binnenzijde kap, c.q. verblijfsruimte op zolder maken.  
Compleet vervangen of nieuw aanbrengen constructief dakvlak.

#### **Platte daken:**

Dakbedekking vervangen over meer dan 50% van de oppervlakte.  
Compleet vervangen dak (inclusief constructief dakvlak).

#### **Gesloten gevels:**

Aanbrengen of vervangen gevelbekleding (houten of kunststof delen, plaatmateriaal, panelen, leien, pannen, natuursteen, prefab beton, metaal etc.)  
Aanbrengen of vervangen metselwerk.  
Compleet vervangen of nieuw aanbrengen gevel.

#### **Vloeren:**

Houten vloeren – herstel balklaag i.v.m. houtrot, scheefstand e.d. of vervangen vloerbeschot.  
Compleet vervangen of nieuw aanbrengen vloer.

#### **Paneelconstructies:**

Vervangen kozijn i.v.m. houtrot  
Vervangen van paneel

#### **Ramen:**

Vervangen kozijn i.v.m. houtrot  
Vervangen beglazing

### Deuren:

Besloten is om aan deuren geen energetische eisen te stellen bij ingrijpende renovatie. Zij zijn daarom ook niet in deze studie meegenomen. De reden is dat deuren minder beïnvloedbaar deel van de gebouwschil vormen en juist bij deuren bestaat er veel diversiteit in constructie die zich niet door één simpele eis laat dekken.

## Overzicht van eisen aan bouwkundige constructies, geldend voor alle gebruiksfuncties:

### verbouw, thermische isolatie

scheidingsconstructie, niet zijnde een raam, deur, kozijn of daarmee gelijk te stellen constructieonderdeel	warmteweerstand [m <sup>2</sup> ·K/W]
uitwendige scheidingsconstructie	
hellend	3,5
horizontaal	3,5
verticaal	3,5
inwendige scheidingsconstructie die de scheiding vormt tussen een verblijfsgebied, een toiletruimte of een badruimte en een kruipruimte	3,5

ramen, kozijnen en daarmee gelijk te stellen constructieonderdelen	warmtedoorgangscoefficient [W/m <sup>2</sup> ·K]
raam, met kozijn	2,0 *
overige constructieonderdelen	0,7

\* Als bij nieuwbouw voor ramen een vangneteis van 2,2 W/m<sup>2</sup>K blijft gelden wordt aangeraden deze waarde ook voor de bestaande bouw te hanteren.

### Toetsing in de praktijk

Voor de bouwkundige eisen zijn de bepalingsmethodiek in te zetten zoals beschreven in de "Thermische isolatie van gebouwen – Rekenmethoden (NEN 1086)" (Lit 7).

## Installatie-eisen bestaande bouw

### a. Ruimteverwarming

Bij het stellen van de systeemeisen voor ruimteverwarming valt te denken aan situaties waarin:

- 7 alleen de warmteopwekking wordt vervangen (het vervangen van enkel de distributie en afgifte op een integrale wijze zal in de praktijk worden gecombineerd met vervanging van het opwekkingstoestel);
- 7 het volledige verwarmingssysteem, dus warmte opwekking, distributie en afgifte wordt vervangen.

#### **b. Tapwaterverwarming**

Bij het stellen van de systeemeisen voor tapwaterverwarming valt te denken aan situaties waarin:

- 7 alleen de warmteopwekking wordt vervangen;
- 7 het volledige systeem, dus warmte opwekking, distributie en afgifte wordt vervangen.

#### **c. Airconditioning**

Bij het stellen van de systeemeisen voor airconditioning valt te denken aan situaties waarin:

- 7 alleen de koudeopwekking wordt vervangen;
- 7 het volledige airconditioningsysteem, dus koudeopwekking, distributie en afgifte wordt vervangen of nieuw geïnstalleerd.

#### **d. Ventilatie**

Bij het stellen van de eisen voor ventilatie valt te denken aan situaties waarin:

- 7 ventilatoren worden vervangen of andere componenten als kanalen, ventielen, e.d.;
- 7 het volledige systeem wordt vervangen.

NB. Er worden geen eisen gesteld aan gecombineerde systemen, anders dan aan de afzonderlijke functies.

### **Overzicht van eisen aan de installatie:**

<b>technisch bouwsysteem</b>	<b>Systeemrendement *</b>
verwarmingssysteem voor woonfunctie	0,71
verwarmingssysteem voor overige functies	0,65
warmtapwatersysteem	0,29
koelsysteem	0,75
ventilatiesysteem met warmteterugwinning met ventilatiecapaciteit > 5.000 m <sup>3</sup> /h, uitgedrukt in W/(dm <sup>3</sup> /s)	2,50 *

\*) Voor ventilatoren is de eis uitgedrukt in het "specifieke ventilatorvermogen" SFP

#### **Toetsing in de praktijk**

Voor de installaties kan het systeemrendement worden bepaald op basis een eenvoudige berekening (lit. 3). Dit is een methodiek waarvoor niet het hele gebouw hoeft te worden doorgerekend.



## **Invulling van de eisen in de praktijk**

### **a. Ruimteverwarming**

Aangenomen mag worden dat het betreffend systeemrendement wordt behaald bij het toepassen van een hoogrendement ketel, een hoog temperatuur afgifte systeem met geïsoleerde leidingen.

### **b. Tapwaterverwarming**

Aangenomen mag worden dat het betreffend systeemrendement wordt behaald bij het toepassen van een gasboiler of HR combi, of een indirect gestookte boiler of bij het toepassen van een decentrale (elektrische) boiler met de tappunten binnen 3 meter.

### **c. Airconditioning**

Aangenomen mag worden dat het betreffend systeemrendement wordt behaald bij het toepassen van een compressiekoelmachine.

### **d. Ventilatie**

Aangenomen mag worden dat deze eis wordt behaald bij de toepassing van nieuwe wisselstroom ventilatoren en gelijkstroom ventilatoren.

## 9 Literatuur

1. Europees Parlement en de Raad, "*Richtlijn 2010/31/EU betreffende de energieprestatie van gebouwen (herschikking)*", 19-5-2010.
2. European Commission, "*Delegated Regulation supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast) by establishing a comparative methodology framework for calculating cost-optimum levels of minimum energy performance for buildings and building elements*", 12-1-2012.
3. "*Notitie m.b.t. de bepalingsmethodiek voor het systeemrendement*". BuildDesk documentnummer 110238/jb/122535, 7-5-2012.
4. NEN, "*Energieprestatie van gebouwen – Bepalingmethode (NEN 7120)*", 2011.
5. "*Nader voorschrift EP-bestaande bouw*", BuildDesk documentnummer 122534, 7-5-2012
6. TNO, "*Second opinion plausibiliteit referentieramingen gebouwde omgeving ECN*", TNO-034-DTM-2010-02210, 1 april 2010.
7. NEN, "*Thermische isolatie van gebouwen – Rekenmethoden (NEN 1086)*", 2012.
8. ECN, "*Energieprijzen en disconteringsvoeten voor gebouwweisen ten behoeve van de EPBD*", 20-9-2011.
9. Ministerie van VROM, "*Cijfers over wonen, wijken en integratie*", 2009.
10. SenterNovem, "*Kompas, energiebewust wonen en werken. Cijfers en tabellen*", 2007.
11. SIRA Consulting, "*Gevolgen administratieve en uitvoeringslasten herziene EPBD*", 2010.
12. *Bouwbesluit 2012 (per 1 april 2012)*.
13. BuildDesk, "*Haalbaarheidstudie minimum energieprestatie-eisen voor bestaande bouw*", 2010.
14. BuildDesk, "*Stimulering energiebesparing in de non-profit utiliteitsbouw*", 2008.
15. CEA/EBM-consult, "*Energiebesparing in de bestaande bouw, een verkenning van potenties*", 2006.
16. <http://www.senternovem.nl/kompas/energiecijfers/index.asp>
17. <http://www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/energiecijfers-energie-gebouwde-omgeving>

# Bijlagen

## **Bijlage A: EPBD: de herziene Richtlijn 2010/31/EU energieprestatie van gebouwen**

In mei 2010 is de aangepaste "Richtlijn 2010/31/EU van het Europees Parlement en de Raad betreffende de energieprestatie van gebouwen" van kracht geworden (lit 1); in het Engels: de "Energy Performance of Buildings Directive" kortweg EPBD. Het doel van de richtlijn is om de energie prestatie van de bouwvoorraad in de Europese Unie te verbeteren.

Als motivatie stelt de Europese Commissie:

*"40% van het totale energieverbruik in de Unie komt voor rekening van gebouwen. De sector breidt zich uit, waardoor haar energieverbruik vanzelfsprekend toeneemt. Daarom zijn een vermindering van het energieverbruik en het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen in de bouwsector belangrijke maatregelen die nodig zijn om de energieafhankelijkheid en de broeikasgasemissies van de Unie te doen dalen. Samen met een groter gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen zullen maatregelen ter vermindering van het energieverbruik in de Unie de Unie in staat stellen om te voldoen aan het Protocol van Kyoto bij het Raamverdrag van de Verenigde Naties inzake klimaatverandering (UNFCCC), alsmede om zowel haar toezegging om de aardopwarming op lange termijn onder de 2°C te houden, na te komen als haar toezegging om de totale broeikasgasemissies in 2020 ten opzichte van 1990 te verlagen met ten minste 2 %, en met 30% in geval een internationale overeenkomst tot stand komt. Een vermindering van het energieverbruik en een groter gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen spelen ook een belangrijke rol bij het versterken van de energievoorzieningszekerheid, het bevorderen van technologische ontwikkelingen en het scheppen van werkgelegenheid en kansen voor regionale ontwikkeling, met name in plattelandsgebieden."*

De EPBD behandelt de eisen voor de bestaande bouw in artikel 7 en 8, met daaraan gerelateerd artikel 4 over de vaststelling van minimum energieprestatie-eisen en 5 over de bepaling van kostenoptimale eisenniveaus. In artikel 2 van de EPBD worden een aantal definities gegeven.

### **Citaat EPBD:**

#### *Artikel 7*

##### **Bestaande gebouwen**

*De lidstaten nemen de noodzakelijke maatregelen om ervoor te zorgen dat wanneer bestaande gebouwen een ingrijpende renovatie ondergaan, de energieprestatie van het gebouw of van het gerenoveerde deel daarvan tot het niveau van de overeenkomstig artikel 4 vastgestelde minimumeisen inzake energieprestatie wordt opgevoerd, voor zover dit technisch, functioneel en economisch haalbaar is.*

*Die eisen worden toegepast op het gerenoveerde gebouw of de gerenoveerde bouwunit als geheel. Daarnaast of in plaats daarvan kunnen er eisen worden toegepast op de gerenoveerde onderdelen van een gebouw. NL L 153/20 Publicatieblad van de Europese Unie 18.6.2010*

*Daarnaast treffen de lidstaten de nodige maatregelen om ervoor te zorgen dat wanneer een tot de bouwschil behorend onderdeel van een gebouw dat, na te zijn vernieuwd of vervangen, een significant effect op de energieprestatie van de bouwschil heeft, de energieprestatie van dat onderdeel van een gebouw aan minimumeisen inzake energieprestatie voldoet, voor zover dat technisch, functioneel en economisch haalbaar is.*

*De lidstaten stellen deze minimumeisen voor de energieprestatie vast overeenkomstig artikel 4.*

*Bij gebouwen die een ingrijpende renovatie ondergaan, stimuleren de lidstaten dat er alternatieve systemen met een hoog rendement als bedoeld in artikel 6, lid 1, worden overwogen en in aanmerking genomen, voor zover dit technisch, functioneel en economisch haalbaar is.*

Artikel 8

### **Technische bouwsystemen**

*1. Ten behoeve van een optimaal energiegebruik van technische bouwsystemen stellen de lidstaten systeemeisen vast in verband met de totale energieprestatie, het adequaat installeren, dimensioneren, afstellen en controleren van de technische bouwsystemen die in bestaande gebouwen worden geïnstalleerd. De lidstaten kunnen die systeemeisen ook op nieuwe gebouwen toepassen.*

*Er worden systeemeisen vastgesteld voor nieuwe technische bouwsystemen en voor de vervanging of de verbetering van technische bouwsystemen, en die eisen worden toegepast voor zover zij technisch, economisch en functioneel haalbaar zijn.*

*De systeemeisen hebben minstens betrekking op:*

- a) verwarmingssystemen;*
  - b) warmwatersystemen;*
  - c) airconditioningsystemen;*
  - d) grote ventilatiesystemen;*
- of een combinatie van dergelijke systemen.*

*2. De lidstaten stimuleren bij nieuwbouw of ingrijpende renovatie de invoering van slimme meetsystemen en zien er daarbij op toe dat dit geschiedt overeenkomstig punt 2 van bijlage I bij Richtlijn 2009/72/EG van het Europees Parlement en de Raad van 13 juli 2009 betreffende gemeenschappelijke regels voor de interne markt voor elektriciteit ( 1 ). Voorts kunnen de lidstaten waar dat passend is, het installeren van actieve controlesystemen, zoals energiebesparende systemen voor automatisering, controle en toezicht, aanmoedigen.*

Er bestaat een zekere vrijheid voor de Europese lidstaten voor wat betreft de nationale invulling van de EPBD. Nederland kiest er voor om uit te gaan van de definitie van ingrijpende renovatie, die is gebaseerd op een ingreep waarbij meer dan 25% van het schiloppervlak is betrokken; EPBD; art. 2 punt 10). De eisen worden op componentniveau geformuleerd. Het gaat daarbij in termen van het Bouwbesluit om horizontale, verticale en hellende uitwendige scheidingsconstructies en inwendige scheidingsconstructies die grenzen aan de kruipruimte. Praktisch gesproken komt dat neer op het hellend dak, het platte dak, de gesloten gevel, panelen, ramen; deuren zijn buiten beschouwing gelaten.

Ten aanzien van de hoogte van de energieprestatie-eisen schrijft de EPBD voor dat een ambitieniveau moet worden aangehouden dat strookt met een kostenoptimaal niveau van energie-maatregelen. Iedere lidstaat kan in principe met een eigen methodiek en een eigen proces (mix van studies en marktconsultatie) zijn eisenniveau bepalen. Elke lidstaat moet echter aan de Europese Commissie (EC) rapporteren of de nationale eisen niet significant lager zijn dan de kostenoptimale niveaus. Als dat het geval is moet een plan worden gepresenteerd om de eisen op te hogen. Er zijn dus in principe twee domeinen:

- 7** Nationale vaststelling van de eisenniveaus op basis van een nationale methodische aanpak
- 7** Verantwoording naar de EC op basis van een voorgeschreven "Cost Optimal Analyses".

De vergelijkingsmethodiek van de Europese Commissie om te toetsen of de eisen stroken met een kostenoptimaal niveau, is weergegeven in aanvullende wetgeving vanuit de EC (lit 2). Dit is de Delegated Regulation. Ondanks het feit dat er sprake is van de bovengenoemde twee domeinen (nationale invulling en Europese toetsing) met een eigen doelstelling, ligt het, vanwege efficiëntie en consistentie, voor de hand de aanpakken methodisch zoveel mogelijk onderling af te stemmen. Bij de vaststelling van de kostenoptimaliteit van de eisen voor de bestaande bouw is daarom de door de EC voorgestelde methodiek gehanteerd, waarbij uiteraard wel Nederlandse kengetallen zijn gebruikt.

## Bijlage B: Bouwkundige schildelen

### a. Energieberekeningen

#### Referentiegebouwberekeningen

In dit project worden de energetische eisen voor de bestaande bouw vastgesteld. Ten aanzien van de hoogte van de energieprestatie-eisen schrijft de EPBD voor dat een ambitieniveau moet worden aangehouden dat strookt met een kostenoptimaal niveau van energiemaatregelen. Een van de gebouwdelen waar eisen aan moeten worden gesteld zijn de schildelen. Vastgesteld moet daarom worden welke isolatieniveaus het meest kostenoptimaal zijn. Om dit vast te kunnen stellen, moeten naast de kosten van verschillende isolatiemaatregelen ook de energiebesparingen door het isoleren worden bepaald.

Nu is de technische diversiteit in de bestaande bouwvoorraad enorm breed, waardoor de te realiseren energiebesparing met een isolatiemaatregel sterk kan verschillen. Aan de hand van zeer grote aantallen referentiegebouwberekeningen kan de besparing van een bepaalde maatregel in de bouwvoorraad breed in kaart worden gebracht. Het uitvoeren van dergelijke extreem grote aantallen bouwvariantberekeningen is zeer arbeidsintensief, kost veel tijd en is erg kostbaar.

#### Alternatieve aanpak: Rekenen met besparingskengetallen

Om te voorkomen dat er extreem veel referentiegebouwberekeningen zouden moeten worden gemaakt, is een vereenvoudigde aanpak bedacht. In deze vereenvoudigde aanpak is verondersteld dat het mogelijk is om voor de bepaling van de energiebesparingen door isolatiemaatregelen, gebruik te maken van vereenvoudigde kengetallen. Deze kengetallen zijn in dit rapport aangeduid met de naam "Cs-waarden", waarbij de "C" ervoor staat dat het hier een constante betreft en de "s" staat er voor dat dit kengetal de besparing op de stookbehoefte tot uitdrukking brengt. Met de Cs-waarden wordt feitelijk tot uitdrukking gebracht hoeveel m<sup>3</sup> aardgas er per m<sup>2</sup> schildeel wordt bespaard ( $\Delta Q_s$ ) op het energiegebruik, bij een bepaalde verandering van de warmtedoorgangscoefficiënt van een schil constructie ( $\Delta U$ ). In formulevorm:  $C_s = \Delta Q_s / \Delta U$ .

Met dergelijke Cs-waarden kan vervolgens snel en relatief eenvoudig, voor elke willekeurige verandering van de isolatiewaarde van elk schildeel worden berekend hoeveel m<sup>3</sup> aardgas met die specifieke maatregel (per m<sup>2</sup> per jaar) wordt bespaard op de stookbehoefte, zonder dat daarvoor telkens opnieuw grote aantallen referentiegebouwberekeningen nodig zijn. Met behulp van NEN 1068 kan namelijk ook voor elk willekeurige constructie en daarop toegepaste isolatiemaatregel de verandering van de warmtedoorgangscoefficiënt ( $\Delta U$ ) worden bepaald. De berekening van de besparing op de stookbehoefte verloopt daarna volgens de formule:  $\Delta Q_s = \Delta U \times C_s$  (in woorden: de gasbesparing per jaar is gelijk aan de verandering van de warmtedoorgang van de constructie maal kengetal Cs).

#### Bepaling van de Cs-waarden

De Cs-waarden in dit project zijn vastgesteld door het uitvoeren van een (relatief) beperkt aantal berekeningen met referentiegebouwen. Voor elke rekenvariant is zowel de warmtebehoefte voor ruimteverwarming als de warmtedoorgangscoefficiënt van het te isoleren schildeel berekend. Er zijn referentiegebouwberekeningen uitgevoerd voor verschillende uitvoeringsdikten van de isolatiemaatregelen. In stappen van 5 cm is de isolatiedikte van het schildeel in de variantberekeningen opgehoogd van 0 cm tot isolatiedikten van 20 cm.

Daarnaast is bij de referentiegebouwberekeningen ook gevarieerd met een aantal kenmerken die binnen de gehanteerde energieberekeningsmethode (EPG aangepast voor de bestaande bouw), naast de maatregel zelf, ook van invloed zijn op de hoogte van energiegebruik en daarmee van de

grootte van de besparing die met het isoleren van een bepaald schildeel wordt bereikt. Kenmerken die (conform de formulestructuur van de methode) invloed hebben zijn: de grootte van het gebouw, de energiezuinigheid van de overige schildelen, de energiezuinigheid van de aanwezige installaties en de gebruiksfunctie.

Bij de referentiegebouwberekeningen zijn daarom de volgende varianten doorgerekend:

- 7 Een groot, middel en klein gebouw (BVO: 15.600 m<sup>2</sup>, 4.800 m<sup>2</sup> en 480 m<sup>2</sup>);
- 7 Een slecht-, normaal- en zeer goed geïsoleerd gebouw ( $R_c = 0,5, 2,5$  en  $5,0$  m<sup>2</sup>K/W);
- 7 Een zeer onzuinige-, normale- en zeer zuinige installatie:
  - De zeer onzuinige installatie heeft natuurlijke ventilatie, een CR-ketel en een badboiler,
  - De normaal zuinige installatie heeft natuurlijke ventilatie en een HR-100 combiketel,
  - De zeer energiezuinige installatie heeft balansventilatie met HR-wtw, een HR-107 combiketel, een zonneboiler en PV-cellen.
- 7 Veertien verschillende gebruiksfuncties:
  - 1. woonfunctie,
  - 2. woonwagen,
  - 3. logiesfunctie, niet zijnde een logiesgebouw,
  - 4. logiesfunctie, zijnde een logiesgebouw,
  - 5. kantoorfunctie,
  - 6. onderwijsfunctie,
  - 7. winkelfunctie,
  - 8. sportfunctie, matig verwarmd,
  - 9. sportfunctie, anders dan matig verwarmd,
  - 10. bijeenkomstfunctie, voor kinderopvang,
  - 11. bijeenkomstfunctie, overig,
  - 12. gezondheidsfunctie met bedgebied,
  - 13. gezondheidszorgfunctie overig,
  - 14. celfunctie.

In totaal zijn er rond de duizend referentiegebouwvarianten doorgerekend.

Uit de uitkomsten van deze berekeningen zijn de besparingen op de warmtebehoefte ( $\Delta Q$  in MJ) van elke isolatieverbetering afgeleid en is (met behulp van NEN 1086) de door de isolatiemaatregel veroorzaakte verandering van de warmtedoorgangscoefficiënt ( $dU$ ) berekend. Voor het vaststellen van de  $C_s$  waarden zijn de gevonden besparingen op de warmtebehoefte ( $\Delta Q$ ) nog omgerekend naar besparingen op de stookbehoefte; de  $C_s$ -waarden brengen immers de bespaarde hoeveelheid aardgas met maatregelen tot uitdrukking. De besparing op de warmtebehoefte wordt daarom nog gedeeld door de warmte-inhoud van een m<sup>3</sup> aardgas en door de systeemrendementen die bij de verschillende gebruiksfuncties voorkomen. De warmte-inhoud (op bovenwaarde) van aardgas, waarmee is gerekend bedraagt 35,17 MJ/m<sup>3</sup>. Het gemiddelde systeemrendement voor ruimteverwarming dat is aangehouden voor de gebruiksfuncties woningen en woonwagens bedraagt 84%. Voor de overige gebruiksfuncties is een systeemrendement van 72% aangehouden.



### Overzicht van de Cs-waarden

Uit vergelijking van alle berekende Cs-waarden blijkt dat de eerder genoemde omgevingsfactoren inderdaad van invloed zijn op de hoogte van de besparingen. Hoewel de besparingen van de maatregelen dus niet in alle gevallen gelijk zijn, vormt dit geen belemmering om ze in dit project toe te kunnen passen. De invloed van de omgevingsfactoren gebouwgrootte en energiezuinigheid van het overige gebouw (schil en installatie) blijkt namelijk voldoende klein, waardoor alleen nuancering naar gebruiksfunctie nodig is. Na het samenvoegen van gebruiksfuncties met vrijwel gelijke Cs-waarden resteren uiteindelijk 7 verschillende groepen gebruiksfuncties met hun eigen kengetal.

<b>gebruiksfunctie</b>	<b>Cs-waarde incl. sysrendement</b> [m <sup>3</sup> aardgasbesparing per jaar per m <sup>2</sup> schil bij een maatregel met $\Delta U = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ ]
gez.h.zorg. met bedgebied	9,7
kant., onderw., sport verw., bijeenk., gez.h.z. overig	4,8
sport, matig verwarmd	1,7
woningen, woonwagens	5,5
logiesgebouw, winkel	6,4
logiesfunctie, niet zijnde een logiesgebouw,	5,8
celfunctie	8,0

In bovenstaande tabel zijn de Cs-waarden vermeld. Per gebruiksfunctie wordt daarmee weergegeven hoeveel m<sup>3</sup> aardgas er per jaar per m<sup>2</sup> schiloppervlak wordt bespaard, wanneer daarop een isolatiemaatregel wordt toegepast die een verandering van de warmtedoorgangscoëfficiënt teweeg brengt van 1,0 W/m<sup>2</sup>K.

De onnauwkeurigheid van de afgeleide Cs waarden ligt tussen de plus en min 25%. Dit wil zeggen dat de met behulp van de kengetallen berekende gasbesparingen door maatregelen tot maximaal 25% hoger of lager kunnen liggen dan wanneer ze zouden zijn berekend met de energieberekeningsmethode zelf. Bij de berekeningen voor het bepalen van de kostenoptimale isolatiedikte van de schildelen is rekening gehouden met deze onnauwkeurigheid. Weliswaar is de onnauwkeurigheid aanzienlijk, de besparingen op basis van de Cs waarden geven echter wel een goed beeld van de orde grootte van de besparingen. Dit is voldoende om op basis daarvan de kostenoptimaliteit van isolatiemaatregelen vast te stellen.

## b. Energiebesparing bij bouwkundige elementen van schil

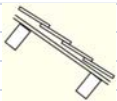
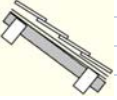

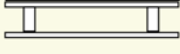
In hoofdstuk 5.2 is vermeld dat de energiebesparingen door isolatiemaatregelen bij bouwkundige schildelen in dit project zijn bepaald aan de hand van een aantal referentiecases. Dit zijn beschrijvingen van veel voorkomende uitvoeringen van schilconstructies – de basisconstructies - en daarbij behorende ingrepen en isolatiemaatregelen. Van elke basisconstructie is vastgesteld welke warmteweerstand deze in de uitgangssituatie en ná het aanbrengen van de isolatiemaatregelen heeft.

### Rekenmodel voor besparingsberekeningen in Excel

Om het berekenen van de besparingen te vergemakkelijken is een rekenmodel in Excel gemaakt. Met dit rekenmodel is op basis van de Rc-waarden van de basisconstructies van voor en na het nemen van isolatiemaatregelen berekend hoeveel energie daarmee wordt bespaard in m<sup>3</sup> gas/m<sup>2</sup> per jaar.

De basisconstructies zijn allemaal apart in het rekenmodel gezet met hun warmteweerstanden in de uitgangssituatie. Bij elke basisconstructie kunnen de verschillende warmteweerstanden na het aanbrengen van isolatiemaatregelen worden ingevoerd. Omdat de besparingsberekeningen met de Cs-waarden plaatsvinden op basis van verschillen in warmteovergangscoefficienten (U-waarden) en niet van warmteweerstanden (Rc-waarden) is een omrekeningsmethode ingebouwd conform NEN 1068 (lit 7). Tenslotte zijn de Cs-waarden ook in het bestand opgenomen.

In onderstaande figuur is een deel van het scherm van het rekenmodel zichtbaar gemaakt, zodat de werking van het rekenmodel voor de berekening van de energiebesparingen kan worden toegelicht.

HELLEND DAK									
HD1	Ongeïsoleerd hellend pannendak		Maatregelcode:	basisconstructie	MD1	MD2	MD3	MD4	MD5
			Rc-waarde [m2K/W]	0,10	1,00	1,50	2,00	2,50	4,00
			Besparing [m3 gas/m2 per jaar]		31,8	34,4	35,8	36,7	38,0
HD2	Matig geïsoleerd hellend pannendak binnenzijde		Maatregelcode:	basisconstructie	MD1	MD2	MD3	MD4	MD5
			Rc-waarde [m2K/W]	0,61	1,00	1,50	2,00	2,50	4,00
			Besparing [m3 gas/m2 per jaar]		4,4	7,0	8,4	9,2	10,6
HD3	Matig geïsoleerd hellend pannendak buitenzijde		Maatregel	basisconstructie	MD1	MD2	MD3	MD4	MD5
			Rc-waarde [m2K/W]	0,52	1,00	1,50	2,00	2,50	4,00
			Besparing m3 gas per jaar		6,2	8,8	10,1	11,0	12,3
PLATDAK									
PD1	Ongeïsoleerd houten dak		Maatregelcode:	basisconstructie	MD1	MD2	MD3	MD4	MD5
			Rc-waarde [m2K/W]	0,35	1,00	1,50	2,00	2,50	4,00
			Besparing [m3 gas/m2 per jaar]		11,3	13,9	15,2	16,1	17,4

Aan de linkerzijde van het scherm staan de basisconstructies beschreven. In het rechterdeel van het scherm kunnen de Rc-waarde van verschillende isolatie maatregelen worden ingevoerd. Voor de maatregelen MD1, MD2 tot en met MD5 zijn (in de oranje cellen met de zwarte tekens) in dit voorbeeld respectievelijk de Rc-waarden 1,0, 1,50, 2,0, 2,50 en 4,00 (m<sup>2</sup>K/W) ingevoerd. De bijbehorende besparingen in m<sup>3</sup> gas / m<sup>2</sup> per jaar worden direct berekend en staan in groene tekst direct onder de ingevoerde Rc-waarden. Bovenstaand voorbeeld bevat de rekenresultaten

van de besparingsberekening met de Cs-waarde van de gebruiksfunctie "gezondheidszorg met bedgebied". Bovenin het rekenmodel (niet zichtbaar in het voorbeeld hierboven) kan eenvoudig een andere gebruiksfunctie worden geselecteerd waarvoor de besparingsberekeningen moeten worden uitgevoerd.

Dit rekenmodel is gebruikt om de energiebesparingen van een groot aantal reële isolatiemaatregelen bij de verschillende basisconstructies te berekenen. Deze besparingen zijn vervolgens gebruikt in de kosten-baten analyse ter bepaling van het kostenoptimale isolatieniveau voor de schildelen. Daarnaast is dit model ook gebruikt om de besparingskengetallen te bepalen die nodig zijn voor het model voor de berekening van de nationale impact van de eisen voor de bestaande bouw.

## Bijlage C: Installaties

### C.1 Overzicht van belangrijke invoerparameters in de referentiegebouwen

Voor het stellen van eisen aan de vier installatiesystemen ruimteverwarming, airconditioning, tapwaterverwarming en ventilatie moet een ambitieniveau worden aangehouden dat strookt met een kostenoptimaal niveau. Om de kostenoptimaliteit te kunnen beoordelen zijn de energiebesparingen door installatiemaatregelen berekend aan de hand van referentiegebouwen. De grootte van de besparingen die met installatiemaatregelen kunnen worden gerealiseerd heeft een direct verband met de grootte van de vraag van het gebouw aan de installaties. Binnen de zeer diverse voorraad bestaande gebouwen komen vraagprofielen voor met een zeer grote vraag maar ook met een zeer geringe vraag.

Er zijn verschillende kenmerken die van invloed zijn op de grootte van de vraag aan de installaties. Bij de ruimteverwarmings- en airconditioningssystemen wordt de vraag door diverse kenmerken beïnvloed. De belangrijkste zijn: de gebruiksfunctie, de gebruiksoppervlakte, de compactheid van het gebouw, het percentage glas in de gevel, de isolatiewaarde van de schil, de interne warmtelast en de zonbelasting.

Voorafgaand aan het definiëren van de referentiegebouwen zijn een groot aantal variantberekeningen uitgevoerd, waarin met de verschillende kenmerken is gevarieerd die van invloed zijn op de vraag van de installaties. Op deze wijze ontstond een goed beeld van de grootte van de invloed van elk van de kenmerken. Op basis van de uitkomsten uit deze analyse zijn uiteindelijk twee referentiegebouwen gedefinieerd; een met een reële maximaal vraagprofiel en een met een reëel minimaal vraagprofiel. In onderstaande overzichten is per installatiesysteem aangegeven welke waarden zijn aangehouden in de referentiegebouwen waarmee de vraagprofielen zijn bepaald.

#### Ruimteverwarmingssysteem

Omschrijving verschillende invoerparameters	Hoog verbruik	Laag verbruik
Omvang van het gebouw (in m <sup>2</sup> bvo)	600	15.600
Warmteweerstand dichte delen (RC-waarde in m <sup>2</sup> K/W)	0,5	2,5
Warmtedoorgang transparante delen (U waarde in W/m <sup>2</sup> K)	5,1	2,0
Glaspercentage gevel (in %)	70	30
Interne warmte door verlichting (in W/m <sup>2</sup> )	8	20
Externe warmtetoetreding (zonwering)	Buiten zonwering	Geen zonwering

#### Airconditioningsysteem

Omschrijving verschillende invoerparameters	Hoog verbruik	Laag verbruik
Omvang van het gebouw (in m <sup>2</sup> bvo)	15.600	600
Warmteweerstand dichte delen (RC-waarde in m <sup>2</sup> K/W)	2,5	0,5
Warmtedoorgang transparante delen (U waarde in W/m <sup>2</sup> K)	2,0	5,1
Glaspercentage gevel (in %)	30	70
Interne warmte door verlichting (in W/m <sup>2</sup> )	20	8
Externe warmtetoetreding (zonwering)	Geen zonwering	Buiten zonwering

### Warmtapwatersysteem

Bij warmtapwater wordt de vraag in een gebouw onder andere bepaald door de gebruiksfunctie en de gebruiksoppervlakte. De te gebruiken parameters zijn voorgeschreven door NEN 7120(lit...). De waarden voor de warmtapwatervraag waarmee is gerekend zijn:

Cluster gebruiksfuncties	Warmtevraag warmtapwater (in MJ/m <sup>2</sup> )
Kantoorfunctie	5
Bijeenkomstfunctie, overig	10
Bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	10
Logiesfunctie, zijnde een logiesgebouw	45
Onderwijsfunctie	5
Sportfunctie, anders dan matig verwarmd	45
Sportfunctie, matig verwarmd	45
Winkelfunctie	5
Gezondheidsfunctie met bedgebied	55
Gezondheidsfunctie overig	10
Celfunctie	15

### Ventilatiesysteem

Bij ventilatiesystemen wordt de vraag bepaald door het benodigde luchtdebiet in het gebouw. Dit debiet is afhankelijk van de gebruiksfunctie, de gebruiksoppervlakte en de bezettingsgraadklasse per gebruiksfunctie. De te gebruiken parameters zijn voorgeschreven door NEN 7120(lit...). De waarden voor het ventilatiedebiet waarmee is gerekend zijn:

Cluster gebruiksfuncties	Ventilatiedebiet (in dm <sup>3</sup> /s/m <sup>2</sup> )
Kantoorfunctie	1,38
Bijeenkomstfunctie, overig	2,14
Bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	3,48
Logiesfunctie, zijnde een logiesgebouw	1,05
Onderwijsfunctie	4,55
Sportfunctie, anders dan matig verwarmd	0,57
Sportfunctie, matig verwarmd	0,57
Winkelfunctie	0,35
Gezondheidsfunctie met bedgebied	2,55
Gezondheidsfunctie overig	1,38
Celfunctie	1,05
Woonfunctie	0,9

## C.2: Vraagprofielen en besparingskengetallen

Om de besparingen van maatregelen voor de ruimteverwarming- en airconditioninginstallaties te kunnen berekenen zijn minimale en maximale vraagprofielen berekend met behulp van de referentiegebouwen.

Uit deze berekeningen is gebleken dat de spreiding tussen de minimale en maximale vraagprofielen dusdanig groot was dat de waarden daardoor minder geschikt waren voor het beoordelen van de besparingen door maatregelen. Om de verschillen terug te brengen tot beter hanteerbare proporties en meer nuancering mogelijk te maken, zijn de uitkomsten van de vraagprofielberekeningen voor ruimteverwarming en airconditioning gedeeld door de grootte van de bijbehorende installatiecapaciteit.

In onderstaande overzichten staan de met de referentiegebouwberekeningen berekende minimale- en maximale waarde voor de energievraag. Voor de ruimteverwarming en airconditioning is de energievraag per kW berekend door respectievelijk de warmte- en koudevraag te delen door het installatievermogen en het systeemrendement van de basis-installatie.

In formule:  $Q$  energievraag =  $(Q_{\text{warmte-/koudebehoefte}} / \text{Capaciteit}) * \text{systeemrendement}$

Voor warmtapwaterverwarming en ventilatie worden de besparingsberekeningen uitgevoerd op basis van energiebesparingskengetallen van maatregelen. Deze kengetallen zijn op hun beurt bepaald door een maximaal en minimaal vraagprofiel te bepalen. Voor warmtapwater is de minimale warmtebehoefte voor warmtapwater bepaald aan de hand van een gebouw met 800m<sup>2</sup> gebruiksoppervlak. De maximale behoefte is bepaald aan de hand van een gebouw met 40.000 m<sup>2</sup>. Voor ventilatie is de minimale warmtebehoefte voor het opwarmen van de ventilatielucht bepaald aan de hand van een gebouw met 480m<sup>2</sup> gebruiksoppervlak. De maximale behoefte is bepaald aan de hand van een gebouw met 15.600 m<sup>2</sup>.

### Ruimteverwarmingsysteem

De Minimale en maximale energievraag per kW

Gebruiksfunctie:	Energievraag [MJ per kW]	
	laag	hoog
kantoorfunctie	834	2.507
bijeenkomstfunctie, overig	603	2.382
bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	1.703	2.993
logiesfunctie, zijnde een logiesgebouw	1.032	3.224
onderwijsfunctie	2.332	3.320
sportfunctie, anders dan matig verwarmd	1.096	2.670
sportfunctie, matig verwarmd	295	1.057
winkelfunctie	1.220	3.304
gezondheidsfunctie met bedgebied	3.322	6.318
gezondheidsfunctie overig	900	2.551
celfunctie	2.062	5.017
woonfunctie	304	8.158

## Airconditioningsysteem

De Minimale en maximale energievraag per kW

Gebruiksfunctie:	Energievraag [MJ per kW]	
	laag	hoog
kantoorfunctie	1.519	3.140
bijeenkomstfunctie, overig	1.047	2.329
logiesfunctie, zijnde een logiesgebouw	1.275	3.751
onderwijsfunctie	1.145	2.820
sportfunctie_matig verwarmd	960	2.116
winkelfunctie	1.425	3.359
gezondheidsfunctie met bedgebied	1.840	4.066

## Warmtapwatersysteem

De Minimale en maximale totale energievraag

Gebruiksfunctie:	Energievraag [MJ]	
	laag	hoog
kantoorfunctie	7.273	606.061
logiesfunctie, zijnde een logiesgebouw	65.455	5.454.545
gezondheidsfunctie met bedgebied	80.000	6.666.667

Minimaal en maximaal kengetal voor energiebesparing met zonnecollectoren

Gebruiksfunctie:	Gasbesparing per m <sup>2</sup> zonnecollectoropp. [m <sup>3</sup> gas per m <sup>2</sup> ]	
	laag	hoog
kantoorfunctie	5	100
logiesfunctie, zijnde een logiesgebouw	18	100
gezondheidsfunctie met bedgebied	11	100

## Ventilatiesysteem

De Minimale en maximale totale energievraag

Gebruiksfunctie:	Opwarmen ventilatielucht geen warmteterugwinning [MJ]	
	laag	Hoog
kantoorfunctie	86.979	2.661.764
bijeenkomstfunctie, overig	54.331	1.600.716
bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	190.829	6.036.909
logiesfunctie, zijnde een logiesgebouw	87.601	2.681.975
onderwijsfunctie	244.309	7.775.007
sportfunctie, anders dan matig verwarmd	46.558	1.348.085
sportfunctie, matig verwarmd	12.504	362.067
winkelfunctie	41.168	1.172.928
gezondheidsfunctie met bedgebied	386.647	12.704.027
gezondheidsfunctie overig	86.979	2.661.764

Minimaal en maximaal kengetal voor energiebesparing met een wtw-unit

Gebruiksfunctie:	Gasbesparing per m <sup>3</sup> /h ventilatie [m <sup>3</sup> gas per m <sup>3</sup> /h]	
	laag	Hoog
kantoorfunctie	0,78	0,83
bijeenkomstfunctie, overig	0,30	0,33
bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	0,70	0,72
logiesfunctie, zijnde een logiesgebouw	1,03	1,10
onderwijsfunctie	0,69	0,71
sportfunctie, anders dan matig verwarmd	0,96	1,08
sportfunctie, matig verwarmd	0,26	0,29
winkelfunctie	1,36	1,55
gezondheidsfunctie met bedgebied	2,02	2,00
gezondheidsfunctie overig	0,78	0,83



### C.3: Systeem rendementen voor Ruimteverwarming en Airconditioning

In deze bijlage wordt toegelicht op welke wijze de bij de besparingsberekeningen gehanteerde systeemrendementen voor ruimteverwarming en airconditioning zijn vastgesteld.

#### Bepalingsmethode systeemrendement

De systeemrendementen  $\eta_{sys}$  voor ruimteverwarming en airconditioning worden vastgesteld aan de hand van de formule:

$$\eta_{sys} = \eta_{gen} \times \eta_{dis} \times \eta_{em} - \sum correcties$$

Het systeemrendement is het product van het opwekkingsrendement ( $\eta_{gen}$ ), het distributierendement ( $\eta_{dis}$ ) en het afgifterendement ( $\eta_{em}$ ) verminderd met een correctiefactor die corrigeert voor hulpenergie. Voor de correcties voor hulpenergie wordt een vaste waarde aangehouden: voor ruimteverwarming geldt een correctie voor hulpenergie van 2%, voor airconditioning geldt een correctie 34%.

#### Vaststellen van het systeemrendement voor ruimteverwarming

In de EPG norm en het Nader Voorschrift zijn voor elke combinatie van installatiecomponenten en bijbehorende kenmerken (bijvoorbeeld de hoogte van het temperatuurniveau, het transportmedium, etcetera) rendementswaarden gegeven. Voor de berekening van de besparingen door maatregelen is gerekend met realistische waarden voor de maximale en minimale systeemrendementen van installaties zoals die in de bestaande bouwvoorraad voorkomen. Hierbij is daar waar nodig onderscheid gemaakt tussen de theoretisch mogelijke en de praktisch realistische systeemrendementen. In de onderstaande overzichten is daarbij aangegeven wat de uitgangspunten zijn voor de verschillende systeemrendementen. In de verdere analyses is uitgegaan van de praktisch realistische systeemrendementen, om al te grote bandbreedtes in uitkomsten te voorkomen en om te voorkomen dat onevenredig veel rekening wordt gehouden met situaties die in de praktijk (bijna) niet voorkomen of niet horen voor te komen. De gekozen systeemrendementen zijn in de tabellen groen gemarkeerd.

*Referentie variant utiliteitsbouw: HR ketel*

*Laagste systeemrendement HR ketel (theoretisch)*

<b>Onderdeel</b>	<b>Laagste waarde</b>	<b>Toelichting</b>
Opwekkingsrendement	0,85	HR100 ketel bij hoog temperatuur systeem; buiten grens EPC en/of collectief
Distributierendement	0,7	Transportmedium warmte: lucht Ongeïsoleerde kanalen en leidingen Geen individuele naregeling verwarming
Afgifterendement	0,75	Hoog temperatuur systeem Collectief zonder individuele bemeting Radiatoren zonder stralingscherm voor buitenraam
Correctie	0,02	
<b>Systeemrendement</b>	<b>0,43</b>	

*Laagste systeemrendement HR ketel (praktisch)*

<b>Onderdeel</b>	<b>Laagste waarde</b>	<b>Toelichting</b>
Opwekkingsrendement	0,85	HR100 ketel bij hoog temperatuur systeem; Buiten grens EPC en/of collectief
Distributierendement	0,88	Transportmedium: lucht en water of water Geïsoleerde kanalen en leidingen Individuele naregeling verwarming
Afgifterendement	0,9	Hoog temperatuur systeem Individueel systeem of collectief met individuele bemetering Radiatoren met stralingscherm voor buitenraam
Correctie	0,02	
<b>Systeemrendement</b>	<b>0,65</b>	<b>Gekozen waarde</b>

*Hoogste systeemrendement HR ketel (theorie)*

<b>Onderdeel</b>	<b>Hoogste waarde</b>	<b>Toelichting</b>
Opwekkingsrendement	0,975	HR107 ketel bij zeer laag temperatuur systeem; Binnen grens EPC / individueel
Distributierendement	0,96	Transportmedium: lucht Geïsoleerde kanalen en leidingen Individuele naregeling verwarming
Afgifterendement	1	Zeer laag temperatuur systeem Individueel systeem of collectief met individuele bemetering Betonkernactivering/vloerverwarming
Correctie	0,02	
<b>Systeemrendement</b>	<b>0,92</b>	

*Hoogste systeemrendement HR ketel (praktijk)*

<b>Onderdeel</b>	<b>Hoogste waarde</b>	<b>Toelichting</b>
Opwekkingsrendement	0,925	HR107 ketel bij zeer laag temperatuur systeem; Buiten grens EPC en/of collectief
Distributierendement	0,88	Transportmedium: lucht en water of water Geïsoleerde kanalen en leidingen Individuele naregeling verwarming
Afgifterendement	1	Zeer laag temperatuur systeem Individueel systeem of collectief met individuele bemetering Betonkernactivering/vloerverwarming
Correctie	0,02	
<b>Systeemrendement</b>	<b>0,79</b>	<b>Gekozen waarde</b>

*Referentie variant woningbouw: HR ketel*

*Laagste systeemrendement HR ketel (theoretisch)*

<b>Onderdeel</b>	<b>Laagste waarde</b>	<b>Toelichting</b>
Opwekkingsrendement	0,85	Collectieve HR100 ketel bij hoog temperatuur systeem; buiten grens EPC
Distributierendement	0,8075	Ongeïsoleerde verdelers en leidingen Geen individuele naregeling verwarming
Afgifterendement	0,6	Hoog temperatuur systeem Collectief zonder individuele bemetering Radiatoren zonder stralingscherm voor buitenraam
Correctie	0,02	
<b>Systeemrendement</b>	<b>0,39</b>	

*Laagste systeemrendement HR ketel (praktisch)*

<b>Onderdeel</b>	<b>Laagste waarde</b>	<b>Toelichting</b>
Opwekkingsrendement	0,85	Collectieve HR100 ketel bij hoog temperatuur systeem; Buiten grens EPC
Distributierendement	0,95	Geïsoleerde verdelers en leidingen Individuele naregeling verwarming
Afgifterendement	0,9	Hoog temperatuur systeem Individueel systeem of collectief met individuele bemetering Radiatoren met stralingscherm voor buitenraam
Correctie	0,02	
<b>Systeemrendement</b>	<b>0,71</b>	<b>Gekozen waarde</b>

*Hoogste systeemrendement HR ketel (theorie en praktijk)*

<b>Onderdeel</b>	<b>Hoogste waarde</b>	<b>Toelichting</b>
Opwekkingsrendement	0,975	Individuele HR107 ketel bij zeer laag temperatuur systeem; Binnen grens EPC / individueel
Distributierendement	1	Geïsoleerde verdelers en leidingen Individuele naregeling verwarming
Afgifterendement	1	Zeer laag temperatuur systeem Individueel systeem Betonkernactivering/vloerverwarming
Correctie	0,02	
<b>Systeemrendement</b>	<b>0,96</b>	<b>Gekozen waarde</b>

### **Conclusie systeemrendement verwarming systeem in de praktijk**

#### *Utiliteitbouw*

Laagste systeemrendement voor de HR ketels is 0,65

Hoogste systeemrendement voor de HR ketels is 0,79

#### *Woningbouw*

Laagste systeemrendement voor de HR ketels is 0,71

Hoogste systeemrendement voor de HR ketels is 0,96

### **Vaststellen van het systeemrendement voor airconditioning**

Net als bij de ruimteverwarming zijn voor airconditioninginstallaties ook laagste en hoogste systeemrendementen voor de verschillende varianten van het koelsysteem vastgesteld. Ook hierbij is uitgegaan van de praktisch realistische waarden. In de onderstaande overzichten is aangegeven wat de uitgangspunten zijn voor systeemrendementen voor het airconditioningsysteem. De gekozen systeemrendementen zijn in de tabellen groen gemarkeerd.

#### Referentie variant utiliteitsbouw: compressiekoelmachine

##### *Laagste systeemrendement compressiekoelmachine*

<b>Onderdeel</b>	<b>Laagste waarde</b>	<b>Toelichting</b>
Opwekkingsrendement	$3 * 0,39 = 1,17$	Compressiekoelmachine bij laag temperatuur koelsysteem
Distributierendement	0,93	Transportmedium: water en lucht Geïsoleerde of ongeïsoleerde kanalen en leidingen
Afgifterendement	1,0	
Correctie	0,34	
<b>Systeemrendement</b>	<b>0,75</b>	<b>Gekozen waarde</b>

##### *hoogste systeemrendement compressiekoelmachine*

<b>Onderdeel</b>	<b>hoogste waarde</b>	<b>Toelichting</b>
Opwekkingsrendement	$4 * 0,39 = 1,56$	Compressiekoelmachine bij hoog temperatuur koelsysteem
Distributierendement	0,99	Transportmedium: lucht Geïsoleerde of ongeïsoleerde kanalen en leidingen
Afgifterendement	1,0	
Correctie	0,34	
<b>Systeemrendement</b>	<b>1,21</b>	<b>Gekozen waarde</b>

Referentie variant woningbouw: compressiekoelmachine

*Systeemrendement compressiekoelmachine*

<b>Onderdeel</b>	<b>Laagste waarde</b>	<b>Toelichting</b>
Opwekkingsrendement	$3 * 0,39 = 1,17$	Compressiekoelmachine
Distributierendement	1,0	
Afgifterendement	1,0	
Correctie	0,34	
<b>Systeemrendement</b>	<b>0,83</b>	<b>Gekozen waarde</b>

**Conclusie systeemrendement koel systeem in de praktijk**

*Utiliteitbouw*

Laagste systeemrendement voor de compressie koelmachine is 0,76

Hoogste systeemrendement voor de koelmachine is 1,21

*Woningbouw*

Systeemrendement voor de compressie koelmachine is 0,83

## C.4 Kosten van installatiemaatregelen

In deze bijlage is beschreven op welke wijze de kosten voor de verschillende basis-installaties en maatregelen zijn bepaald en welke uitgangspunten daarbij zijn gehanteerd.

Eerst zijn de gehanteerde financiële uitgangspunten vermeld met een korte toelichting op de kostenberekening in de tabellen. Daarna zijn de kostencalculaties voor de verschillende uitvoeringsvarianten (typen) en capaciteiten beschreven van de verschillende maatregelen voor ruimteverwarming, airconditioning, warmtapwater en ventilatie. Direct na de kostentabellen van de individuele capaciteiten van elke uitvoeringsvariant is een overzichtstabel vermeld met de installatiekosten (in totaal en per kW) van alle capaciteiten van de betreffende variant.

### Gehanteerde financiële uitgangspunten

<u>REFERENTIE / RENOVEREN</u>	
ploegtarief	€ 80 per uur
toeslag op materiaal	10%
toeslag op werk derden	8%
staart*)	5,5%
endefactor**)	1,1 -

*\*) de staart zijn staartkosten (indirecte kosten voor: projectbegeleiding, ontwerp en tekenkosten, winst en risico)*

*\*\*\*) de endefactor is een toeslagfactor voor een eventuele beperking van de bereikbaarheid en/of extra complexiteit van de werkzaamheden (een factor van 1,0 is normaal bij nieuwbouw, 1,1 is een gemiddelde bij renovatie).*

### Toelichting op de kostenberekening in de tabellen

#### Gebruikte afkortingen:

eh	eenheid
mat \ eh	materiaalkosten per eenheid
korting	gebruikelijk percentage voor kwantum korting op de materiaalkosten
plm \ eh	ploegminuten per eenheid (het aantal minuten dat een ploeg er aan besteed)
derden	kosten voor werkzaamheden door derden

#### Gehanteerde formule voor de berekening van de totale kosten:

Totaal = (eenheid x (materiaalkosten per eenheid \*(100% - korting%) \* (100%+ toeslag op materiaal) + ((ploegminuten / 60) \* ploegtarief) x endefactor + werk derden x (100%+ toeslag op werk derden %) x eenheid).

#### Type HR-ketels

Bij de berekening van de kosten HR-ketels is geen onderscheid gemaakt naar het type HR ketel. De reden hiervoor is dat het verschil in kosten tussen de bepaalde types wegvalt in de onnauwkeurigheidsmarges die het gevolg zijn van de aannames en andere onzekere factoren bij de berekening van de kosten.

## Ruimteverwarming

### HR-ketels

#### HR ketel 25 kW

Aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>Opwekking</i>							<b>€ 2.156</b>
1	st.	ketels 25 kW	€ 1.200	30%	240	€ 0	€ 1.346
1	post	rookgasafvoer	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	condensleiding aanpassen	€ 100	0%	60	€ 0	€ 209
1	post	regeltechniek aansluiten ketels op bestaande	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	installatie reviseren / aanpassen	€ 100	0%	120	€ 0	€ 302
1	post	verdeler demonteren en	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	afvoeren ketel	€ 0	0%	120	€ 100	€ 300
<i>Distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>Afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>Ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>Totaal</b>							<b>€ 2.156</b>

#### HR ketel 50 kW

Aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>Opwekking</i>							<b>€ 3.212</b>
1	st.	ketels 50 kW	€ 2.500	30%	240	€ 0	€ 2.402
1	post	rookgasafvoer	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	condensleiding aanpassen	€ 100	0%	60	€ 0	€ 209
1	post	regeltechniek aansluiten ketels op bestaande	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	installatie reviseren / aanpassen	€ 100	0%	120	€ 0	€ 302
1	post	verdeler demonteren en	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	afvoeren ketel	€ 0	0%	120	€ 100	€ 300
<i>Distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>Afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>Ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>Totaal</b>							<b>€ 3.212</b>

### HR ketel 100 kW

Aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>Opwekking</i>							<b>€ 4.512</b>
1 st.		ketels 100 kW	€ 4.100	30%	240	€ 0	€ 3.702
1 post		rookgasafvoer	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1 post		condensleiding aanpassen	€ 100	0%	60	€ 0	€ 209
1 post		regeltechniek aansluiten ketels op bestaande	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1 post		installatie reviseren / aanpassen	€ 100	0%	120	€ 0	€ 302
1 post		verdeler demonteren en	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1 post		afvoeren ketel	€ 0	0%	120	€ 100	€ 300
<i>Distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>Afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>Ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>Totaal</b>							<b>€ 4.512</b>

### HR ketel 150 kW

Aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>Opwekking</i>							<b>€ 9.070</b>
1 st.		ketels 150 kW	€ 8.000	30%	720	€ 0	€ 7.613
1 post		rookgasafvoer	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1 post		condensleiding aanpassen	€ 100	0%	60	€ 0	€ 209
1 post		regeltechniek aansluiten ketels op bestaande	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1 post		installatie reviseren / aanpassen	€ 150	0%	150	€ 0	€ 406
1 post		verdeler demonteren en	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1 post		afvoeren ketel	€ 0	0%	360	€ 250	€ 842
<i>Distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>Afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>Ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>Totaal</b>							<b>€ 9.070</b>



**HR ketel 250 kW**

Aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting plm\eh	derden	totaal	
<i>Opwekking</i>						<b>€ 17.398</b>	
1	st.	ketels 250 kW	€ 17.500	30%	850	€ 0	€ 15.531
1	post	rookgasafvoer	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	condensleiding aanpassen	€ 100	0%	90	€ 0	€ 255
1	post	regeltechniek aansluiten ketels op bestaande	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	installatie reviseren / aanpassen	€ 250	0%	250	€ 0	€ 677
1	post	verdeler	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	demonteren en afvoeren ketel	€ 0	0%	420	€ 250	€ 935
<i>Distributiesysteem</i>						<b>€ 0</b>	
<i>Afgiftesysteem</i>						<b>€ 0</b>	
<i>Ruimteregeling</i>						<b>€ 0</b>	
<b>Totaal</b>						<b>€ 17.398</b>	

**HR ketel 500 kW**

Aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting plm\eh	derden	totaal	
<i>Opwekking</i>						<b>€ 28.067</b>	
1	st.	ketels 500 kW	€ 30.000	30%	900	€ 0	€ 25.763
1	post	rookgasafvoer	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	condensleiding aanpassen	€ 150	0%	120	€ 0	€ 360
1	post	regeltechniek aansluiten ketels op bestaande	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	installatie reviseren / aanpassen	€ 350	0%	360	€ 0	€ 963
1	post	verdeler	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	demonteren en afvoeren ketel	€ 0	0%	450	€ 250	€ 981
<i>Distributiesysteem</i>						<b>€ 0</b>	
<i>Afgiftesysteem</i>						<b>€ 0</b>	
<i>Ruimteregeling</i>						<b>€ 0</b>	
<b>Totaal</b>						<b>€ 28.067</b>	

**HR ketel 1000 kW**

Aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>Opwekking</i>							<b>€ 54.964</b>
2 st.		ketels 500 kW	€ 30.000	30%	900	€ 0	€ 51.526
1 post		rookgasafvoer	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1 post		condensleiding aanpassen	€ 300	0%	180	€ 0	€ 627
1 post		regeltechniek aansluiten ketels op bestaande	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1 post		installatie reviseren / aanpassen	€ 350	0%	360	€ 0	€ 963
1 post		verdeler	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1 post		demonteren en afvoeren ketel	€ 0	0%	900	€ 400	€ 1.848
<i>Distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>Afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>Ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>Totaal</b>							<b>€ 54.964</b>

**HR ketel 2000 kW**

Aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>Opwekking</i>							<b>€ 88.132</b>
2 st.		ketels 1000 kW	€ 50.000	30%	1.000	€ 0	€ 84.330
1 post		rookgasafvoer	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1 post		condensleiding aanpassen	€ 400	0%	240	€ 0	€ 836
1 post		regeltechniek aansluiten ketels op bestaande	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1 post		installatie reviseren / aanpassen	€ 350	0%	360	€ 0	€ 963
1 post		verdeler	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1 post		demonteren en afvoeren ketel	€ 0	0%	1.000	€ 400	€ 2.003
<i>Distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>Afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>Ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>Totaal</b>							<b>€ 88.132</b>

**HR ketel 4000 kW**

Aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>Opwekking</i>							<b>€ 175.480</b>
4 st.		ketels 1000 kW	€ 50.000	30%	1.000	€ 0	€ 168.659
1 post		rookgasafvoer	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1 post		condensleiding aanpassen	€ 500	0%	420	€ 0	€ 1.230
1 post		regeltechniek aansluiten ketels op bestaande	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1 post		installatie reviseren / aanpassen	€ 700	0%	720	€ 0	€ 1.926
1 post		verdeler	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1 post		demonteren en afvoeren ketel	€ 0	0%	2.000	€ 500	€ 3.664
<i>Distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>Afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>Ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>Totaal</b>							<b>€ 175.480</b>

**Overzicht installatiekosten - totaal en per kW voor HR-ketels**

vermogen	eenheid	totale installatiekosten		installatiekosten per kW	
25	kW	€ 2.156	€	86,26	/kW
50	kW	€ 3.212	€	64,25	/kW
100	kW	€ 4.512	€	45,12	/kW
150	kW	€ 9.070	€	60,47	/kW
250	kW	€ 17.398	€	69,59	/kW
500	kW	€ 28.067	€	56,13	/kW
1000	kW	€ 54.964	€	54,96	/kW
2000	kW	€ 88.132	€	44,07	/kW
4000	kW	€ 175.480	€	43,87	/kW

## Elektrische warmtepompen (buitenopstelling)

### elektrische WP 5 kW

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal	
<i>opwekking</i>								<b>€ 6.266</b>
1	st.	elektrische WP 5 kW elektrische voeding	€ 3.000	20%	360	€ 0	€ 3.342	
1	post	25mtr a 50 euro	€ 1.250	0%	0	€ 0	€ 1.451	
1	post	condensleiding aanpassen	€ 100	0%	60	€ 0	€ 209	
1	post	regeltechniek aansluiten elektrische WP op bestaande	€ 0	0%	0	€ 500	€ 570	
1	post	installatie reviseren / aanpassen	€ 100	0%	180	€ 0	€ 395	
1	post	verdeler demonteren en	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0	
1	post	afvoeren ketel	€ 0	0%	120	€ 100	€ 300	
<i>distributiesysteem</i>								<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>								<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>								<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>								<b>€ 6.266</b>

### elektrische WP 15 kW

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal	
<i>opwekking</i>								<b>€ 10.072</b>
1	st.	elektrische WP 15 kW elektrische voeding	€ 7.000	20%	420	€ 0	€ 7.149	
1	post	25mtr a 50 euro	€ 1.250	0%	0	€ 0	€ 1.451	
1	post	condensleiding aanpassen	€ 100	0%	60	€ 0	€ 209	
1	post	regeltechniek aansluiten elektrische WP op bestaande	€ 0	0%	0	€ 500	€ 570	
1	post	installatie reviseren / aanpassen	€ 100	0%	180	€ 0	€ 395	
1	post	verdeler demonteren en	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0	
1	post	afvoeren ketel	€ 0	0%	120	€ 100	€ 300	
<i>distributiesysteem</i>								<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>								<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>								<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>								<b>€ 10.072</b>

**elektrische WP 25 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 13.575</b>
1	st.	elektrische WP 25 kW elektrische voeding	€ 10.000	20%	640	€ 0	€ 10.274
1	post	25mtr a 50 euro	€ 1.250	0%	0	€ 0	€ 1.451
1	post	condensleiding aanpassen	€ 100	0%	60	€ 0	€ 209
1	post	regeltechniek aansluiten elektrische WP op bestaande	€ 0	0%	0	€ 750	€ 855
1	post	installatie reviseren / aanpassen	€ 100	0%	240	€ 0	€ 487
1	post	verdeler demonteren en	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	afvoeren ketel	€ 0	0%	120	€ 100	€ 300
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 13.575</b>

**elektrische WP 50 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 19.891</b>
1	st.	elektrische WP 50 kW elektrische voeding	€ 15.000	20%	720	€ 0	€ 15.040
1	post	25mtr a 100 euro	€ 2.500	0%	0	€ 0	€ 2.901
1	post	condensleiding aanpassen	€ 100	0%	60	€ 0	€ 209
1	post	regeltechniek aansluiten elektrische WP op bestaande	€ 0	0%	0	€ 1.000	€ 1.139
1	post	installatie reviseren / aanpassen	€ 100	0%	120	€ 0	€ 302
1	post	verdeler demonteren en	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	afvoeren ketel	€ 0	0%	120	€ 100	€ 300
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 19.891</b>

**elektrische WP 100 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 26.454</b>
1	st.	elektrische WP 100 kW elektrische voeding	€ 20.000	20%	840	€ 0	€ 19.868
1	post	25mtr a 150 euro	€ 3.750	0%	0	€ 0	€ 4.352
1	post	condensleiding aanpassen	€ 100	0%	60	€ 0	€ 209
1	post	regeltechniek aansluiten elektrische WP op bestaande	€ 0	0%	0	€ 1.250	€ 1.424
1	post	installatie reviseren / aanpassen	€ 100	0%	120	€ 0	€ 302
1	post	verdeler demonteren en	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	afvoeren ketel	€ 0	0%	120	€ 100	€ 300
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 26.454</b>

**elektrische WP 150 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 33.602</b>
1	st.	elektrische WP 150 kW elektrische voeding	€ 25.000	20%	920	€ 0	€ 24.634
1	post	25mtr a 200 euro	€ 5.000	0%	0	€ 0	€ 5.803
1	post	condensleiding aanpassen	€ 100	0%	60	€ 0	€ 209
1	post	regeltechniek aansluiten elektrische WP op bestaande	€ 0	0%	0	€ 1.500	€ 1.709
1	post	installatie reviseren / aanpassen	€ 150	0%	150	€ 0	€ 406
1	post	verdeler demonteren en	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	afvoeren ketel	€ 0	0%	360	€ 250	€ 842
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 33.602</b>

**elektrische WP 250 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 42.593</b>
1	st.	elektrische WP 250 kW elektrische voeding	€ 32.000	20%	960	€ 0	€ 31.194
1	post	25mtr a 250 euro	€ 6.250	0%	0	€ 0	€ 7.253
1	post	condensleiding aanpassen	€ 100	0%	90	€ 0	€ 255
1	post	regeltechniek aansluiten elektrische WP op bestaande	€ 0	0%	0	€ 2.000	€ 2.279
1	post	installatie reviseren / aanpassen	€ 250	0%	250	€ 0	€ 677
1	post	verdeler demonteren en	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	afvoeren ketel	€ 0	0%	420	€ 250	€ 935
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 42.593</b>

**elektrische WP 500 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 83.187</b>
2	st.	elektrische WP 250 kW elektrische voeding	€ 32.000	20%	960	€ 0	€ 62.388
2	post	25mtr a 250 euro	€ 6.250	0%	0	€ 0	€ 14.506
1	post	condensleiding aanpassen	€ 150	0%	120	€ 0	€ 360
1	post	regeltechniek aansluiten elektrische WP op bestaande	€ 0	0%	0	€ 3.500	€ 3.988
1	post	installatie reviseren / aanpassen	€ 350	0%	360	€ 0	€ 963
1	post	verdeler demonteren en	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	afvoeren ketel	€ 0	0%	450	€ 250	€ 981
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 83.187</b>

**elektrische WP 1000 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 113.070</b>
2	st.	elektrische WP 500 kW elektrische voeding	€ 45.000	20%	960	€ 0	€ 86.527
2	post	25mtr a 300 euro	€ 7.500	0%	0	€ 0	€ 17.408
1	post	condensleiding aanpassen	€ 300	0%	180	€ 0	€ 627
1	post	regeltechniek aansluiten elektrische WP op bestaande	€ 0	0%	0	€ 5.000	€ 5.697
1	post	installatie reviseren / aanpassen	€ 350	0%	360	€ 0	€ 963
1	post	verdeler demonteren en	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	afvoeren ketel	€ 0	0%	900	€ 400	€ 1.848
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 113.070</b>

**elektrische WP 2000 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 220.464</b>
4	st.	elektrische WP 500 kW elektrische voeding	€ 45.000	20%	1.000	€ 0	€ 173.301
4	post	25mtr a 300 euro	€ 7.500	0%	0	€ 0	€ 34.815
1	post	condensleiding aanpassen	€ 400	0%	240	€ 0	€ 836
1	post	regeltechniek aansluiten elektrische WP op bestaande	€ 0	0%	0	€ 7.500	€ 8.546
1	post	installatie reviseren / aanpassen	€ 350	0%	360	€ 0	€ 963
1	post	verdeler demonteren en	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	afvoeren ketel	€ 0	0%	1.000	€ 400	€ 2.003
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 220.464</b>



**Overzicht installatiekosten - totaal en per kW voor elektrische warmtepompen (buitenopstelling)**

<b>vermogen</b>	<b>eenheid</b>	<b>totale installatiekosten</b>	<b>installatiekosten per kW</b>
5	kW	€ 6.266	€ 1.253,13 /kW
15	kW	€ 10.072	€ 671,47 /kW
25	kW	€ 13.575	€ 543,02 /kW
50	kW	€ 19.891	€ 397,82 /kW
100	kW	€ 26.454	€ 264,54 /kW
150	kW	€ 33.602	€ 224,01 /kW
250	kW	€ 42.593	€ 170,37 /kW
500	kW	€ 83.187	€ 166,37 /kW
1000	kW	€ 113.070	€ 113,07 /kW
2000	kW	€ 220.464	€ 110,23 /kW

## Elektrische warmtepompen op retourlucht

### elektrische WP 15 kW

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 12.878</b>
1	st.	elektrische WP 15 kW elektrische voeding	€ 7.000	20%	420	€ 0	€ 7.149
1	post	25mtr a 50 euro	€ 1.250	0%	0	€ 0	€ 1.451
1	post	condensleiding aanpassen	€ 100	0%	60	€ 0	€ 209
1	post	regeltechniek aansluiten elektrische WP op bestaande	€ 0	0%	0	€ 1.000	€ 1.139
1	post	installatie aanbrengen batterij in	€ 100	0%	180	€ 0	€ 395
1	post	afzuigkanaal demonteren en	€ 1.500	0%	320	€ 0	€ 2.236
1	post	afvoeren ketel	€ 0	0%	120	€ 100	€ 300
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 12.878</b>

### elektrische WP 25 kW

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 17.308</b>
1	st.	elektrische WP 25 kW elektrische voeding	€ 10.000	20%	640	€ 0	€ 10.274
1	post	25mtr a 50 euro	€ 1.250	0%	0	€ 0	€ 1.451
1	post	condensleiding aanpassen	€ 100	0%	60	€ 0	€ 209
1	post	regeltechniek aansluiten elektrische WP op bestaande	€ 0	0%	0	€ 1.500	€ 1.709
1	post	installatie aanbrengen batterij in	€ 100	0%	240	€ 0	€ 487
1	post	afzuigkanaal demonteren en	€ 2.000	0%	360	€ 0	€ 2.878
1	post	afvoeren ketel	€ 0	0%	120	€ 100	€ 300
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 17.308</b>

**elektrische WP 50 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 24.582</b>
1	st.	elektrische WP 50 kW elektrische voeding	€ 15.000	20%	720	€ 0	€ 15.040
1	post	25mtr a 100 euro	€ 2.500	0%	0	€ 0	€ 2.901
1	post	condensleiding aanpassen	€ 100	0%	60	€ 0	€ 209
1	post	regeltechniek aansluiten elektrische WP op bestaande	€ 0	0%	0	€ 2.000	€ 2.279
1	post	installatie aanbrengen batterij in	€ 100	0%	120	€ 0	€ 302
1	post	afzuigkanaal demonteren en	€ 2.500	0%	420	€ 0	€ 3.551
1	post	afvoeren ketel	€ 0	0%	120	€ 100	€ 300
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 24.582</b>

**elektrische WP 100 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 32.103</b>
1	st.	elektrische WP 100 kW elektrische voeding	€ 20.000	20%	840	€ 0	€ 19.868
1	post	25mtr a 150 euro	€ 3.750	0%	0	€ 0	€ 4.352
1	post	condensleiding aanpassen	€ 100	0%	60	€ 0	€ 209
1	post	regeltechniek aansluiten elektrische WP op bestaande	€ 0	0%	0	€ 2.500	€ 2.849
1	post	installatie aanbrengen batterij in	€ 100	0%	120	€ 0	€ 302
1	post	afzuigkanaal demonteren en	€ 3.000	0%	480	€ 0	€ 4.224
1	post	afvoeren ketel	€ 0	0%	120	€ 100	€ 300
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 32.103</b>

**elektrische WP 150 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 40.696</b>
1	st.	elektrische WP 150 kW elektrische voeding	€ 25.000	20%	920	€ 0	€ 24.634
1	post	25mtr a 200 euro	€ 5.000	0%	0	€ 0	€ 5.803
1	post	condensleiding aanpassen	€ 100	0%	60	€ 0	€ 209
1	post	regeltechniek aansluiten elektrische WP op bestaande	€ 0	0%	0	€ 3.000	€ 3.418
1	post	installatie aanbrengen batterij in	€ 150	0%	150	€ 0	€ 406
1	post	afzuigkanaal demonteren en	€ 4.000	0%	480	€ 0	€ 5.385
1	post	afvoeren ketel	€ 0	0%	360	€ 250	€ 842
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 40.696</b>

**elektrische WP 250 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 50.940</b>
1	st.	elektrische WP 250 kW elektrische voeding	€ 32.000	20%	960	€ 0	€ 31.194
1	post	25mtr a 250 euro	€ 6.250	0%	0	€ 0	€ 7.253
1	post	condensleiding aanpassen	€ 100	0%	90	€ 0	€ 255
1	post	regeltechniek aansluiten elektrische WP op bestaande	€ 0	0%	0	€ 3.500	€ 3.988
1	post	installatie aanbrengen batterij in	€ 250	0%	250	€ 0	€ 677
1	post	afzuigkanaal demonteren en	€ 5.000	0%	540	€ 0	€ 6.638
1	post	afvoeren ketel	€ 0	0%	420	€ 250	€ 935
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 50.940</b>

**elektrische WP 500 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 96.269</b>
2	st.	elektrische WP 250 kW elektrische voeding	€ 32.000	20%	960	€ 0	€ 62.388
2	post	25mtr a 250 euro	€ 6.250	0%	0	€ 0	€ 14.506
1	post	condensleiding aanpassen	€ 150	0%	120	€ 0	€ 360
1	post	regeltechniek aansluiten elektrische WP op bestaande	€ 0	0%	0	€ 5.000	€ 5.697
1	post	installatie aanbrengen batterij in	€ 350	0%	360	€ 0	€ 963
1	post	afzuigkanaal demonteren en	€ 9.000	0%	600	€ 0	€ 11.373
1	post	afvoeren ketel	€ 0	0%	450	€ 250	€ 981
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 96.269</b>

**elektrische WP 1000 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 131.538</b>
2	st.	elektrische WP 500 kW elektrische voeding	€ 45.000	20%	960	€ 0	€ 86.527
2	post	25mtr a 300 euro	€ 7.500	0%	0	€ 0	€ 17.408
1	post	condensleiding aanpassen	€ 300	0%	180	€ 0	€ 627
1	post	regeltechniek aansluiten elektrische WP op bestaande	€ 0	0%	0	€ 7.500	€ 8.546
1	post	installatie aanbrengen batterij in	€ 350	0%	360	€ 0	€ 963
1	post	afzuigkanaal demonteren en	€ 12.500	0%	720	€ 0	€ 15.620
1	post	afvoeren ketel	€ 0	0%	900	€ 400	€ 1.848
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 131.538</b>

*elektrische WP 2000 kW*

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 248.193</b>
4 st.		elektrische WP 500 kW elektrische voeding	€ 45.000	20%	1.000	€ 0	€ 173.301
4 post		25mtr a 300 euro	€ 7.500	0%	0	€ 0	€ 34.815
1 post		condensleiding aanpassen	€ 400	0%	240	€ 0	€ 836
1 post		regeltechniek aansluiten elektrische WP op bestaande	€ 0	0%	0	€ 10.000	€ 11.394
1 post		installatie aanbrengen batterij in	€ 350	0%	360	€ 0	€ 963
1 post		afzuigkanaal demonteren en	€ 20.000	0%	1.080	€ 0	€ 24.881
1 post		afvoeren ketel	€ 0	0%	1.000	€ 400	€ 2.003
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>Totaal</b>							<b>€ 248.193</b>

**Overzicht installatiekosten - totaal en per kW voor elektrische warmtepompen op retourlucht**

vermogen	eenheid	totale installatiekosten	installatiekosten per kW
15	kW	€ 12.878	€ 858,51 /kW
25	kW	€ 17.308	€ 692,32 /kW
50	kW	€ 24.582	€ 491,63 /kW
100	kW	€ 32.103	€ 321,03 /kW
150	kW	€ 40.696	€ 271,31 /kW
250	kW	€ 50.940	€ 203,76 /kW
500	kW	€ 96.269	€ 192,54 /kW
1000	kW	€ 131.538	€ 131,54 /kW
2000	kW	€ 248.193	€ 124,10 /kW

## Gasgestookte warmtepompen

### gasgestookte WP 35 kW

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 27.298</b>
1	st.	gasgestookte WP 35 kW elektrische	€ 17.000	10%	960	€ 0	€ 19.241
1	post	voeding	€ 0	0%	0	€ 200	€ 228
1	post	opstelframe aanpassen	€ 0	0%	60	€ 800	€ 1.004
1	post	regeltechniek aansluiten	€ 0	0%	0	€ 5.000	€ 5.697
1	post	gasgestookte WP op bestaande installatie reviseren / aanpassen	€ 500	0%	160	€ 0	€ 828
1	post	verdeler demonteren en	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	afvoeren ketel	€ 0	0%	120	€ 100	€ 300
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 27.298</b>

### gasgestookte WP 70 kW

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 49.863</b>
2	st.	gasgestookte WP 35 kW elektrische	€ 17.000	10%	960	€ 0	€ 38.482
1	post	voeding	€ 0	0%	0	€ 200	€ 228
1	post	opstelframe aanpassen	€ 0	0%	60	€ 1.000	€ 1.232
1	post	regeltechniek aansluiten	€ 0	0%	0	€ 7.500	€ 8.546
1	post	gasgestookte WP op bestaande installatie reviseren / aanpassen	€ 500	0%	320	€ 0	€ 1.075
1	post	verdeler demonteren en	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	afvoeren ketel	€ 0	0%	120	€ 100	€ 300
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 49.863</b>

**gasgestookte WP 105 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 71.246</b>
3 st.		gasgestookte WP 35 kW elektrische	€ 17.000	10%	960	€ 0	€ 57.723
1 post		voeding	€ 0	0%	0	€ 200	€ 228
1 post		opstelframe aanpassen	€ 0	0%	60	€ 1.000	€ 1.232
1 post		regeltechniek aansluiten	€ 0	0%	0	€ 9.000	€ 10.255
1 post		gasgestookte WP op bestaande installatie reviseren / aanpassen	€ 500	0%	480	€ 0	€ 1.323
1 post		verdeler demonteren en	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1 post		afvoeren ketel	€ 0	0%	240	€ 100	€ 485
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 71.246</b>

**gasgestookte WP 140 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 92.288</b>
4 st.		gasgestookte WP 35 kW elektrische	€ 17.000	10%	960	€ 0	€ 76.964
1 post		voeding	€ 0	0%	0	€ 200	€ 228
1 post		opstelframe aanpassen	€ 0	0%	60	€ 1.000	€ 1.232
1 post		regeltechniek aansluiten	€ 0	0%	0	€ 10.000	€ 11.394
1 post		gasgestookte WP op bestaande installatie reviseren / aanpassen	€ 750	0%	640	€ 0	€ 1.861
1 post		verdeler demonteren en	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1 post		afvoeren ketel	€ 0	0%	320	€ 100	€ 609
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 92.288</b>



**gasgestookte WP 210 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 131.850</b>
6 st.		gasgestookte WP 35 kW	€ 17.000	10%	960	€ 0	€ 115.447
1 post		elektrische voeding	€ 0	0%	0	€ 200	€ 228
1 post		opstelframe aanpassen	€ 0	0%	60	€ 1.000	€ 1.232
1 post		regeltechniek aansluiten	€ 0	0%	0	€ 10.000	€ 11.394
1 post		gasgestookte WP op bestaande installatie	€ 1.200	0%	960	€ 0	€ 2.878
1 post		reviseren / aanpassen					
1 post		verdeler	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1 post		demonteren en afvoeren ketel	€ 0	0%	360	€ 100	€ 671
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 131.850</b>

**Overzicht installatiekosten - totaal en per kW voor gasgestookte warmtepompen**

vermogen	eenheid	totale installatiekosten	installatiekosten per kW
35	kW	€ 27.298	€ 779,94 /kW
70	kW	€ 49.863	€ 712,33 /kW
105	kW	€ 71.246	€ 678,54 /kW
140	kW	€ 92.288	€ 659,20 /kW
210	kW	€ 131.850	€ 627,86 /kW

## Airconditioning

### Compressie koelmachines

#### Koelmachine 5 kW

aantal	eh	Omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 5.511</b>
1	st.	koelmachine 5 kW elektrische voeding	€ 3.000	0%	360	€ 0	€ 4.039
1	post	aanpassen	€ 100	0%	0	€ 0	€ 116
1	post	Condensleiding	€ 0	0%	60	€ 0	€ 93
1	post	aanpassen regeltechniek aansluiten koelmachine	€ 0	0%	0	€ 500	€ 570
1	post	op bestaande installatie reviseren / aanpassen	€ 100	0%	180	€ 0	€ 395
1	post	verdeler	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	demonteren en afvoeren koelmachine	€ 0	0%	120	€ 100	€ 300
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 5.511</b>

#### Koelmachine 15 kW

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 9.666</b>
1	st.	koelmachine 15 kW elektrische voeding	€ 6.500	0%	420	€ 0	€ 8.193
1	post	aanpassen	€ 100	0%	0	€ 0	€ 116
1	post	condensleiding	€ 0	0%	60	€ 0	€ 93
1	post	aanpassen regeltechniek aansluiten koelmachine	€ 0	0%	0	€ 500	€ 570
1	post	op bestaande installatie reviseren / aanpassen	€ 100	0%	180	€ 0	€ 395
1	post	verdeler	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	demonteren en afvoeren koelmachine	€ 0	0%	120	€ 100	€ 300
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 9.666</b>

**Koelmachine 25 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 14.161</b>
1	st.	koelmachine 25 kW elektrische voeding	€ 10.000	0%	640	€ 0	€ 12.595
1	post	aanpassen	€ 100	0%	0	€ 0	€ 116
1	post	condensleiding	€ 0	0%	60	€ 0	€ 93
1	post	aanpassen regeltechniek aansluiten koelmachine	€ 0	0%	0	€ 500	€ 570
1	post	op bestaande installatie reviseren / aanpassen	€ 100	0%	240	€ 0	€ 487
1	post	verdeler	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	demonteren en afvoeren koelmachine	€ 0	0%	120	€ 100	€ 300
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 14.161</b>

**Koelmachine 50 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 20.186</b>
1	st.	koelmachine 50 kW elektrische voeding	€ 15.000	0%	720	€ 0	€ 18.522
1	post	aanpassen	€ 100	0%	0	€ 0	€ 116
1	post	condensleiding	€ 0	0%	60	€ 0	€ 93
1	post	aanpassen regeltechniek aansluiten koelmachine	€ 0	0%	0	€ 750	€ 855
1	post	op bestaande installatie reviseren / aanpassen	€ 100	0%	120	€ 0	€ 302
1	post	verdeler	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	demonteren en afvoeren koelmachine	€ 0	0%	120	€ 100	€ 300
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 20.186</b>

**Koelmachine 100 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 26.459</b>
1	st.	koelmachine 100 kW elektrische voeding	€ 20.000	0%	840	€ 0	€ 24.510
1	post	aanpassen	€ 100	0%	0	€ 0	€ 116
1	post	condensleiding	€ 0	0%	60	€ 0	€ 93
1	post	aanpassen regeltechniek aansluiten koelmachine	€ 0	0%	0	€ 1.000	€ 1.139
1	post	op bestaande installatie reviseren / aanpassen	€ 100	0%	120	€ 0	€ 302
1	post	verdeler	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	demonteren en afvoeren koelmachine	€ 0	0%	120	€ 100	€ 300
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 26.459</b>

**Koelmachine 150 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 33.317</b>
1	st.	koelmachine 150 kW elektrische voeding	€ 25.000	0%	920	€ 0	€ 30.436
1	post	aanpassen	€ 100	0%	0	€ 0	€ 116
1	post	condensleiding	€ 0	0%	60	€ 0	€ 93
1	post	aanpassen regeltechniek aansluiten koelmachine	€ 0	0%	0	€ 1.250	€ 1.424
1	post	op bestaande installatie reviseren / aanpassen	€ 150	0%	150	€ 0	€ 406
1	post	verdeler	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	demonteren en afvoeren koelmachine	€ 0	0%	360	€ 250	€ 842
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 33.317</b>

**Koelmachine 250 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 42.198</b>
1	st.	koelmachine 250 kW elektrische voeding	€ 32.000	0%	960	€ 0	€ 38.621
1	post	aanpassen	€ 100	0%	0	€ 0	€ 116
1	post	condensleiding	€ 0	0%	90	€ 0	€ 139
1	post	aanpassen regeltechniek aansluiten koelmachine	€ 0	0%	0	€ 1.500	€ 1.709
1	post	op bestaande installatie reviseren / aanpassen	€ 250	0%	250	€ 0	€ 677
1	post	verdeler	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	demonteren en afvoeren koelmachine	€ 0	0%	420	€ 250	€ 935
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 42.198</b>

**Koelmachine 500 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 82.454</b>
2	st.	koelmachine 250 kW elektrische voeding	€ 32.000	0%	960	€ 0	€ 77.243
2	post	aanpassen	€ 100	0%	0	€ 0	€ 232
1	post	condensleiding	€ 0	0%	120	€ 0	€ 186
1	post	aanpassen regeltechniek aansluiten koelmachine	€ 0	0%	0	€ 2.500	€ 2.849
1	post	op bestaande installatie reviseren / aanpassen	€ 350	0%	360	€ 0	€ 963
1	post	verdeler	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	demonteren en afvoeren koelmachine	€ 0	0%	450	€ 250	€ 981
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 82.454</b>

**Koelmachine 1000 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 114.726</b>
2	st.	koelmachine 500 kW elektrische voeding	€ 45.000	0%	960	€ 0	€ 107.416
2	post	aanpassen	€ 100	0%	0	€ 0	€ 232
1	post	condensleiding	€ 0	0%	180	€ 0	€ 279
1	post	aanpassen regeltechniek aansluiten koelmachine	€ 0	0%	0	€ 3.500	€ 3.988
1	post	op bestaande installatie reviseren / aanpassen	€ 350	0%	360	€ 0	€ 963
1	post	verdeler	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	demonteren en afvoeren koelmachine	€ 0	0%	900	€ 400	€ 1.848
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 114.726</b>

**Koelmachine 2000 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 224.578</b>
4	st.	koelmachine 500 kW elektrische voeding	€ 45.000	0%	1000	€ 0	€ 215.079
4	post	aanpassen	€ 100	0%	0	€ 0	€ 464
1	post	condensleiding	€ 0	0%	240	€ 0	€ 371
1	post	aanpassen regeltechniek aansluiten koelmachine	€ 0	0%	0	€ 5.000	€ 5.697
1	post	op bestaande installatie reviseren / aanpassen	€ 350	0%	360	€ 0	€ 963
1	post	verdeler	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	demonteren en afvoeren koelmachine	€ 0	0%	1000	€ 400	€ 2.003
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 224.578</b>

### Overzicht installatiekosten - totaal en per kW voor compressie koelmachines

<b>vermogen</b>	<b>eenheid</b>	<b>totale installatiekosten</b>	<b>installatiekosten per kW</b>	
5	kW	€ 5.511	€ 1.102,26	/kW
15	kW	€ 9.666	€ 644,39	/kW
25	kW	€ 14.161	€ 566,44	/kW
50	kW	€ 20.186	€ 403,73	/kW
100	kW	€ 26.459	€ 264,59	/kW
150	kW	€ 33.317	€ 222,12	/kW
250	kW	€ 42.198	€ 168,79	/kW
500	kW	€ 82.454	€ 164,91	/kW
1000	kW	€ 114.726	€ 114,73	/kW
2000	kW	€ 224.578	€ 112,29	/kW

## Koelmachine inclusief WKO

### Koelmachine 100 kW

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal	
<i>opwekking</i>								<b>€ 130.904</b>
1	st.	koelmachine 100 kW bronsysteem 900	€ 20.000	0%	840	€ 0	€ 24.510	
1	post	euro/kW elektrische voeding	€ 90.000	0%	0	€ 0	€ 104.445	
1	post	aanpassen	€ 100	0%	0	€ 0	€ 116	
1	post	condensleiding aanpassen	€ 0	0%	60	€ 0	€ 93	
1	post	regeltechniek aansluiten koelmachine op bestaande installatie	€ 0	0%	0	€ 1.000	€ 1.139	
1	post	reviseren / aanpassen verdeler demonteren en afvoeren	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0	
1	post	koelmachine	€ 0	0%	120	€ 100	€ 300	
<i>distributiesysteem</i>								<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>								<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>								<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>								<b>€ 130.904</b>

### Koelmachine 150 kW

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal	
<i>opwekking</i>								<b>€ 137.762</b>
1	st.	koelmachine 150 kW bronsysteem 600	€ 25.000	0%	920	€ 0	€ 30.436	
1	post	euro/kW elektrische voeding	€ 90.000	0%	0	€ 0	€ 104.445	
1	post	aanpassen	€ 100	0%	0	€ 0	€ 116	
1	post	condensleiding aanpassen	€ 0	0%	60	€ 0	€ 93	
1	post	regeltechniek aansluiten koelmachine op bestaande installatie	€ 0	0%	0	€ 1.250	€ 1.424	
1	post	reviseren / aanpassen verdeler demonteren en afvoeren	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0	
1	post	koelmachine	€ 0	0%	360	€ 250	€ 842	
<i>distributiesysteem</i>								<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>								<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>								<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>								<b>€ 137.762</b>



**Koelmachine 250 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 158.248</b>
1	st.	koelmachine 250 kW bronsysteem 400	€ 32.000	0%	960	€ 0	€ 38.621
1	post	euro/kW elektrische voeding	€ 100.000	0%	0	€ 0	€ 116.050
1	post	aanpassen	€ 100	0%	0	€ 0	€ 116
1	post	condensleiding aanpassen	€ 0	0%	90	€ 0	€ 139
1	post	regeltechniek aansluiten	€ 0	0%	0	€ 1.500	€ 1.709
1	post	koelmachine op bestaande installatie reviseren /	€ 250	0%	250	€ 0	€ 677
1	post	aanpassen verdeler demonteren en afvoeren	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	koelmachine	€ 0	0%	420	€ 250	€ 935
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 158.248</b>

**Koelmachine 500 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 314.554</b>
2	st.	koelmachine 250 kW bronsysteem 400	€ 32.000	0%	960	€ 0	€ 77.243
1	post	euro/kW elektrische voeding	€ 200.000	0%	0	€ 0	€ 232.100
2	post	aanpassen	€ 100	0%	0	€ 0	€ 232
1	post	condensleiding aanpassen	€ 0	0%	120	€ 0	€ 186
1	post	regeltechniek aansluiten	€ 0	0%	0	€ 2.500	€ 2.849
1	post	koelmachine op bestaande installatie reviseren /	€ 350	0%	360	€ 0	€ 963
1	post	aanpassen verdeler demonteren en afvoeren	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1	post	koelmachine	€ 0	0%	450	€ 250	€ 981
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 314.554</b>

**Koelmachine 1.000 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 462.876</b>
2 st.		koelmachine 500 kW bronsysteem 300	€ 45.000	0%	960	€ 0	€ 107.416
1 post		euro/kW elektrische voeding	€ 300.000	0%	0	€ 0	€ 348.150
2 post		aanpassen	€ 100	0%	0	€ 0	€ 232
1 post		condensleiding aanpassen	€ 0	0%	180	€ 0	€ 279
1 post		regeltechniek aansluiten	€ 0	0%	0	€ 3.500	€ 3.988
1 post		koelmachine op bestaande installatie	€ 350	0%	360	€ 0	€ 963
1 post		reviseren / aanpassen verdeler	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1 post		demonteren en afvoeren	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1 post		koelmachine	€ 0	0%	900	€ 400	€ 1.848
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 462.876</b>

**Koelmachine 2.000 kW**

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 920.878</b>
4 st.		koelmachine 500 kW bronsysteem 300	€ 45.000	0%	1.000	€ 0	€ 215.079
1 post		euro/kW elektrische voeding	€ 600.000	0%	0	€ 0	€ 696.300
4 post		aanpassen	€ 100	0%	0	€ 0	€ 464
1 post		condensleiding aanpassen	€ 0	0%	240	€ 0	€ 371
1 post		regeltechniek aansluiten	€ 0	0%	0	€ 5.000	€ 5.697
1 post		koelmachine op bestaande installatie	€ 350	0%	360	€ 0	€ 963
1 post		reviseren / aanpassen verdeler	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1 post		demonteren en afvoeren	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
1 post		koelmachine	€ 0	0%	1.000	€ 400	€ 2.003
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 920.878</b>

**Overzicht installatiekosten - totaal en per kW voor compressie koelmachines incl. WKO**

<b>vermogen</b>	<b>eenheid</b>	<b>totale installatiekosten</b>	<b>installatiekosten per kW</b>	
100	kW	€ 130.904	€ 1.309,04	/kW
150	kW	€ 137.762	€ 918,42	/kW
250	kW	€ 158.248	€ 632,99	/kW
500	kW	€ 314.554	€ 629,11	/kW
1000	kW	€ 462.876	€ 462,88	/kW
2000	kW	€ 920.878	€ 460,44	/kW

## Warmtapwater

### Zonneboilerinstallatie

#### warmtapwater

aantal	eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 61.741</b>
100	m <sup>2</sup>	zonnecollectoren incl. opstelframes	€ 350	20%	30	€ 0	€ 37.136
5	st.	opslagvaten 500 liter (aanvullend) geïsoleerd	€ 1.800	0%	450	€ 0	€ 13.926
1	st.	TSA	€ 2.500	0%	240	€ 0	€ 3.273
1	post	hoofdleidingwerk	€ 0	0%	0	€ 4.000	€ 4.558
1	post	besturing en bekabeling	€ 0	0%	0	€ 2.500	€ 2.849
<i>distributie</i>							<b>€ 0</b>
<i>woning</i>							<b>€ 0</b>
<b><i>totaal</i></b>							<b>€ 61.741</b>

## Ventilatie

### Twincoil Warmteterugwinning

<i>twincoil 1.000 m<sup>3</sup>/h</i>							
aantal	Eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 10.202</b>
1	st.	twincoil 1.000 m <sup>3</sup> /h elektrische voeding	€ 4.350	20%	360	€ 0	€ 4.596
2	st.	25mtr a 50 euro leidingwerk 50mtr +	€ 1.250	30%	0	€ 0	€ 2.031
1	post	isolatie pomp, appendages	€ 2.300	30%	0	€ 0	€ 1.868
1	post	e.d.	€ 1.000	20%	0	€ 0	€ 928
1	post	condensleiding	€ 100	0%	60	€ 0	€ 209
1	post	regeltechniek aansluiten twincoil op	€ 0	0%	0	€ 500	€ 570
0	post	bestaande installatie reviseren /	€ 100	0%	180	€ 0	€ 0
0	post	aanpassen verdeler demonteren en	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
0	post	bestaande kasten	€ 0	0%	180	€ 100	€ 0
<i>distributiesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 10.202</b>

<i>twincoil 2.500 m<sup>3</sup>/h</i>							
aantal	Eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 17.902</b>
1	st.	twincoil 2.500 m <sup>3</sup> /h elektrische voeding	€ 12.000	20%	360	€ 0	€ 11.698
2	st.	25mtr a 50 euro leidingwerk 50mtr +	€ 1.250	30%	0	€ 0	€ 2.031
1	post	isolatie pomp, appendages	€ 2.750	30%	0	€ 0	€ 2.234
1	post	e.d.	€ 1.250	20%	0	€ 0	€ 1.161
1	post	condensleiding	€ 100	0%	60	€ 0	€ 209
1	post	regeltechniek aansluiten twincoil op	€ 0	0%	0	€ 500	€ 570
0	post	bestaande installatie reviseren /	€ 100	0%	180	€ 0	€ 0
0	post	aanpassen verdeler demonteren en	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
0	post	bestaande kasten	€ 0	0%	180	€ 100	€ 0
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 17.902</b>

**twinoil 5.000 m<sup>3</sup>/h**

aantal	Eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 24.035</b>
1	st.	twinoil 5.000 m <sup>3</sup> /h elektrische voeding	€ 16.500	20%	1.080	€ 0	€ 16.990
2	st.	25mtr a 50 euro leidingwerk 50mtr +	€ 1.250	30%	0	€ 0	€ 2.031
1	post	isolatie	€ 3.500	30%	0	€ 0	€ 2.843
1	post	pomp, appendages					
1	post	e.d.	€ 1.500	20%	0	€ 0	€ 1.393
1	post	condensleiding	€ 100	0%	60	€ 0	€ 209
1	post	regeltechniek	€ 0	0%	0	€ 500	€ 570
0	post	aansluiten twinoil op bestaande installatie	€ 100	0%	180	€ 0	€ 0
0	post	reviseren /					
0	post	aanpassen verdeler	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
0	post	demonteren en bestaande kasten	€ 0	0%	270	€ 200	€ 0
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 24.035</b>

**twinoil 10.000 m<sup>3</sup>/h**

aantal	Eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal
<i>opwekking</i>							<b>€ 35.118</b>
1	st.	twinoil 10.000 m <sup>3</sup> /h elektrische voeding	€ 26.000	20%	1.980	€ 0	€ 27.202
2	st.	25mtr a 50 euro leidingwerk 50mtr +	€ 1.250	30%	0	€ 0	€ 2.031
1	post	isolatie	€ 4.000	30%	0	€ 0	€ 3.249
1	post	pomp, appendages					
1	post	e.d.	€ 2.000	20%	0	€ 0	€ 1.857
1	post	condensleiding	€ 100	0%	60	€ 0	€ 209
1	post	regeltechniek	€ 0	0%	0	€ 500	€ 570
0	post	aansluiten twinoil op bestaande installatie	€ 100	0%	180	€ 0	€ 0
0	post	reviseren /					
0	post	aanpassen verdeler	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0
0	post	demonteren en bestaande kasten	€ 0	0%	495	€ 300	€ 0
<i>afgiftesysteem</i>							<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>							<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>							<b>€ 35.118</b>

**twinoil 20.000 m<sup>3</sup>/h**

aantal	Eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal	
<i>opwekking</i>								<b>€ 51.133</b>
1	st.	twinoil 20.000 m <sup>3</sup> /h elektrische voeding	€ 39.500	20%	1980	€ 0	€ 39.736	
2	st.	25mtr a 50 euro leidingwerk 50mtr +	€ 1.250	30%	0	€ 0	€ 2.031	
1	post	isolatie	€ 6.000	30%	0	€ 0	€ 4.874	
1	post	pomp, appendages						
1	post	e.d.	€ 4.000	20%	0	€ 0	€ 3.714	
1	post	condensleiding	€ 100	0%	60	€ 0	€ 209	
1	post	regeltechniek	€ 0	0%	0	€ 500	€ 570	
0	post	aansluiten twinoil op bestaande installatie	€ 100	0%	180	€ 0	€ 0	
0	post	reviseren /						
0	post	aanpassen verdeler demonteren en	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0	
0	post	bestaande kasten	€ 0	0%	495	€ 400	€ 0	<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>								<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>								<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>								<b>€ 51.133</b>

**twinoil 40.000 m<sup>3</sup>/h**

aantal	Eh	omschrijving	mat\eh	korting	plm\eh	derden	totaal	
<i>opwekking</i>								<b>€ 74.053</b>
1	st.	twinoil 40.000 m <sup>3</sup> /h elektrische voeding	€ 58.500	20%	1980	€ 0	€ 57.375	
2	st.	25mtr a 50 euro leidingwerk 50mtr +	€ 1.250	30%	0	€ 0	€ 2.031	
1	post	isolatie	€ 8.500	30%	0	€ 0	€ 6.905	
1	post	pomp, appendages						
1	post	e.d.	€ 7.500	20%	0	€ 0	€ 6.963	
1	post	condensleiding	€ 100	0%	60	€ 0	€ 209	
1	post	regeltechniek	€ 0	0%	0	€ 500	€ 570	
0	post	aansluiten twinoil op bestaande installatie	€ 100	0%	180	€ 0	€ 0	
0	post	reviseren /						
0	post	aanpassen verdeler demonteren en	€ 0	0%	0	€ 0	€ 0	
0	post	bestaande kasten	€ 0	0%	495	€ 400	€ 0	<b>€ 0</b>
<i>afgiftesysteem</i>								<b>€ 0</b>
<i>ruimteregeling</i>								<b>€ 0</b>
<b>totaal</b>								<b>€ 74.053</b>

### Overzicht installatiekosten - totaal en per kW voor twincoil warmteterugwinning

<b>vermogen</b>	<b>eenheid</b>	<b>totale installatiekosten</b>	<b>Installatiekosten per kW</b>		
1000	m <sup>3</sup> /h	€ 10.202	€	10,20	m <sup>3</sup> /h
2500	m <sup>3</sup> /h	€ 17.902	€	7,16	m <sup>3</sup> /h
5000	m <sup>3</sup> /h	€ 24.035	€	4,81	m <sup>3</sup> /h
10000	m <sup>3</sup> /h	€ 35.118	€	3,51	m <sup>3</sup> /h
20000	m <sup>3</sup> /h	€ 51.133	€	2,56	m <sup>3</sup> /h
40000	m <sup>3</sup> /h	€ 74.053	€	1,85	m <sup>3</sup> /h



## C.5 Invoergegevens voor de kosten-baten analyse

In deze bijlage zijn de invoergegevens weergegeven die zijn gebruikt voor de financiële doorrekening van de energiebesparende installatiemaatregelen.

In onderstaande tabellen zijn per installatiecomponent de investeringskosten per eenheid weergegeven. De onderbouwing van de betreffende kosten is opgenomen in bijlage C.4.

Direct onder de tabel met de investeringskosten is voor elke energiebesparende maatregel voor die component een tabel met de daar bijbehorende energiebesparing vermeld.

De besparingen zijn weergegeven in bandbreedtes (lage=minimale besparing en hoge=maximale besparing) voor een aantal relevante capaciteitsgroepen (35 kW, 70 kW etc.).

Aangezien bij elektrische warmtepompen sprake is van een andere energiedrager (elektriciteit) dan voor de referentievariant (gas voor de HR-ketel), zijn de tabellen bij de elektrische warmtepomp opgesplitst in een besparing in gasgebruik (aangegeven in groen) en een verbruik in elektra (aangegeven in rood). Dit is zowel weergegeven voor laag=minimale besparing als hoog=maximale besparing). Bij het toepassen van elektrische warmtepompen met een ketel voor de piekbelasting, wordt in de energiebesparende variant naast elektriciteit voor de warmtepomp ook nog gas door de ketel verbruikt (beiden in rood aangegeven). De financiële analyse is uitgevoerd door de besparing op energiekosten voor gas (in groen) af te trekken van de gebruikskosten voor elektriciteit en eventueel gas (in rood).

## Ruimteverwarmingmaatregelen

### referentie HR-100 ketel (0,85 - 0,975)

#### Investeringskosten per kWth

	thermisch vermogen (in kWth)										
	5	15	25	50	100	150	250	500	1000	2000	4000
HR ketel (in €/kWth)	nvt	nvt	86	64	45	60	70	56	55	44	44

### Gasgestookte warmtepomp (1,4 - 1,6)

#### Investeringskosten per kWth

	thermisch vermogen (in kWth)							
	5	15	25	35	70	105	140	210
gasgestookte warmtepomp (in €/kWth)	nvt	nvt	nvt	780	712	680	660	630

#### jaarlijkse besparing (in m<sup>3</sup> gas) gasgestookte WP tov HR ketel

	thermisch vermogen (in kWth)									
	35		70		105		140		210	
	laag	hoog	laag	hoog	laag	hoog	laag	hoog	laag	hoog
Kantoorfunctie	324	2022	648	4044	972	6066	1296	8088	1943	12133
bijeenkomstfunctie, overig	234	1921	468	3842	702	5763	936	7685	1404	11527
bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	661	2414	1323	4829	1984	7243	2645	9657	3968	14486
logiesfunctie, zijnde een logeisgebouw	401	2601	802	5201	1202	7802	1603	10402	2405	15604
Onderwijsfunctie	906	2678	1811	5355	2717	8033	3622	10710	5434	16066
sportfunctie, anders dan matig verwarmd	426	2154	851	4308	1277	6462	1702	8615	2553	12923
sportfunctie, matig verwarmd	115	852	229	1705	344	2557	458	3409	688	5114
Winkelfunctie	474	2665	948	5330	1421	7995	1895	10660	2843	15989
gezondheidsfunctie met bedgebied	1290	5096	2580	10191	3869	15287	5159	20383	7739	30574
gezondheidsfunctie overig	350	2058	699	4115	1049	6173	1398	8230	2098	12345
Celfunctie	801	4046	1602	8092	2402	12138	3203	16185	4805	24277
Woonfunctie	22	3605	43	7210	65	10815	87	14420	130	21630

### Gasgestookte warmtepomp (1,4 - 1,6) met piek HR ketel

#### Investeringskosten per kWth

	thermisch vermogen (in kWth)										
	5	15	25	50	100	150	250	500	1000	2000	4000
gasgestookte warmtepomp	nvt	nvt	nvt	nvt	800	780	720	670	620	nvt	nvt
HR Ketel (in €/kWth)	nvt	nvt			55	55	60	60	55		
gasgestookte warmtepomp met HR ketel (in €/kWth)						241,25	236,25	225	212,5	196,25	

#### jaarlijkse besparing (in m<sup>3</sup> gas) gasgestookte WP met piekketel tov HR ketel

	thermisch vermogen (in kWth)									
	100		150		250		500		1000	
	laag	hoog	laag	hoog	laag	hoog	laag	hoog	laag	hoog
Kantoorfunctie	720	5270	1079	7905	1799	13176	3598	26351	7196	52703
bijeenkomstfunctie, overig	520	5007	780	7511	1300	12518	2600	25036	5199	50072
bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	1469	6293	2204	9439	3673	15732	7347	31463	14694	62927
logiesfunctie, zijnde een logeisgebouw	891	6778	1336	10167	2226	16945	4453	33891	8905	67781
Onderwijsfunctie	2012	6979	3018	10468	5030	17447	10060	34894	20120	69788
sportfunctie, anders dan matig verwarmd	945	5614	1418	8421	2363	14034	4727	28068	9454	56137
sportfunctie, matig verwarmd	255	2222	382	3332	637	5554	1273	11108	2546	22215
Winkelfunctie	1053	6946	1579	10419	2632	17364	5263	34728	10526	69457
gezondheidsfunctie met bedgebied	2866	13281	4298	19922	7164	33203	14328	66406	28657	132811
gezondheidsfunctie overig	777	5363	1165	8044	1942	13407	3884	26813	7767	53627
Celfunctie	1779	10546	2669	15819	4448	26364	8896	52728	17792	105457
Woonfunctie	3	9950	4	14925	7	24876	15	49752	30	99503

### Elektrische warmtepomp (2,8 - 3,4)

#### Investeringskosten per kWth

	thermisch vermogen (in kWth)										
	5	15	25	50	100	150	250	500	1000	2000	4000
elektrische warmtepomp (in €/kWth)	1250	671	543	398	265	224	170	166	113	110	nvt

jaarlijkse besparing elektrische WP (in kWh versus m<sup>3</sup> gas)  
thermisch vermogen (in kWth)

	5		5		15		15		25		25	
	laag m <sup>3</sup> gas	laag kWh	hoog m <sup>3</sup> gas	hoog kWh	laag m <sup>3</sup> gas	laag kWh	hoog m <sup>3</sup> gas	hoog kWh	laag m <sup>3</sup> gas	laag kWh	hoog m <sup>3</sup> gas	hoog kWh
Kantoorfunctie	149	506	546	1184	448	1518	1637	3552	747	2530	2728	5920
bijeenkomstfunctie, overig	108	366	518	1125	324	1097	1555	3375	540	1828	2592	5625
bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	305	1033	652	1414	915	3100	1955	4241	1525	5166	3258	7069
logiesfunctie, zijnde een logeisgebouw	185	626	702	1523	554	1879	2105	4569	924	3131	3509	7614
Onderwijsfunctie	418	1415	723	1568	1253	4244	2168	4704	2088	7074	3613	7840
sportfunctie, anders dan matig verwarmd	196	665	581	1261	589	1994	1744	3784	981	3324	2906	6306
sportfunctie, matig verwarmd	53	179	230	499	159	537	690	1497	264	895	1150	2496
Winkelfunctie	218	740	719	1561	655	2221	2157	4682	1092	3701	3596	7803
gezondheidsfunctie met bedgebied	595	2015	1375	2984	1784	6045	4125	8952	2974	10075	6875	14920
gezondheidsfunctie overig	161	546	555	1205	484	1639	1666	3615	806	2731	2776	6024
Celfunctie	369	1251	1092	2369	1108	3753	3276	7108	1846	6255	5459	11847
<b>Woonfunctie</b>	<b>54</b>	<b>184</b>	<b>1776</b>	<b>3853</b>	<b>163</b>	<b>553</b>	<b>5327</b>	<b>11559</b>	<b>272</b>	<b>922</b>	<b>8878</b>	<b>19265</b>

jaarlijkse besparing elektrische WP (in kWh versus m<sup>3</sup> gas)  
thermisch vermogen (in kWth)

	50		50		100		100		150		150	
	laag m <sup>3</sup> gas	laag kWh	hoog m <sup>3</sup> gas	hoog kWh	laag m <sup>3</sup> gas	laag kWh	hoog m <sup>3</sup> gas	hoog kWh	laag m <sup>3</sup> gas	laag kWh	hoog m <sup>3</sup> gas	hoog kWh
Kantoorfunctie	1493	5060	5457	11841	2987	10120	10913	23682	4480	15180	16370	35523
bijeenkomstfunctie, overig	1079	3656	5184	11250	2158	7312	10368	22500	3237	10968	15553	33749
bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	3050	10332	6515	14138	6099	20665	13030	28276	9149	30997	19545	42414
logiesfunctie, zijnde een logeisgebouw	1848	6262	7018	15229	3697	12524	14036	30457	5545	18786	21053	45686
Onderwijsfunctie	4176	14148	7226	15680	8352	28296	14451	31359	12528	42444	21677	47039
sportfunctie, anders dan matig verwarmd	1962	6648	5812	12612	3924	13295	11624	25225	5886	19943	17436	37837
sportfunctie, matig verwarmd	528	1790	2300	4991	1057	3581	4600	9982	1585	5371	6900	14973
Winkelfunctie	2185	7402	7191	15605	4369	14804	14383	31210	6554	22205	21574	46815
gezondheidsfunctie met bedgebied	5948	20151	13751	29839	11895	40301	27501	59679	17843	60452	41252	89518
gezondheidsfunctie overig	1612	5462	5552	12049	3224	10924	11105	24097	4836	16385	16657	36146
Celfunctie	3693	12511	10919	23693	7385	25021	21837	47387	11078	37532	32756	71080
<b>Woonfunctie</b>	<b>544</b>	<b>1844</b>	<b>17755</b>	<b>38529</b>	<b>1089</b>	<b>3688</b>	<b>35511</b>	<b>77058</b>	<b>1633</b>	<b>5533</b>	<b>53266</b>	<b>115588</b>

**Elektrische warmtepomp (2,8 - 3,4)  
met piek HR ketel**

**Investeringskosten per kWth**

	thermisch vermogen (in kWth)										
	5	15	25	50	100	150	250	500	1000	2000	4000
elektrische WP (in €/kWth)			1250	700	543	475	350	250	170	165	110
HR Ketel (in €/kWth)			80	75	55	55	60	60	55	50	44
gasgestookte warmtepomp met HR ketel (in €/kWth)			372,5	231,25	177	160	132,5	107,5	83,75	78,75	60,5

**jaarlijkse besparing elektrische WP met piek HR ketel (in kWh versus m<sup>3</sup> gas)**

	thermisch vermogen (in kWth)											
	25 laag m <sup>3</sup> gas	25 laag kWh	25 laag m <sup>3</sup> gas	25 hoog m <sup>3</sup> gas	25 hoog kWh	25 hoog m <sup>3</sup> gas	50 laag m <sup>3</sup> gas	50 laag kWh	50 laag m <sup>3</sup> gas	50 hoog m <sup>3</sup> gas	50 hoog kWh	50 hoog m <sup>3</sup> gas
Kantoorfunctie	747	2083	190	2728	4881	470	1493	4165	379	5457	9763	941
bijeenkomstfunctie, overig	540	1505	137	2592	4638	447	1079	3010	274	5184	9276	894
bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	1525	4253	387	3258	5828	562	3050	8506	775	6515	11657	1123
logiesfunctie, zijnde een logeisgebouw	924	2577	235	3509	6278	605	1848	5155	470	7018	12556	1210
Onderwijsfunctie	2088	5823	531	3613	6464	623	4176	11646	1061	7226	12928	1246
sportfunctie, anders dan matig verwarmd	981	2736	249	2906	5200	501	1962	5472	499	5812	10399	1002
sportfunctie, matig verwarmd	264	737	67	1150	2058	198	528	1474	134	2300	4115	397
Winkelfunctie	1092	3047	278	3596	6433	620	2185	6093	555	7191	12867	1240
gezondheidsfunctie met bedgebied	2974	8294	756	6875	12301	1186	5948	16588	1511	13751	24603	2371
gezondheidsfunctie overig	806	2248	205	2776	4967	479	1612	4496	410	5552	9934	957
Celfunctie	1846	5149	469	5459	9768	941	3693	10299	938	10919	19535	1883
Woonfunctie	272	759	69	8878	15884	1531	544	1518	138	17755	31768	3062

jaarlijkse besparing elektrische WP met piek HR ketel (in kWh versus m<sup>3</sup> gas)

	100	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150	150
	laag m <sup>3</sup> gas	laag kWh	laag m <sup>3</sup> gas	hoog m <sup>3</sup> gas	hoog kWh	hoog m <sup>3</sup> gas	laag m <sup>3</sup> gas	laag kWh	laag m <sup>3</sup> gas	hoog m <sup>3</sup> gas	hoog kWh	hoog m <sup>3</sup> gas
Kantoorfunctie	2987	8331	759	10913	19526	1882	4480	12496	1138	16370	29289	2823
bijeenkomstfunctie, overig	2158	6019	548	10368	18551	1788	3237	9029	823	15553	27827	2682
bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	6099	17011	1550	13030	23314	2247	9149	25517	2325	19545	34971	3370
logiesfunctie, zijnde een logeisgebouw	3697	10310	939	14036	25112	2420	5545	15464	1409	21053	37668	3630
Onderwijsfunctie	8352	23293	2122	14451	25856	2492	12528	34939	3183	21677	38784	3738
sportfunctie, anders dan matig verwarmd	3924	10944	997	11624	20798	2004	5886	16417	1496	17436	31197	3007
sportfunctie, matig verwarmd	1057	2948	269	4600	8230	793	1585	4422	403	6900	12346	1190
Winkelfunctie	4369	12186	1110	14383	25733	2480	6554	18279	1665	21574	38600	3720
gezondheidsfunctie met bedgebied	11895	33176	3023	27501	49205	4742	17843	49763	4534	41252	73808	7113
gezondheidsfunctie overig	3224	8992	819	11105	19868	1915	4836	13488	1229	16657	29802	2872
Celfunctie	7385	20597	1877	21837	39071	3765	11078	30896	2815	32756	58606	5648
Woonfunctie	1089	3036	277	35511	63535	6123	1633	4554	415	53266	95303	9185

Elektrische warmtepomp op retourlucht (4,4 - 6,1)

Investeringskosten per kWth

	thermisch vermogen (in kWth)										
	5	15	25	50	100	150	250	500	1000	2000	4000
elektrische warmtepomp (in €/kWth)		860	692	492	321	271	204	193	131	124	

jaarlijkse besparing elektrische WP op retourlucht (in kWh versus m<sup>3</sup> gas)

	thermisch vermogen (in kWth)											
	5		5		15		15		25		25	
	laag m <sup>3</sup> gas	laag kWh	hoog m <sup>3</sup> gas	hoog kWh	laag m <sup>3</sup> gas	laag kWh	hoog m <sup>3</sup> gas	hoog kWh	laag m <sup>3</sup> gas	laag kWh	hoog m <sup>3</sup> gas	hoog kWh
Kantoorfunctie	149	319	546	655	448	958	1637	1965	747	1597	2728	3275
bijeenkomstfunctie, overig	108	231	518	622	324	692	1555	1867	540	1154	2592	3111
bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	305	652	652	782	915	1957	1955	2346	1525	3261	3258	3910
logiesfunctie, zijnde een logeisgebouw	185	395	702	842	554	1186	2105	2527	924	1976	3509	4212
Onderwijsfunctie	418	893	723	867	1253	2679	2168	2602	2088	4465	3613	4336
sportfunctie, anders dan matig verwarmd	196	420	581	698	589	1259	1744	2093	981	2098	2906	3488
sportfunctie, matig verwarmd	53	113	230	276	159	339	690	828	264	565	1150	1380
Winkelfunctie	218	467	719	863	655	1402	2157	2589	1092	2336	3596	4316
gezondheidsfunctie met bedgebied	595	1272	1375	1650	1784	3816	4125	4951	2974	6360	6875	8252
gezondheidsfunctie overig	161	345	555	666	484	1034	1666	1999	806	1724	2776	3332
Celfunctie	369	790	1092	1310	1108	2369	3276	3931	1846	3949	5459	6552
<b>Woonfunctie</b>	<b>54</b>	<b>116</b>	<b>1776</b>	<b>2131</b>	<b>163</b>	<b>349</b>	<b>5327</b>	<b>6393</b>	<b>272</b>	<b>582</b>	<b>8878</b>	<b>10655</b>

jaarlijkse besparing elektrische WP op retourlucht (in kWh versus m<sup>3</sup> gas)

	thermisch vermogen (in kWth)											
	50		50		100		100		150		150	
	laag m <sup>3</sup> gas	laag kWh	hoog m <sup>3</sup> gas	hoog kWh	laag m <sup>3</sup> gas	laag kWh	hoog m <sup>3</sup> gas	hoog kWh	laag m <sup>3</sup> gas	laag kWh	hoog m <sup>3</sup> gas	hoog kWh
Kantoorfunctie	1493	3194	5457	6549	2987	6388	10913	13099	4480	9582	16370	19648
bijeenkomstfunctie, overig	1079	2308	5184	6222	2158	4616	10368	12445	3237	6924	15553	18667
bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	3050	6522	6515	7820	6099	13044	13030	15640	9149	19566	19545	23460
logiesfunctie, zijnde een logeisgebouw	1848	3953	7018	8423	3697	7905	14036	16846	5545	11858	21053	25269
Onderwijsfunctie	4176	8931	7226	8672	8352	17861	14451	17345	12528	26792	21677	26017
sportfunctie, anders dan matig verwarmd	1962	4196	5812	6976	3924	8392	11624	13952	5886	12588	17436	20928
sportfunctie, matig verwarmd	528	1130	2300	2761	1057	2260	4600	5521	1585	3390	6900	8282
Winkelfunctie	2185	4672	7191	8631	4369	9344	14383	17263	6554	14016	21574	25894
gezondheidsfunctie met bedgebied	5948	12720	13751	16504	11895	25439	27501	33009	17843	38159	41252	49513
gezondheidsfunctie overig	1612	3448	5552	6664	3224	6895	11105	13328	4836	10343	16657	19993
Celfunctie	3693	7897	10919	13105	7385	15794	21837	26210	11078	23691	32756	39315
<b>Woonfunctie</b>	<b>544</b>	<b>1164</b>	<b>17755</b>	<b>21311</b>	<b>1089</b>	<b>2328</b>	<b>35511</b>	<b>42622</b>	<b>1633</b>	<b>3492</b>	<b>53266</b>	<b>63932</b>

**Elektrische warmtepomp op retourlucht (4,4 - 6,1)  
met piek HR ketel**

**Investeringskosten per kWth**

thermisch vermogen (in kWth)

	5	15	25	50	100	150	250	500	1000	2000	4000
elektrische WP op retourlucht (in €/kWth)				860	692	592	450	300	200	195	130
HR Ketel (in €/kWth)				75	55	55	60	60	55	50	44
gasgestookte warmtepomp met HR ketel (in €/kWth)				<b>271,25</b>	<b>214,25</b>	<b>189,25</b>	<b>157,5</b>	<b>120</b>	<b>91,25</b>	<b>86,25</b>	<b>65,5</b>

**jaarlijkse besparing elektrische WP op retourlucht met piek HR ketel (in kWh versus m<sup>3</sup> gas)**

thermisch vermogen (in kWth)

	50			50			100			100		
	laag m <sup>3</sup> gas	laag kWh	laag m <sup>3</sup> gas	hoog m <sup>3</sup> gas	hoog kWh	hoog m <sup>3</sup> gas	laag m <sup>3</sup> gas	laag kWh	laag m <sup>3</sup> gas	hoog m <sup>3</sup> gas	hoog kWh	hoog m <sup>3</sup> gas
Kantoorfunctie	1493	2651	379	5457	5442	941	2987	5301	759	10913	10883	1882
bijeenkomstfunctie, overig	1079	1915	274	5184	5170	894	2158	3831	548	10368	10340	1788
bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	3050	5413	775	6515	6497	1123	6099	10825	1550	13030	12995	2247
logiesfunctie, zijnde een logeisgebouw	1848	3280	470	7018	6999	1210	3697	6561	939	14036	13997	2420
Onderwijsfunctie	4176	7411	1061	7226	7206	1246	8352	14823	2122	14451	14411	2492
sportfunctie, anders dan matig verwarmd	1962	3482	499	5812	5796	1002	3924	6965	997	11624	11592	2004
sportfunctie, matig verwarmd	528	938	134	2300	2294	397	1057	1876	269	4600	4587	793
Winkelfunctie	2185	3877	555	7191	7172	1240	4369	7755	1110	14383	14343	2480
gezondheidsfunctie met bedgebied	5948	10556	1511	13751	13713	2371	11895	21112	3023	27501	27426	4742
gezondheidsfunctie overig	1612	2861	410	5552	5537	957	3224	5722	819	11105	11074	1915
Celfunctie	3693	6554	938	10919	10889	1883	7385	13107	1877	21837	21777	3765
Woonfunctie	544	966	138	17755	17707	3062	1089	1932	277	35511	35413	6123



jaarlijkse besparing elektrische WP op retourlucht met piek HR ketel (in kWh versus m<sup>3</sup> gas)  
thermisch vermogen (in kWth)

	150 laag m <sup>3</sup> gas	150 laag kWh	150 laag m <sup>3</sup> gas	150 hoog m <sup>3</sup> gas	150 hoog kWh	150 hoog m <sup>3</sup> gas	250 laag m <sup>3</sup> gas	250 laag kWh	250 laag m <sup>3</sup> gas	250 hoog m <sup>3</sup> gas	250 hoog kWh	250 hoog m <sup>3</sup> gas
Kantoorfunctie	4480	7952	1138	16370	16325	2823	7467	13253	1897	27283	27208	4705
bijeenkomstfunctie, overig	3237	5746	823	15553	15510	2682	5396	9576	1371	25921	25850	4470
bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	9149	16238	2325	19545	19492	3370	15248	27063	3875	32576	32486	5617
logiesfunctie, zijnde een logeisgebouw	5545	9841	1409	21053	20996	3630	9241	16402	2348	35089	34993	6051
Onderwijsfunctie	12528	22234	3183	21677	21617	3738	20879	37057	5305	36128	36029	6230
sportfunctie, anders dan matig verwarmd	5886	10447	1496	17436	17389	3007	9810	17412	2493	29061	28981	5011
sportfunctie, matig verwarmd	1585	2814	403	6900	6881	1190	2642	4690	671	11500	11469	1983
Winkelfunctie	6554	11632	1665	21574	21515	3720	10923	19387	2776	35956	35858	6200
gezondheidsfunctie met bedgebied	17843	31668	4534	41252	41139	7113	29738	52779	7556	68754	68565	11856
gezondheidsfunctie overig	4836	8583	1229	16657	16611	2872	8060	14306	2048	27762	27685	4787
Celfunctie	11078	19661	2815	32756	32666	5648	18463	32769	4691	54593	54443	9414
Woonfunctie	1633	2898	415	53266	53120	9185	2722	4830	692	88776	88533	15308

## Airconditioningmaatregelen

### referentie compressiekoelmachine (1,17)

#### Investeringskosten per kWth

	thermisch vermogen (in kWth)										
	5	15	25	50	100	150	250	500	1000	2000	4000
Compressiekoelmachine (in €/kWth)	1102	644	566	404	265	222	169	165	115	112	

### Koude opslag (4,69)

#### Investeringskosten per kWth

	thermisch vermogen (in kWth)										
	5	15	25	50	100	150	250	500	1000	2000	4000
koude opslag (in €/kWth)					1309	918	633	629	463	460	

#### jaarlijkse besparing koudeopslag tov compressiekoelmachine (in kWh)

	thermisch vermogen (in kWth)											
	100		150		250		500		1000		2000	
	laag	hoog	laag	hoog	laag	hoog	laag	hoog	laag	hoog	laag	hoog
Kantoorfunctie	9.615	36.764	14.423	55.147	24.039	91.911	48.077	183.822	96.154	367.644	192.309	735.288
bijeenkomstfunctie	6.631	27.266	9.947	40.900	16.578	68.166	33.157	136.332	66.314	272.664	132.627	545.328
overig logiesfunctie, zijnde een logiesgebouw	8.074	43.913	12.111	65.869	20.185	109.782	40.371	219.565	80.742	439.130	161.484	878.260
Onderwijsfunctie	7.248	33.016	10.872	49.524	18.120	82.540	36.239	165.081	72.479	330.161	144.957	660.322
sportfunctie, matig verwarmd	6.078	24.776	9.117	37.165	15.195	61.941	30.390	123.882	60.780	247.764	121.560	495.529
Winkelfunctie	9.021	39.327	13.532	58.990	22.553	98.316	45.106	196.633	90.213	393.265	180.426	786.531
gezondheidsfunctie met bedgebied	11.653	47.600	17.479	71.400	29.132	119.000	58.263	238.001	116.526	476.002	233.053	952.003

## Warmtapwatermaatregelen

### Investeringskosten per m<sup>2</sup> zonnecollector

Zonnecollector (in €/m <sup>2</sup> collector)	oppervlakte zonnecollector											
	2,5	5	10	20	50	100	200	300	400	500	600	700
	1400	1000	800	700	660	620	590	570	550	530	510	500

### opbrengsten zonnecollectoren (in m<sup>3</sup> gas /m<sup>2</sup>)

	gasbesparing per m <sup>2</sup> zonnecollector	
	laag (in m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	hoog (in m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
Kantoorfunctie	5	17
logiesfunctie, zijnde een logiesgebouw	18	98
gezondheidsfunctie met bedgebied	11	100

	gasbesparing per m <sup>2</sup> zonnecollector	
	laag (in m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	hoog (in m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
kantoorfunctie	17	100
logiesfunctie, zijnde een logiesgebouw	70	100
gezondheidsfunctie met bedgebied	82	100

## Ventilatiemaatregelen

Investeringskosten per m<sup>3</sup>/h wtw (twincoil)

Warmteterugwinning (in €/m <sup>3</sup> /h)	luchthoeveelheid (in m <sup>3</sup> /h)					
	1000	2500	5000	10000	20000	40000
	10,20	7,20	4,80	3,50	2,60	1,85

opbrengsten wtw ventilatielucht (in m<sup>3</sup> gas /m<sup>3</sup>/h ventilatie)

	Laag	hoog
	gasbesparing per m <sup>3</sup> /h ventilatie (in m <sup>3</sup> gas per m <sup>3</sup> /h)	
<i>Gebruiksfunctie</i>		
Kantoorfunctie	0,29	0,83
bijeenkomstfunctie, overig	0,11	0,33
bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	0,26	0,72
logiesfunctie, zijnde een logiesgebouw	0,39	1,10
Onderwijsfunctie	0,26	0,71
sportfunctie, anders dan matig verwarmd	0,36	1,08
sportfunctie, matig verwarmd	0,10	0,29
Winkelfunctie	0,51	1,55
gezondheidsfunctie met bedgebied	0,76	2,00
gezondheidsfunctie overig	0,29	0,83
Celfunctie	1,82	1,83

## Bijlage D: Kosten en baten

*De financiële analyse is uitgevoerd op basis van de rekenmethodiek (Delegated Regulation), die door de EC is opgesteld. Daarbij zijn de in het werkteamoverleg bepaalde financiële kengetallen (discontovoet, energieprijzontwikkelingen) gehanteerd.*

### D.1. Overzicht van de aanpak / leeswijzer voor bijlage C

De kosten van een energiebesparingsmaatregel zijn gedefinieerd als het verschil van de investeringskosten van de maatregel en de investeringskosten van de zogenoemde referentiemaatregel. Voor de gebouwschil geldt, dat de referentiemaatregel de (renovatie-)maatregel is, op grond waarvan men ervan uitgaat, dat een schilelement "onderdeel uitmaakt van ingrijpende renovatie". Voor de gebouwinstallaties geldt, dat de referentiemaatregel de (renovatie-)maatregel is, die het meest gebruikelijk is voor renovatie van de betreffende installatie; dat wil zeggen de maatregel die men op grond van praktische en kostentechnische overwegingen uitvoert zonder dat de overheid daar energie-eisen aan stelt.

Kortom, de kosten van een energiebesparingsmaatregel aan een element van de gebouwschil of de gebouwinstallaties zijn gedefinieerd als de meerkosten van die maatregel ten opzichte van de/een referentiemaatregel aan dat element.

In paragraaf D.2 van deze bijlage worden referentiemaatregelen en energiebesparingsmaatregelen per element van de gebouwschil en de gebouwinstallaties gedefinieerd. In paragraaf D.3 wordt beschreven, hoe van alle maatregelen de bouw- en investeringskosten zijn vastgesteld.

Voor alle energiebesparingsmaatregelen aan de gebouwschil is ook vastgesteld, welke Rc-waarde wordt gerealiseerd in combinatie met de isolatiewaarde van de basisconstructie, en hoeveel energiebesparing dit oplevert uitgedrukt in m<sup>3</sup> gasbesparing per jaar per m<sup>2</sup> basisconstructie. De rekenmethodiek is beschreven in bijlage B. In tabel 6.21 tot en met 6.24 zijn voor alle maatregelen de relevante energiebesparinggegevens vastgelegd.

Voor de energiebesparingsmaatregelen aan installaties is vastgesteld, hoeveel minder gas en eventueel hoeveel meer elektriciteit wordt gebruikt in m<sup>3</sup> gas per jaar en kWh elektriciteit per jaar. De rekenmethodiek hiervoor is beschreven in (lit. 2). In bijlage C en in tabel 5.41 tot en met 5.42 zijn voor alle maatregelen de relevante energiebesparinggegevens vastgelegd.

De besparing (en toename) van energiegebruik in gas en elektriciteit van de maatregelen is omgerekend in geld, conform de EPBD uitgedrukt in de contante waarde van de besparingen, met een per groep van gebruiksfuncties vastgestelde rekenperiode, gas- en elektriciteitsprijs, ontwikkeling van de gas- en elektriciteitsprijs gedurende de rekenperiode, en discontovoet.

In paragraaf D.4 van deze bijlage wordt een nadere toelichting op deze berekeningen gegeven. De netto besparing van een energiebesparingsmaatregel wordt nu gedefinieerd als het saldo van (de contante waarde van) de gasbesparing minus de meerkosten van de toename van het elektriciteitsverbruik en minus (meer-)kosten (van de investering) van de maatregel. Bij installaties wordt dit nog gecorrigeerd met de contante waarde van eventuele vervangingskosten (na 15 jaar) en restwaarde (van – het nog niet afgeschreven deel van – de installatie na 20 jaar). De uit de berekeningen resulterende netto besparingen worden weergegeven in paragraaf D.5 van deze bijlage.

### **Geen kostenoptimum**

Hoewel de netto besparingen bij de meeste combinaties van basisconstructies en bouwkundige energiebesparingsmaatregelen in het onderzochte gebied ( $R_c=2,5$  tot  $R_c=4,0$ ) positief zijn (d.w.z. de besparingen groter dan de kosten), is er in geen enkel geval sprake van een duidelijke optimaliteit. De verschillen tussen de waarden van de netto besparingen bij onderzochte  $R_c$ -waarden (paragraaf D.5) zijn klein in vergelijking met de verschillen, die de contante waardeberekeningen laten zien bij afwijkingen in de aangehouden waarden voor de parameters gasprijsontwikkeling en met name de te hanteren discontovoet (paragraaf D.4.3).

Wat betreft de schilelementen is in het onderzochte gebied ( $R_c=2,5$  tot  $R_c=4,0$ ) op grond van kostenoptimaliteit geen voorkeur vast te stellen ten aanzien van een voor te schrijven isolatieniveau. In beginsel kan op grond van kostenoverwegingen elk niveau worden aangehouden, aangezien in de meeste gevallen per saldo een financiële besparing resulteert. In die gevallen, waar er sprake is van een negatief financieel resultaat, is dat klein in verhouding tot de totale investering, die gemoeid is met ingrijpende renovatie.

Ook wat betreft de maatregelen aan installaties is geen sprake van een echte kostenoptimaliteit. Hier geven de uitkomsten echter aan, dat het realiseren van installaties met een hoger systeemrendement dan de referentie in veel gevallen niet kosteneffectief is; d.w.z. de kosten zijn hoger dan (de contante waarde van) de opbrengsten.

## **D.2. Referentiemaatregelen en energiebesparingsmaatregelen per element**

De kosten van een energiebesparingsmaatregel zijn gedefinieerd als het verschil van de investeringskosten van de maatregel en de investeringskosten van de zogenoemde referentiemaatregel.

Tabel 2.1 geeft een overzicht van de maatregelen per element van de gebouwschil.

In de kolom Element staan uiteraard de betreffende schilelementen genoemd. In de kolom Referentiemaatregel staan, behalve de referentiemaatregelen zelf, de kenmerkende situaties van de basisconstructie waarbij de betreffende maatregel opportuun is. In de kolom Isolatiemaatregel wordt telkens de algemene omschrijving van de maatregelen weergegeven met daarachter de  $R_c$ -waarden (bij verschillende dikten van het isolatiemateriaal), die in de financiële analyses zijn opgenomen.

**Tabel 2.1: maatregelen  
gebouwschil**

Element	Referentiemaatregel	Isolatiemaatregel	Rc=2,5	Rc=3,0	Rc=3,5	Rc=4,0
<b>Begane grondvloer</b>	Vervangen houten vloer of vloerbeschot	Isolatie onder houten vloer	x	x	x	x
	Nieuwe betonvloer op grondslag zonder isolatie	Isolatie onder betonvloer	x	x	x	x
<b>Plat dak</b>	Vervangen dakbedekking exclusief isolatie					
	... op betonnen dak matig geïsoleerd	Isolatie plat dak (eps excl.rand)	x			
		Isolatie plat dak (steenwol excl.rand)	x			
	... op betonnen dak matig geïsoleerd	Isolatie plat dak (eps met aanpassen rand)		x	x	x
		Isolatie plat dak (steenwol met aanpassen rand)		x	x	x
	... op betonnen dak niet geïsoleerd	Isolatie plat dak (eps met aanpassen rand)	x	x	x	x
		Isolatie plat dak (steenwol met aanpassen rand)	x	x	x	x
	... op houten dak matig geïsoleerd	Isolatie plat dak (eps excl.rand)	x			
		Isolatie plat dak (steenwol excl.rand)	x			
	... op houten dak matig geïsoleerd	Isolatie plat dak (eps met aanpassen rand)		x	x	x
		Isolatie plat dak (steenwol met aanpassen rand)		x	x	x
	... op houten dak niet geïsoleerd	Isolatie plat dak (eps met aanpassen rand)	x	x	x	x
		Isolatie plat dak (steenwol met aanpassen rand)	x	x	x	x
	Dakbedekking exclusief isolatie					
... op een nieuw betonnen dak niet geïsoleerd	Isolatie plat dak (eps)	x	x	x	x	
	Isolatie plat dak (steenwol)	x	x	x	x	
<b>Hellend dak</b>	Aanbrengen plafond zonder isolatie					
	... onder een matig geïsoleerde kap	Plafond aanbrengen: gipsplaat met isolatie		x	x	x
	... onder een niet geïsoleerde kap	Plafond aanbrengen: gipsplaat met isolatie	x	x	x	x
	Vervangen dakbedekking exclusief isolatie (incl. randen)					
	... op een matig geïsoleerde kap	Dakafwerking: renovatieelement PIR		x	x	x
	... op een niet geïsoleerde kap	Dakafwerking: renovatieelement PIR	x	x	x	x
Nieuwe sandwichplaat (Rc=2,5 is minimum)	Nieuwe sandwichplaat geïsoleerd	x	x	x	x	
<b>Gesloten gevel</b>	Aanbrengen voorzetwand zonder isolatie					
	... binnenzijde matig geïsoleerde gevel	Voorzetwand metal-stud met isolatie		x	x	x
	... binnenzijde niet geïsoleerde gevel	Voorzetwand metal-stud met isolatie	x	x	x	x
	Aanbrengen buitenbekleding zonder isolatie					
	... buitenzijde matig geïsoleerde gevel	Bekleding op regelwerk met isolatie			x	x
	... buitenzijde niet geïsoleerde gevel	Bekleding op regelwerk met isolatie	x	x	x	x
	Aanbrengen cementschuurwerk (met schilderwerk) buiten					
	... buitenzijde matig geïsoleerde gevel	Aanbrengen buitenisolatiesysteem			x	x
	... buitenzijde niet geïsoleerde gevel	Aanbrengen buitenisolatiesysteem	x	x	x	x
	Vervangen buitenblad (geen isolatie)	Spouwmuurisolatie steenwol	x	x	x	x

Tabel 2.2 geeft een overzicht van de maatregelen per element van de gebouwinstallaties.

**Tabel 2.2: maatregelen gebouwinstallaties**

Element	Referentiemaatregel	Maatregel met beter systeemrendement	1,4-1,6	2,8-3,4	4,4-6,1
<b>Verwarming</b>	HR-ketel (systeemrendement 0,85 - 0,975)				
	... bij gevraagd thermisch vermogen 25 - 250 kWth	Gasgestookte warmtepomp	x		
	... bij gevraagd thermisch vermogen 100 - 1.000 kWth	Gasgestookte warmtepomp met piek HR-ketel	x		
	... bij gevraagd thermisch vermogen 25 - 2.000 kWth	Elektrische warmtepomp		x	
	... bij gevraagd thermisch vermogen 25 - 4.000 kWth	Elektrische warmtepomp met piek HR-ketel		x	
	... bij gevraagd thermisch vermogen 25 - 2.000 kWth	Elektrische warmtepomp op retourlucht			x
	... bij gevraagd thermisch vermogen 25 - 4.000 kWth	Elektr. warmtepomp op retourlucht met piek HR-ketel			x
<b>Ventilatie</b>	Vervanging mechaïsch ventilatiesysteem				
	... bij een luchthoeveelheid van 1.000 - 40.000 m <sup>3</sup> /h	WTW (twincil) systeem *)			
<b>Koeling</b>	Aanbrengen compressiekoelmachine (1,17)				
	... bij gevraagd thermisch vermogen 100 - 2.000 kWth	Koudeopslag			x

In de kolom Referentiemaatregel staan, behalve de referentiemaatregelen zelf, de kenmerkende situaties van de basisconstructie waarbij de betreffende maatregel opportuun is. In de kolom Maatregel met beter systeemrendement wordt telkens de algemene omschrijving van de maatregelen weergegeven met daarachter (de range van) het systeemrendement.

### **D.3. Bouwkosten en investeringskosten**

Wat betreft de bouwkundige maatregelen zijn de bouwkostengegevens van zowel de referentie-maatregelen als de energiebesparingsmaatregelen afkomstig uit de bouwkostendatabase van Winket, adviesbureau voor huisvestingseconomie, bouwkosten en bestekken. Deze database bevat bijna 2.000 kostenrecepten op niveau 4 van NEN 2634, zogenoemde "technische oplossingen". De kostenrecepten zijn opgebouwd uit "MAMO-regels" conform de STABU besteksystematiek. MAMO staat voor Materiaal, Arbeid, Materieel en Onderaanneming. De recepten zijn in de loop van (meer dan) 25 jaar samengesteld op basis van systematische analyses van inschrijfbegrotingen voor allerlei bouwprojecten. De kostengegevens in de database worden actueel gehouden door (ten minste 1 maal per jaar) de basisgegevens van loon- en materiaalkosten af te prijzen, op basis van cao-informatie, gegevens van de belastingdienst etc. en op basis van prijsopgaven van de materialenhandel. Verder wordt de database ingezet voor advieswerk van Winket (en een aantal andere bouwkostenadviesbureaus). Confrontatie met aanbestedingsresultaten en analyse van verschillen tussen de inschrijfbegrotingen en de met de database gemaakte directiebegrotingen zorgt ervoor dat de gegevens marktconform blijven.

Wat betreft de installatiemaatregelen zijn de bouwkostengegevens afkomstig van bureau ABT.

#### **D.3.1 Bouwkosten systematisch en marktconform**

Bij het begin van dit onderzoek is ook nagegaan of het onderzoek kon worden uitgevoerd op basis van kostendata (van DHV), die ook in een andere studie voor Binnenlandse Zaken en Agentschap-NL zijn gebruikt. Betreffende gegevens bleken echter onvoldoende systematisch van opbouw, met name ten aanzien van de benodigde cijfers aangaande reeksen maatregelen met opklimmende isolatiewaarden.

Het prijsniveau van de gegevens van Winket en ABT is overigens wel vergelijkbaar met die van DHV. Dat wijst erop dat alle bronnen (min of meer) marktconforme gegevens opleveren.

In paragraaf D.6.1 zijn de tabellen met de kostenspecificaties van de bouwkundige maatregelen opgenomen. Het gaat om de directe bouwkosten. Op deze directe bouwkosten komen nog opslagen voor algemene bouwplaatskosten (8%), algemene bedrijfskosten van het bouwbedrijf (7%) en winst en risico van het bouwbedrijf (4%). De opslag voor de bouwplaatskosten kan variëren ten gevolge van specifieke projectomstandigheden, zoals de projectgrootte of een bijzondere locatie (in de binnenstad). Alle opslagen zijn onderhevig aan (sterke) fluctuaties door marktomstandigheden. Op dit moment zijn prijsaanbiedingen van aannemers, die 20% lager liggen dan de cijfers in deze studie, geen uitzondering. Bedrijfseconomisch is dat op de lange duur echter niet vol te houden. We gaan er dan ook van uit dat – in ieder geval binnen een paar jaar – het prijsniveau van maatregelen, zoals die in deze studie zijn opgenomen, zich zal normaliseren.

#### **D.3.2 Bijkomende kosten en BTW**

Investerings- en (nieuw-)bouw- en renovatieprojecten omvatten naast bouwkosten ook bijkomende kosten, zoals ontwerp- en advieskosten, leges, aansluitkosten etc. (NEN 2631). Het merendeel van deze kosten is niet heel specifiek toe te wijzen aan afzonderlijke maatregelen. Ervaring leert dat de bijkomende kosten van renovatieprojecten liggen tussen de 20% en 25% van de bouwkosten.

In het algemeen is het zo, dat veel onderdelen van de bijkomende kosten (en in ieder geval ontwerp- en advieskosten en leges) toenemen wanneer de bouwkosten toenemen. Sommige onderdelen van de bijkomende kosten, zoals aansluitkosten van nutsvoorzieningen, zijn door hun aard juist onafhankelijk van de hoogte van de bouwkosten. In deze studie is uitgegaan van een toeslag van 15% op de bouwkosten om de beschreven effecten te benaderen.



Tenslotte is een opslag voor BTW toegepast van 19%. Mogelijk verandert dit percentage binnenkort. Omdat echter zowel aan de kostenkant als aan de batenkant van 19% is uitgegaan, worden de resultaten van het onderzoek niet wezenlijk beïnvloed door zo'n belastingmaatregel. Al zullen de getallen een paar procent groter worden.

De bouw- en investeringskosten van de maatregelen zijn weergegeven in de tabellen in paragraaf D.6 van deze bijlage. Bij de energiebesparingsmaatregelen zijn ook de meerkosten ten opzichte van de referentiemaatregel in de tabellen opgenomen, alsmede de resulterende Rc-waarden en de hoeveelheid bespaarde energie in m<sup>3</sup> gas per jaar.

#### **D.4. Gasbesparing uitgedrukt in geld**

Als van een maatregel de jaarlijks te verwachten hoeveelheid besparing in m<sup>3</sup> gas is vastgesteld, eventueel verminderd door een toename van het elektriciteitsverbruik, moet die besparing nog omgerekend worden in geld. Als we dat doen, moeten we rekening houden met de tijdseffecten die in de economie optreden. We houden daartoe de (contante waarde-)rekenmethode aan, die is gegeven in de EPBD.

Voor deze rekenmethode is het allereerst nodig voor een viertal parameters uitgangspunten vast te stellen:

- 1) De huidige energieprijzen voor gas en elektriciteit
- 2) Scenario's voor de energieprijsstijging
- 3) Discontovoet, waarmee gerekend wordt door/voor verschillende partijen.
- 4) Rekenperiode per gebouwfunctie

##### **D.4.1 Huidige energieprijzen voor gas en elektriciteit**

Energieprijzen zijn in overeenstemming met de ECN-notitie (d.d. 20-09-2011) "Energieprijzen en disconteringsvoeten voor gebouweisen ten behoeve van de EPBD". Aangehouden zijn de daarin genoemde "marginale prijzen".

###### **Gas**

Bedrijven: € 0,40/m<sup>3</sup>

In de berekeningen is dit bedrag opgehoogd met 19% BTW naar € 0,48/m<sup>3</sup> zodat de berekeningen voor bedrijven en consumenten op dezelfde basis (inclusief BTW) kunnen worden uitgevoerd. Dit ter voorkoming van vergissingen of misverstanden. Bovendien kunnen de baten dan telkens tegenover dezelfde investeringsbedragen (inclusief BTW) afgewogen worden.

Consumenten: € 0,62/m<sup>3</sup> inclusief 19% BTW.

###### **Elektriciteit**

Bedrijven: € 0,13/m<sup>3</sup>

In de berekeningen opgehoogd met 19% BTW naar € 0,15/m<sup>3</sup> om dezelfde redenen als bij gas.

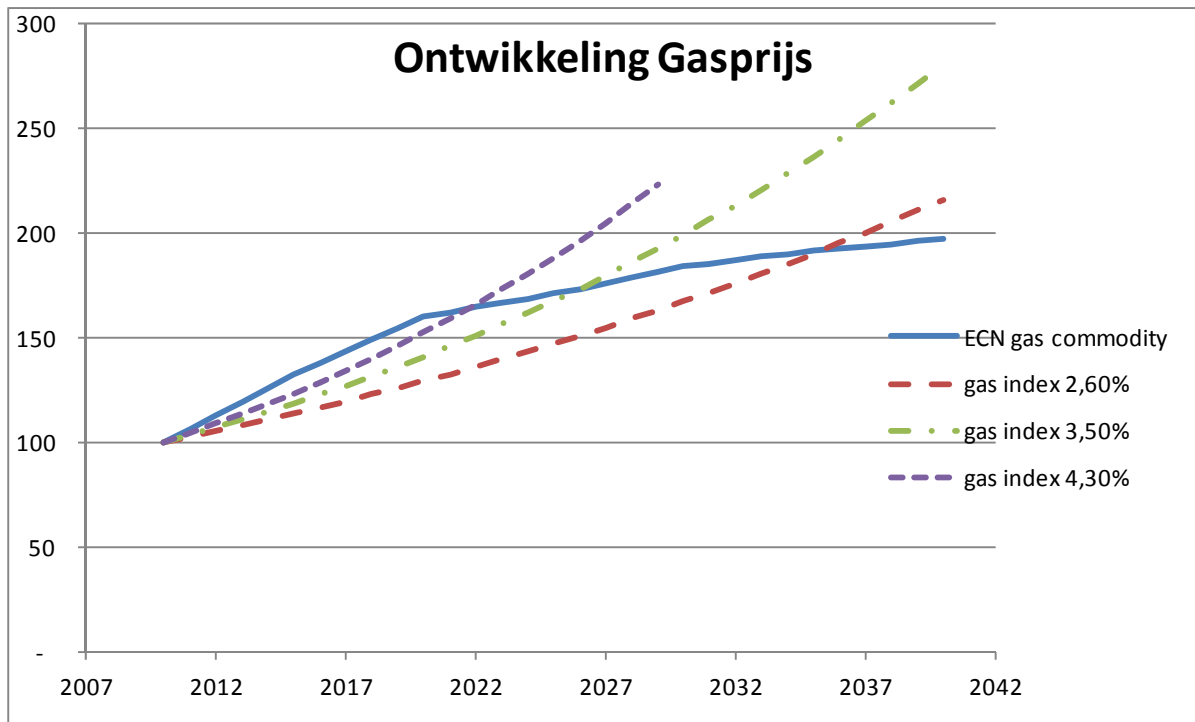
Consumenten: € 0,22/m<sup>3</sup> inclusief 19% BTW.

##### **D.4.2 Scenario's voor energieprijsstijging (tussen nu en 2035, en later)**

In principe zijn de scenario's aangehouden, zoals aangegeven in bovengenoemde ECN-notitie.

## Gas

Berekend is de contante waarde van de prijs van 1 m<sup>3</sup> gas per jaar bij een prijsontwikkeling zoals aangegeven door ECN (zie grafiek 1).



Grafiek 1

In eenvoudige berekeningen van de contante waarde van een periodieke last of baat wordt de prijsontwikkeling weergegeven door een index, uitgedrukt in een stijgingspercentage per jaar. Voor de relevante rekenperiodes (20 en 30 jaar) en discontovoeten (zie punt 3) is daarom uitgerekend, welk stijgingspercentage dezelfde resultaten in termen van contante waarde oplevert als de door ECN aangegeven prijsontwikkeling.

Dit levert de aan te houden indexen voor de gasprijs, zoals hieronder weergegeven.

Prijsindex voor de gasprijs:

Bedrijven: 4,30% per jaar komt overeen met de door ECN aangegeven ontwikkeling bij een periode van 20 jaar en een discontovoet van 8,00%

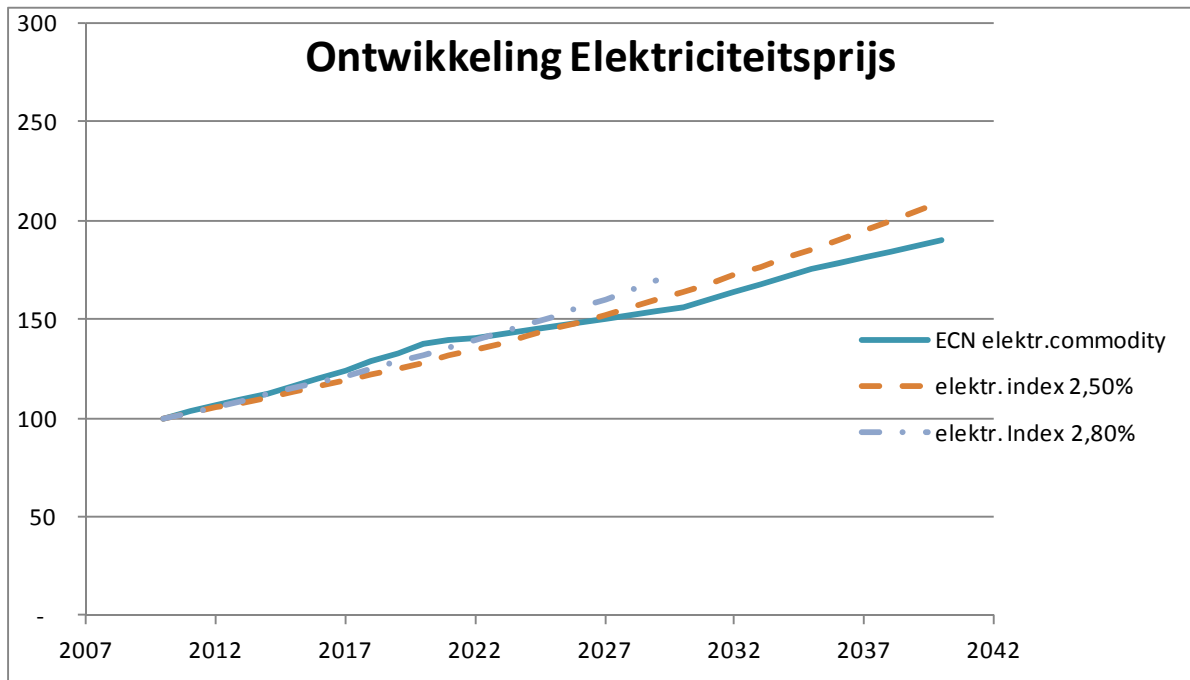
Consumenten: 3,50% per jaar komt overeen met de door ECN aangegeven ontwikkeling bij een periode van 30 jaar en een discontovoet van 5,50%

Ter vergelijking 2,60% per jaar leidt tot een ontwikkeling van de gasprijs, die uitkomt op het door ECN verwachte prijsniveau in 2035. Zoals zichtbaar in de grafiek, levert deze index in de hele tussenliggende periode een lager prijsniveau op dan door ECN verwacht wordt.

De contante waarde van een berekening met deze index levert voor bedrijven (bij een periode van 20 jaar en een discontovoet van 8,00%) een 13% te lage uitkomst op. De contante waarde van een berekening met deze index levert voor consumenten (bij een periode van 30 jaar en een discontovoet van 5,50%) een 10% te lage uitkomst op.

## Elektriciteit

Berekend is de contante waarde van de prijs van 1 kWh elektriciteit per jaar bij een prijsontwikkeling zoals aangegeven door ECN (zie grafiek 2).



Grafiek 2

Voor de relevante rekenperiodes (20 en 30 jaar) en discontovoeten (zie punt 3) is weer uitgerekend, welk stijgingspercentage dezelfde resultaten in termen van contante waarde oplevert als de door ECN aangegeven prijsontwikkeling.

Dit levert de aan te houden indexen op voor de elektriciteitsprijs.

Prijsindex voor de elektriciteitsprijs:

Bedrijven: 2,80% per jaar komt overeen met de door ECN aangegeven ontwikkeling bij een periode van 20 jaar en een discontovoet van 8,00%

Consumenten: 2,50% per jaar komt overeen met de door ECN aangegeven ontwikkeling bij een periode van 30 jaar en een discontovoet van 5,50%

NB. De aangehouden indexen zijn niet bedoeld om weer te geven, waar het prijsniveau van gas en elektriciteit op de lange termijn uitkomen. Ze zijn bedoeld om een correct beeld te krijgen van de contante waarde van de periodieke uitgaven aan gas en elektriciteit gedurende de aangegeven perioden bij de aangegeven discontovoeten.

## Gevoeligheid

Bij verhoging of verlaging van de discontovoet met 20% leveren de aangehouden indexen een uitkomst, die ongeveer 1% afwijkt van de contante waarde bij de door ECN aangegeven prijsontwikkeling.

### D.4.3 Disconteringsvoeten

Aangehouden zijn de disconteringsvoeten, zoals aangegeven door ECN

Bedrijven: 8,00%

Consumenten: 5,50%

## Gevoeligheid

Verhoging of verlaging van de discontovoet heeft uiteraard effect op de uitkomsten van de berekende contante waarden. De contante waarde van periodieke kosten of baten (meer of minder gas of elektriciteit) wordt als volgt beïnvloed:

Discontovoet 20% hoger; bijvoorbeeld door een hogere risico-opslag, leidt tot 12% daling van de contante waarde. Met andere woorden de verwachte energiebesparingen worden 12% lager "gewaardeerd".

Discontovoet 20% lager; bijvoorbeeld door een lagere risico-opslag, leidt tot 14% verhoging van de contante waarde. Met andere woorden de verwachte energiebesparingen worden 14% hoger "gewaardeerd".

### D.4.4 Rekenperiode per gebouwfunctie

In verschillende gebouwfuncties levert een bouwkundige maatregel een andere hoeveelheid besparing aan energie op. Dat komt doordat elke gebouwfunctie zijn eigen kenmerkende gebruik heeft en het daarbij behorende patroon van energieconsumptie voor verwarming en/of koeling. De gebouwfuncties in de tabel hieronder zijn geclusterd. De verhoudingsgetallen in de kolom "factor" worden mede bepaald door het veronderstelde systeemrendement van de (verwarmings-) installatie.

De nauwkeurigheid van de verhoudingsgetallen is plus of min 25% (zie bijlage B)

**Tabel 1: factor energiebesparing per gebouwfunctie**

	Gebouwfunctie (cluster)	factor	- 25%	+ 25%
C	celfunctie	2,52	1,89	3,15
G	gezondheidszorg met bedgebied	3,06	2,30	3,83
W1	woningen, (woonwagens)	1,74	1,30	2,17
W2	logiesgebouw, winkel	2,03	1,52	2,54
K2	onderwijs, kinderopvang	1,52	1,14	1,90
L	logiesfunctie, niet zijnde een logiesgebouw	1,85	1,38	2,31
K1	kantoor, sport verwarmd, bijeenkomst, gezondheidszorg overig	1,52	1,14	1,90
S	sport matig verwarmd	0,55	0,41	0,69

Aan elke gebouwfunctie kan ook een eigen kenmerkende gebruiksperiode worden toegekend. Een commercieel gebouw heeft over het algemeen een kortere gebruiksperiode dan een woning. Een overheidsgebouw moet volgens de EPBD een voorbeeld van duurzaamheid zijn en heeft daarom ook een langere gebruiksperiode dan een commercieel gebouw.

Een maatregel aan een gebouw wordt in het algemeen uitgevoerd aan het begin van een nieuwe (beoogde) gebruiksperiode. Men mag dus veronderstellen dat het effect van een energiebesparende maatregel gedurende de kenmerkende gebruiksperiode optreedt.

Bij het berekenen van de contante waarde van de besparingen is daarom een rekenperiode aangehouden, die gelijk is aan de gebruiksperiode van de betreffende gebouwfunctie.

Tabel 2 geeft voor elke gebouwfunctie (-cluster) de veronderstelde gebruiksperiode en het effect daarvan op de totale energiebesparing (gewogen voor het kenmerkende energieconsumptiepatroon uit tabel 1).

**Tabel 2: factor energiebesparing per gebouwfunctie gewogen voor de kenmerkende gebruikperiode**

	Gebouwfunctie (cluster)	periode	factor	totaal
C	celfunctie	30	2,52	76
G	gezondheidszorg met bedgebied	20	3,06	61
W1	woningen, (woonwagens)	30	1,74	52
W2	logiesgebouw, winkel	20	2,03	41
K2	onderwijs, kinderopvang	30	1,52	46
L	logiesfunctie, niet zijnde een logiesgebouw	20	1,85	37
K1	kantoor, sport verwarmd, bijeenkomst, gezondheidszorg overig	20	1,52	30
S	sport matig verwarmd	20	0,55	11

#### **D.4.5 Doorgerekende varianten**

De doorgerekende scenario's voor gebouwen met verschillende gebruiksfuncties zijn weergegeven op het volgende blad.

Gebouwfunctie G: gezondheidszorg met bedgebid					
scenario	periode (n jaren)	disconto	gasprijs prijsindex	€/ m3 gas in jaar 1	CW van 1 m3 gas gedurende n jaar
LL	20	4,5%	3,7%	0,48	8,93
LM	20	4,5%	4,3%	0,48	9,43
M	20	5,5%	4,3%	0,48	8,63
HM	20	6,5%	4,3%	0,48	7,93
HH	20	6,5%	4,9%	0,48	8,35

Gebouwfunctie K1: kantoor, sport verwarmd, bijeenkomst, gezondheidszorg overig					
scenario	periode (n jaren)	disconto	gasprijs prijsindex	€/ m3 gas in jaar 1	CW van 1 m3 gas gedurende n jaar
LL	20	7,0%	3,7%	0,48	7,25
LM	20	7,0%	4,3%	0,48	7,61
M	20	8,0%	4,3%	0,48	7,03
HM	20	9,0%	4,3%	0,48	6,52
HH	20	9,0%	4,9%	0,48	6,83

Gebouwfunctie K2: onderwijs, kinderopvang					
scenario	periode (n jaren)	disconto	gasprijs prijsindex	€/ m3 gas in jaar 1	CW van 1 m3 gas gedurende n jaar
LL	30	4,5%	3,0%	0,62	15,20
LM	30	4,5%	3,5%	0,62	16,24
M	30	5,5%	3,5%	0,62	14,29
HM	30	6,5%	3,5%	0,62	12,67
HH	30	6,5%	4,0%	0,62	13,46

Gebouwfunctie S: sport matig verwarmd					
scenario	periode (n jaren)	disconto	gasprijs prijsindex	€/ m3 gas in jaar 1	CW van 1 m3 gas gedurende n jaar
LL	20	7,0%	3,7%	0,62	9,36
LM	20	7,0%	4,3%	0,62	9,83
M	20	8,0%	4,3%	0,62	9,09
HM	20	9,0%	4,3%	0,62	8,42
HH	20	9,0%	4,9%	0,62	8,83

Gebouwfunctie W1: woningen, (woonwagens)					
scenario	periode (n jaren)	disconto	gasprijs prijsindex	€/ m3 gas in jaar 1	CW van 1 m3 gas gedurende n jaar
LL	30	4,5%	3,0%	0,62	15,20
LM	30	4,5%	3,5%	0,62	16,24
M	30	5,5%	3,5%	0,62	14,29
HM	30	6,5%	3,5%	0,62	12,67
HH	30	6,5%	4,0%	0,62	13,46

Gebouwfunctie W2: logiesgebouw, winkel					
scenario	periode (n jaren)	disconto	gasprijs prijsindex	€/ m3 gas in jaar 1	CW van 1 m3 gas gedurende n jaar
LL	20	7,0%	3,7%	0,48	7,25
LM	20	7,0%	4,3%	0,48	7,61
M	20	8,0%	4,3%	0,48	7,03
HM	20	9,0%	4,3%	0,48	6,52
HH	20	9,0%	4,9%	0,48	6,83

Gebouwfunctie L: logiesfunctie, niet zijnde een logiesgebouw					
scenario	periode (n jaren)	disconto	gasprijs prijsindex	€/ m3 gas in jaar 1	CW van 1 m3 gas gedurende n jaar
LL	20	7,0%	3,7%	0,48	7,25
LM	20	7,0%	4,3%	0,48	7,61
M	20	8,0%	4,3%	0,48	7,03
HM	20	9,0%	4,3%	0,48	6,52
HH	20	9,0%	4,9%	0,48	6,83

Gebouwfunctie C: celfunctie					
scenario	periode (n jaren)	disconto	gasprijs prijsindex	€/ m3 gas in jaar 1	CW van 1 m3 gas gedurende n jaar
LL	30	4,5%	3,0%	0,48	11,77
LM	30	4,5%	3,5%	0,48	12,57
M	30	5,5%	3,5%	0,48	11,06
HM	30	6,5%	3,5%	0,48	9,81
HH	30	6,5%	4,0%	0,48	10,42

**Tabel A: De contante waarde van 1 m<sup>3</sup> aardgas per jaar**

**Doorgerekende varianten**

De doorgerekende scenario's voor gebouwen met verschillende gebouwfuncties zijn weergegeven in tabel A voor wat betreft aardgas en in tabel B wat betreft elektriciteit.

In tabel A is aangegeven welke parameters voor de verschillende gebouwfuncties zijn aangehouden, en wat de verwerking daarvan oplevert voor de contante waarde van 1m<sup>3</sup> aardgas per jaar gedurende de aangehouden rekenperiode.

NB. Ook voor commerciële functies is de gasprijs inclusief 19% BTW gerekend. Zo kunnen in alle tabellen steeds alle baten en kosten op dezelfde manier worden uitgedrukt (inclusief BTW).

Per saldo heeft dat geen invloed op de resultaten van het onderzoek.

Nadat een bepaald scenario gekozen is, kan de contante waarde van de gasbesparing van een specifieke maatregel voor een bepaalde gebouwfunctie eenvoudig gevonden worden door de besparing van die maatregel voor de betreffende gebouwfunctie, uitgedrukt in m<sup>3</sup> gas per jaar, te vermenigvuldigen met het bedrag in de kolom "CW van 1m<sup>3</sup> gas gedurende een jaar".

Tabel B: De contante waarde van 1 kWh elektriciteit per jaar

Gebouwfunctie G: gezondheidszorg met bedgebied					
scenario	periode (n jaren)	disconto	elektriciteit-prijsindex	€/ kWh in jaar 1	CW van 1 kWh gedurende n jaar
LL	20	3,0%	2,5%	0,15	2,96
LM	20	3,0%	2,8%	0,15	3,04
M	20	5,5%	2,8%	0,15	2,45
HM	20	5,5%	2,5%	0,15	2,39
HH	20	5,5%	2,8%	0,15	2,45
Gebouwfunctie K1: kantoor, sport verwarmd, bijeenkomst, gezondheidszorg overig					
scenario	periode (n jaren)	disconto	elektriciteit-prijsindex	€/ kWh in jaar 1	CW van 1 kWh gedurende n jaar
LL	20	3,0%	2,5%	0,15	2,96
LM	20	3,0%	2,8%	0,15	3,04
M	20	8,0%	2,8%	0,15	2,02
HM	20	8,0%	2,5%	0,15	1,97
HH	20	8,0%	2,8%	0,15	2,02
Gebouwfunctie K2: onderwijs, kinderopvang					
scenario	periode (n jaren)	disconto	elektriciteit-prijsindex	€/ kWh in jaar 1	CW van 1 kWh gedurende n jaar
LL	30	3,0%	2,5%	0,22	6,16
LM	30	3,0%	2,8%	0,22	6,42
M	30	5,5%	2,8%	0,22	4,65
HM	30	5,5%	2,5%	0,22	4,48
HH	30	5,5%	2,8%	0,22	4,65
Gebouwfunctie S: sport matig verwarmd					
scenario	periode (n jaren)	disconto	elektriciteit-prijsindex	€/ kWh in jaar 1	CW van 1 kWh gedurende n jaar
LL	20	3,0%	2,5%	0,22	4,20
LM	20	3,0%	2,8%	0,22	4,32
M	20	8,0%	2,8%	0,22	2,87
HM	20	8,0%	2,5%	0,22	2,80
HH	20	8,0%	2,8%	0,22	2,87
Gebouwfunctie W1: woningen, (woonwagens)					
scenario	periode (n jaren)	disconto	elektriciteit-prijsindex	€/ kWh in jaar 1	CW van 1 kWh gedurende n jaar
LL	30	3,0%	2,5%	0,22	6,16
LM	30	3,0%	2,8%	0,22	6,42
M	30	5,5%	2,8%	0,22	4,65
HM	30	5,5%	2,5%	0,22	4,48
HH	30	5,5%	2,8%	0,22	4,65
Gebouwfunctie W2: logiesgebouw, winkel					
scenario	periode (n jaren)	disconto	elektriciteit-prijsindex	€/ kWh in jaar 1	CW van 1 kWh gedurende n jaar
LL	20	3,0%	2,5%	0,15	2,96
LM	20	3,0%	2,8%	0,15	3,04
M	20	8,0%	2,8%	0,15	2,02
HM	20	8,0%	2,5%	0,15	1,97
HH	20	8,0%	2,8%	0,15	2,02
Gebouwfunctie L: logiesfunctie, niet zijnde een logiesgebouw					
scenario	periode (n jaren)	disconto	elektriciteit-prijsindex	€/ kWh in jaar 1	CW van 1 kWh gedurende n jaar
LL	20	3,0%	2,5%	0,15	2,96
LM	20	3,0%	2,8%	0,15	3,04
M	20	8,0%	2,8%	0,15	2,02
HM	20	8,0%	2,5%	0,15	1,97
HH	20	8,0%	2,8%	0,15	2,02
Gebouwfunctie C: celfunctie					
scenario	periode (n jaren)	disconto	elektriciteit-prijsindex	€/ kWh in jaar 1	CW van 1 kWh gedurende n jaar
LL	30	3,0%	2,5%	0,15	4,33
LM	30	3,0%	2,8%	0,15	4,51
M	30	5,5%	2,8%	0,15	3,27
HM	30	5,5%	2,5%	0,15	3,15
HH	30	5,5%	2,8%	0,15	3,27

## D.5 Overzichten van de netto besparingen of tekorten van de bouwkundige maatregelen

In de tabellen 5.11, 5.21, 5.22 en 5.31 zijn de netto besparingen opgenomen, die de onderzochte bouwkundige energiebesparingsmaatregelen in verschillende gebouwfuncties opleveren, uitgedrukt in € per m<sup>2</sup> schilelement, contante waarde prijspeil 01-01-2011.

(Een positief bedrag geeft daarin een besparing aan en een negatief bedrag geeft aan dat de investering groter is dan de contante waarde van de besparing).

In de tabellen 5.41 en 5.42 zijn de energiebesparingen opgenomen, die de onderzochte installatiemaatregelen opleveren t.o.v. de referentiemaatregel. De uitkomsten vertonen een bandbreedte, die samenhangt met de energieprestaties van de bouwkundige context.

Daar staat tegenover dat de investering (en de contante waarde van vervanging na 15 jaar eventueel verminderd met de contante waarde van de restwaarde na 20 jaar) samenhangt met de gevraagde capaciteit van de installatie. In verband daarmee zijn opbrengsten en kosten in deze tabellen apart weergegeven.

Door middel van een kleurcode in de kosten-kolommen, wordt de rentabiliteit van de maatregelen in verschillende omstandigheden aangegeven:

- 7** Wanneer de kosten over de hele bandbreedte van de opbrengsten lager zijn dan die opbrengsten, is de kleurcode groen: de maatregel is zeker rendabel.
- 7** Wanneer de kosten over de hele bandbreedte van de opbrengsten hoger zijn dan die opbrengsten, is de kleurcode rood: de maatregel is zeker niet rendabel.
- 7** In de overige gevallen is de kleurcode geel: er zijn waarschijnlijk situaties, waarin de energieprestaties van de bouwkundige context zodanig zijn, dat de maatregel rendabel is; er zijn waarschijnlijk ook situaties, waarin dat niet het geval is.

**Tabel 5.11: Begane grondvloer: saldo investeringen en besparingen in € contante waarde per 01-01-2011**

Gebruiksfunctie	C	G	W1	W2	K2	L	K1	S
besparingsfactor	2,52	3,06	1,74	2,03	1,52	1,85	1,52	0,55
periode (n jaren)	30	20	30	20	30	20	20	20
disconto	5,5%	5,5%	5,5%	8,0%	5,5%	8,0%	8,0%	8,0%
prijsindex gas	3,5%	4,3%	3,5%	4,3%	3,5%	4,3%	4,3%	4,3%
CW-getal	23,0	18,0	23,0	14,7	23,0	14,7	14,7	14,7
€/ m3 gas in jaar 1	0,48	0,48	0,62	0,48	0,62	0,48	0,48	0,62
CW 1 m3 gas / n jaar	11,06	8,63	14,29	7,03	14,29	7,03	7,03	9,09
<b>Vervangen (begane grond-)vloer van thermische schil</b>								
<b>Referenties exclusief isolatiemaatregel:</b>								
Vervangen houten voer of voerbeschot								
<b>Isolatie onder houten vloer</b>								
Totaal voerisolatie beg.grondvloer Rc=2,5	7,00	5,00	2,00	14,00-	2,00-	16,00-	19,00-	28,00-
Totaal voerisolatie beg.grondvloer Rc=3,0	7,00	4,00	2,00	15,00-	3,00-	17,00-	21,00-	30,00-
Totaal voerisolatie beg.grondvloer Rc=3,5	<b>5,00</b>	<b>3,00</b>	-	<b>18,00-</b>	<b>5,00-</b>	<b>20,00-</b>	<b>24,00-</b>	<b>34,00-</b>
Totaal voerisolatie beg.grondvloer Rc=4,0	-	2,00-	5,00-	23,00-	10,00-	25,00-	29,00-	39,00-
<b>Referenties exclusief isolatiemaatregel:</b>								
Betonvoer op grondslag zonder isolatie								
<b>Isolatie onder betonvloer</b>								
Vervangen begane grondvloer: voer op grondslag Rc = 2,5	32,00	30,00	28,00	13,00	23,00	11,00	8,00	-
Vervangen begane grondvloer: voer op grondslag Rc = 3,0	33,00	31,00	28,00	12,00	24,00	10,00	7,00	2,00-
Vervangen begane grondvloer: voer op grondslag Rc = 3,5	<b>34,00</b>	<b>31,00</b>	<b>29,00</b>	<b>12,00</b>	<b>24,00</b>	<b>10,00</b>	<b>6,00</b>	<b>3,00-</b>
Vervangen begane grondvloer: voer op grondslag Rc = 4,0	34,00	32,00	29,00	11,00	24,00	9,00	5,00	5,00-



Tabel 5.21: Plat dak: saldo investeringen en besparingen in € contante waarde per 1-1-2011

Gebruiksfunctie	C	G	W1	W2	K2	L	K1	S
besparingsfactor	2,52	3,06	1,74	2,03	1,52	1,85	1,52	0,55
periode (n jaren)	30	20	30	20	30	20	20	20
disconto	5,5%	5,5%	5,5%	8,0%	5,5%	8,0%	8,0%	8,0%
prijsindex gas	3,5%	4,3%	3,5%	4,3%	3,5%	4,3%	4,3%	4,3%
CW-getal	23,0	18,0	23,0	14,7	23,0	14,7	14,7	14,7
€ / m3 gas in jaar 1	0,48	0,48	0,62	0,48	0,62	0,48	0,48	0,62
CW 1 m3 gas / n jaar	11,06	8,63	14,29	7,03	14,29	7,03	7,03	9,09
<b>Vervangen dakbedekking met isolatie, inclusief aanpassing randen en opgaand werk waar nodig.</b>								
<b>Referenties exclusief isolatiemaatregel:</b>								
Vervangen dakbedekking exclusief isolatie								
<b>Betonnen dak matig geïsoleerd</b>								
Isolatie plat dak (EPS excl.rand) Rc=2,5	73,00	68,00	63,00	28,00	53,00	24,00	16,00	3,00-
Isolatie plat dak (steenwol excl.rand) Rc=2,5	63,00	58,00	53,00	18,00	43,00	14,00	6,00	13,00-
<b>Betonnen dak niet geïsoleerd</b>								
Isolatie plat dak (EPS met aanpassen rand) Rc=2,5	219,00	204,00	188,00	81,00	157,00	68,00	45,00	13,00-
Isolatie plat dak (EPS met aanpassen rand) Rc=3,0	220,00	205,00	188,00	80,00	157,00	67,00	43,00	16,00-
Isolatie plat dak (EPS met aanpassen rand) Rc=3,5	<b>219,00</b>	<b>204,00</b>	<b>187,00</b>	<b>77,00</b>	<b>155,00</b>	<b>64,00</b>	<b>40,00</b>	<b>19,00-</b>
Isolatie plat dak (EPS met aanpassen rand) Rc=4,0	217,00	202,00	184,00	74,00	152,00	60,00	36,00	24,00-
Isolatie plat dak (steenwol met aanpassen rand) Rc=2,5	207,00	192,00	176,00	69,00	145,00	56,00	33,00	25,00-
Isolatie plat dak (steenwol met aanpassen rand) Rc=3,0	206,00	191,00	174,00	66,00	143,00	53,00	29,00	30,00-
Isolatie plat dak (steenwol met aanpassen rand) Rc=3,5	<b>203,00</b>	<b>188,00</b>	<b>171,00</b>	<b>61,00</b>	<b>139,00</b>	<b>48,00</b>	<b>24,00</b>	<b>35,00-</b>
Isolatie plat dak (steenwol met aanpassen rand) Rc=4,0	200,00	185,00	167,00	57,00	135,00	43,00	19,00	41,00-
<b>Betonnen dak matig geïsoleerd</b>								
Isolatie plat dak (EPS met rand) Rc=2,5 wordt Rc=3,0	35,00	30,00	24,00	13,00-	13,00	18,00-	26,00-	46,00-
Isolatie plat dak (EPS met rand) Rc=3,0 wordt Rc=3,5	<b>33,00</b>	<b>28,00</b>	<b>22,00</b>	<b>16,00-</b>	<b>11,00</b>	<b>20,00-</b>	<b>28,00-</b>	<b>49,00-</b>
Isolatie plat dak (EPS met rand) Rc=3,5 wordt Rc=4,0	35,00	29,00	23,00	17,00-	12,00	22,00-	30,00-	52,00-
Isolatie plat dak (EPS met rand) Rc=4,0 wordt Rc=4,5	33,00	27,00	21,00	20,00-	9,00	25,00-	34,00-	57,00-
Isolatie plat dak (stwol met rand) Rc=2,5 wordt Rc=3,0	23,00	18,00	12,00	25,00-	1,00	30,00-	38,00-	58,00-
Isolatie plat dak (stwol met rand) Rc=3,0 wordt Rc=3,5	<b>19,00</b>	<b>14,00</b>	<b>8,00</b>	<b>30,00-</b>	<b>3,00-</b>	<b>34,00-</b>	<b>42,00-</b>	<b>63,00-</b>
Isolatie plat dak (stwol met rand) Rc=3,5 wordt Rc=4,0	19,00	13,00	7,00	33,00-	4,00-	38,00-	46,00-	68,00-
Isolatie plat dak (stwol met rand) Rc=4,0 wordt Rc=4,5	16,00	10,00	4,00	37,00-	8,00-	42,00-	51,00-	74,00-
<b>Houten dak matig geïsoleerd</b>								
Isolatie plat dak (EPS excl.rand) Rc=2,5	47,00	44,00	40,00	16,00	33,00	13,00	8,00	6,00-
Isolatie plat dak (steenwol excl.rand) Rc=2,5	37,00	34,00	30,00	6,00	23,00	3,00	2,00-	16,00-
<b>Houten dak niet geïsoleerd</b>								
Isolatie plat dak (EPS met aanpassen rand) Rc=2,5	86,00	78,00	69,00	14,00	53,00	7,00	5,00-	36,00-
Isolatie plat dak (EPS met aanpassen rand) Rc=3,0	86,00	78,00	69,00	12,00	52,00	5,00	7,00-	38,00-
Isolatie plat dak (EPS met aanpassen rand) Rc=3,5	<b>87,00</b>	<b>79,00</b>	<b>70,00</b>	<b>11,00</b>	<b>53,00</b>	<b>4,00</b>	<b>9,00-</b>	<b>41,00-</b>
Isolatie plat dak (EPS met aanpassen rand) Rc=4,0	85,00	77,00	67,00	7,00	50,00	-	13,00-	46,00-
Isolatie plat dak (steenwol met aanpassen rand) Rc=2,5	76,00	68,00	59,00	4,00	43,00	3,00-	15,00-	46,00-
Isolatie plat dak (steenwol met aanpassen rand) Rc=3,0	73,00	65,00	56,00	1,00-	39,00	8,00-	20,00-	51,00-
Isolatie plat dak (steenwol met aanpassen rand) Rc=3,5	<b>72,00</b>	<b>64,00</b>	<b>55,00</b>	<b>4,00-</b>	<b>38,00</b>	<b>11,00-</b>	<b>24,00-</b>	<b>56,00-</b>
Isolatie plat dak (steenwol met aanpassen rand) Rc=4,0	69,00	61,00	51,00	9,00-	34,00	16,00-	29,00-	62,00-
<b>Houten dak matig geïsoleerd</b>								
Isolatie plat dak (EPS met rand) Rc=2,5 wordt Rc=3,0	8,00	4,00	-	26,00-	8,00-	30,00-	35,00-	50,00-
Isolatie plat dak (EPS met rand) Rc=3,0 wordt Rc=3,5	<b>7,00</b>	<b>4,00</b>	<b>1,00-</b>	<b>28,00-</b>	<b>8,00-</b>	<b>31,00-</b>	<b>37,00-</b>	<b>52,00-</b>
Isolatie plat dak (EPS met rand) Rc=3,5 wordt Rc=4,0	6,00	2,00	2,00-	30,00-	10,00-	34,00-	40,00-	56,00-
Isolatie plat dak (EPS met rand) Rc=4,0 wordt Rc=4,5	4,00	-	5,00-	34,00-	13,00-	38,00-	44,00-	60,00-
Isolatie plat dak (stwol met rand) Rc=2,5 wordt Rc=3,0	2,00-	6,00-	10,00-	36,00-	18,00-	40,00-	45,00-	60,00-
Isolatie plat dak (stwol met rand) Rc=3,0 wordt Rc=3,5	<b>6,00-</b>	<b>9,00-</b>	<b>14,00-</b>	<b>41,00-</b>	<b>21,00-</b>	<b>44,00-</b>	<b>50,00-</b>	<b>65,00-</b>
Isolatie plat dak (stwol met rand) Rc=3,5 wordt Rc=4,0	9,00-	13,00-	17,00-	45,00-	25,00-	49,00-	55,00-	71,00-
Isolatie plat dak (stwol met rand) Rc=4,0 wordt Rc=4,5	12,00-	16,00-	21,00-	50,00-	29,00-	54,00-	60,00-	76,00-
<b>Vervangen dak (t.o.v. niet geïsoleerd dak)</b>								
Isolatie plat dak (EPS) Rc=2,5	259,00	244,00	228,00	121,00	197,00	108,00	85,00	27,00
Isolatie plat dak (EPS) Rc=3,0	260,00	245,00	228,00	120,00	197,00	107,00	83,00	24,00
Isolatie plat dak (EPS) Rc=3,5	<b>259,00</b>	<b>244,00</b>	<b>227,00</b>	<b>117,00</b>	<b>195,00</b>	<b>104,00</b>	<b>80,00</b>	<b>21,00</b>
Isolatie plat dak (EPS) Rc=4,0	257,00	242,00	224,00	114,00	192,00	100,00	76,00	16,00
Isolatie plat dak (steenwol) Rc=2,5	247,00	232,00	216,00	109,00	185,00	96,00	73,00	15,00
Isolatie plat dak (steenwol) Rc=3,0	246,00	231,00	214,00	106,00	183,00	93,00	69,00	10,00
Isolatie plat dak (steenwol) Rc=3,5	<b>243,00</b>	<b>228,00</b>	<b>211,00</b>	<b>101,00</b>	<b>179,00</b>	<b>88,00</b>	<b>64,00</b>	<b>5,00</b>
Isolatie plat dak (steenwol) Rc=4,0	240,00	225,00	207,00	97,00	175,00	83,00	59,00	1,00-

Tabel 5.22: Hellend dak: saldo investeringen en besparingen in € contante waarde per 1-1-2011

Gebruiksfunctie	C	G	W1	W2	K2	L	K1	S
besparingsfactor	2,52	3,06	1,74	2,03	1,52	1,85	1,52	0,55
periode (n jaren)	30	20	30	20	30	20	20	20
disconto	5,5%	5,5%	5,5%	8,0%	5,5%	8,0%	8,0%	8,0%
prijsindex gas	3,5%	4,3%	3,5%	4,3%	3,5%	4,3%	4,3%	4,3%
CW-getal	23,0	18,0	23,0	14,7	23,0	14,7	14,7	14,7
€/ m3 gas in jaar 1	0,48	0,48	0,62	0,48	0,62	0,48	0,48	0,62
CW 1 m3 gas / n jaar	11,06	8,63	14,29	7,03	14,29	7,03	7,03	9,09
<b>Aanbrengen plafond met isolatie</b>								
Plafond aan: gipsplaat met isolatie (Rc=2,5)	243,00	226,00	207,00	80,00	170,00	65,00	38,00	31,00-
Plafond aan: gipsplaat met isolatie (Rc=3,0)	247,00	230,00	210,00	81,00	172,00	65,00	38,00	32,00-
Plafond aan: gipsplaat met isolatie (Rc=3,5)	<b>248,00</b>	<b>230,00</b>	<b>210,00</b>	<b>80,00</b>	<b>173,00</b>	<b>65,00</b>	<b>37,00</b>	<b>34,00-</b>
Plafond aan: gipsplaat met isolatie (Rc=4,0)	232,00	214,00	194,00	63,00	156,00	47,00	19,00	52,00-
<b>Aanbrengen plafond met isolatie</b>								
Plafond aan: gipsplaat met isolatie (Rc=2,5) wordt Rc=3,0	15,00	9,00	3,00	37,00-	8,00-	42,00-	50,00-	72,00-
Plafond aan: gipsplaat met isolatie (Rc=3,0) wordt Rc=3,5	<b>16,00</b>	<b>10,00</b>	<b>4,00</b>	<b>37,00-</b>	<b>8,00-</b>	<b>42,00-</b>	<b>51,00-</b>	<b>74,00-</b>
Plafond aan: gipsplaat met isolatie (Rc=3,5) wordt Rc=4,0	16,00	11,00	4,00	38,00-	8,00-	43,00-	52,00-	75,00-
Plafond aan: gipsplaat met isolatie (Rc=4,0) wordt Rc=4,5	3,00-	8,00-	15,00-	57,00-	27,00-	62,00-	71,00-	94,00-
<b>Vervangen dakbedekking met isolatie, inclusief aanpassing randen en opgaand werk waar nodig.</b>								
Referenties exclusief isolatiemaatregel: Vervangen dakbedekking exclusief isolatie (incl. randen)								
<b>Aanbrengen isolatie (t.o.v. maatregel met randen)</b>								
dakafwerking: renovatieelement PIR (Rc=2,5)	285,00	268,00	249,00	122,00	212,00	107,00	80,00	11,00
dakafwerking: renovatieelement PIR (Rc=3,0)	285,00	268,00	248,00	119,00	210,00	103,00	76,00	6,00
dakafwerking: renovatieelement PIR (Rc=3,5)	<b>285,00</b>	<b>267,00</b>	<b>247,00</b>	<b>117,00</b>	<b>210,00</b>	<b>102,00</b>	<b>74,00</b>	<b>3,00</b>
dakafwerking: renovatieelement PIR (Rc=4,0)	286,00	268,00	248,00	117,00	210,00	101,00	73,00	2,00
<b>Aanbrengen isolatie (t.o.v. maatregel met randen)</b>								
dakafwerking: renovatieelement PIR (Rc=2,5) wordt Rc=3,0	57,00	51,00	45,00	5,00	34,00	-	8,00-	30,00-
dakafwerking: renovatieelement PIR (Rc=3,0) wordt Rc=3,5	<b>54,00</b>	<b>48,00</b>	<b>42,00</b>	<b>1,00</b>	<b>30,00</b>	<b>4,00-</b>	<b>13,00-</b>	<b>36,00-</b>
dakafwerking: renovatieelement PIR (Rc=3,5) wordt Rc=4,0	53,00	48,00	41,00	1,00-	29,00	6,00-	15,00-	38,00-
dakafwerking: renovatieelement PIR (Rc=4,0) wordt Rc=4,5	51,00	46,00	39,00	3,00-	27,00	8,00-	17,00-	40,00-
<b>Vervangen complete kap, inclusief aanpassing randen en opgaand werk waar nodig.</b>								
Referenties exclusief isolatiemaatregel: Nieuwe sandwichplaat (Rc=2,5 is minimum)								
<b>Aanbrengen geïsoleerd dakelement</b>								
dakvlak aan: sandwichplaat (Rc=2,5)	334,00	317,00	298,00	171,00	261,00	156,00	129,00	60,00
dakvlak aan: sandwichplaat (Rc=3,0)	334,00	317,00	297,00	168,00	259,00	152,00	125,00	55,00
dakvlak aan: sandwichplaat (Rc=3,5)	<b>332,00</b>	<b>314,00</b>	<b>294,00</b>	<b>164,00</b>	<b>257,00</b>	<b>149,00</b>	<b>121,00</b>	<b>50,00</b>
dakvlak aan: sandwichplaat (Rc=4,0)	329,00	311,00	291,00	160,00	253,00	144,00	116,00	45,00

**Tabel 5.31: Gesloten gevel: saldo investeringen & besparingen, € contante waarde per 1-1-2011**

Gebruiksfunctie	C	G	W1	W2	K2	L	K1	S
besparingsfactor	2,52	3,06	1,74	2,03	1,52	1,85	1,52	0,55
periode (n jaren)	30	20	30	20	30	20	20	20
disconto	5,5%	5,5%	5,5%	8,0%	5,5%	8,0%	8,0%	8,0%
prijnsindex gas	3,5%	4,3%	3,5%	4,3%	3,5%	4,3%	4,3%	4,3%
CW-getal	23,0	18,0	23,0	14,7	23,0	14,7	14,7	14,7
€/ m3 gas in jaar 1	0,48	0,48	0,62	0,48	0,62	0,48	0,48	0,62
CW 1 m3 gas / n jaar	11,06	8,63	14,29	7,03	14,29	7,03	7,03	9,09
<b>Aanbrengen voorzetwand binnen met isolatie</b>								
Referenties exclusief isolatiemaatregel: Aanbrengen voorzetwand zonder isolatie								
<b>Aanbrengen voorzetwand met isolatie</b>								
voorzetw: metal-stud 115mm (Rc=2,5)	138,00	130,00	121,00	63,00	105,00	56,00	44,00	12,00
voorzetw: metal-stud 140mm (Rc=3,0)	135,00	127,00	118,00	59,00	101,00	52,00	39,00	7,00
voorzetw: metal-stud 165mm (Rc=3,5)	<b>131,00</b>	<b>123,00</b>	<b>113,00</b>	<b>53,00</b>	<b>96,00</b>	<b>46,00</b>	<b>33,00</b>	-
voorzetw: metal-stud 190mm (Rc=4,0)	127,00	118,00	109,00	48,00	91,00	40,00	27,00	6,00-
<b>Aanbrengen voorzetwand met isolatie</b>								
voorzetw: metal-stud 115mm (Rc=2,5) wordt Rc=3,0	41,00	38,00	35,00	14,00	29,00	11,00	6,00	5,00-
voorzetw: metal-stud 140mm (Rc=3,0) wordt Rc=3,5	<b>38,00</b>	<b>35,00</b>	<b>31,00</b>	<b>9,00</b>	<b>25,00</b>	<b>6,00</b>	<b>1,00</b>	<b>11,00-</b>
voorzetw: metal-stud 165mm (Rc=3,5) wordt Rc=4,0	33,00	30,00	27,00	3,00	20,00	1,00	4,00-	17,00-
voorzetw: metal-stud 190mm (Rc=4,0) wordt Rc=4,5	29,00	26,00	22,00	2,00-	15,00	5,00-	10,00-	24,00-
<b>Aanbrengen buitenbekleding (red cedar) met isolatie</b>								
Referenties exclusief isolatiemaatregel: Aanbrengen buitenbekleding								
<b>Aanbrengen buitenbekleding met isolatie</b>								
gevelwand afw: regelwerk, red cedar-isolatie Rc=2,5	134,00	126,00	117,00	59,00	101,00	52,00	40,00	8,00
gevelwand afw: regelwerk, red cedar-isolatie Rc=3,0	135,00	127,00	118,00	59,00	101,00	52,00	39,00	7,00
gevelwand afw: regelwerk, red cedar-isolatie Rc=3,5	<b>134,00</b>	<b>126,00</b>	<b>116,00</b>	<b>56,00</b>	<b>99,00</b>	<b>49,00</b>	<b>36,00</b>	<b>3,00</b>
gevelwand afw: regelwerk, red cedar-isolatie Rc=4,0	130,00	121,00	112,00	51,00	94,00	43,00	30,00	3,00-
<b>Aanbrengen buitenbekleding met isolatie</b>								
gevelwand afw: regelwerk, red cedar (Rc=2,5) wordt Rc=3,5	<b>40,00</b>	<b>37,00</b>	<b>33,00</b>	<b>11,00</b>	<b>27,00</b>	<b>8,00</b>	<b>3,00</b>	<b>9,00-</b>
gevelwand afw: regelwerk, red cedar (Rc=3,0) wordt Rc=4,0	40,00	37,00	34,00	10,00	27,00	8,00	3,00	10,00-
gevelwand afw: regelwerk, red cedar (Rc=3,5) wordt Rc=4,5	39,00	36,00	32,00	8,00	25,00	5,00	-	14,00-
gevelwand afw: regelwerk, red cedar (Rc=4,0) wordt Rc=5,0	35,00	31,00	28,00	2,00	20,00	1,00-	6,00-	20,00-
<b>Aanbrengen buitenisolatiesysteem</b>								
Referenties exclusief isolatiemaatregel: Aanbrengen cementschuurwerk (met schilderwerk) buiten								
<b>Aanbrengen buitenisolatiesysteem</b>								
gevelwand afw: aan.buitenisolatie (Rc=2,5)	86,00	78,00	69,00	11,00	53,00	4,00	8,00-	40,00-
gevelwand afw: aan.buitenisolatie (Rc=3,0)	83,00	75,00	66,00	7,00	49,00	-	13,00-	45,00-
gevelwand afw: aan.buitenisolatie (Rc=3,5)	<b>80,00</b>	<b>72,00</b>	<b>62,00</b>	<b>2,00</b>	<b>45,00</b>	<b>5,00-</b>	<b>18,00-</b>	<b>51,00-</b>
gevelwand afw: aan.buitenisolatie (Rc=4,0)	77,00	68,00	59,00	2,00-	41,00	10,00-	23,00-	56,00-
<b>Aanbrengen buitenisolatiesysteem</b>								
gevelwand afw: aan.buitenisolatie (Rc=2,5) wordt Rc=3,5	8,00-	11,00-	15,00-	37,00-	21,00-	40,00-	45,00-	57,00-
gevelwand afw: aan.buitenisolatie (Rc=3,0) wordt Rc=4,0	12,00-	15,00-	18,00-	42,00-	25,00-	44,00-	49,00-	62,00-
gevelwand afw: aan.buitenisolatie (Rc=3,5) wordt Rc=4,5	15,00-	18,00-	22,00-	46,00-	29,00-	49,00-	54,00-	68,00-
gevelwand afw: aan.buitenisolatie (Rc=4,0) wordt Rc=5,0	18,00-	22,00-	25,00-	51,00-	33,00-	54,00-	59,00-	73,00-
<b>Vervangen buitenspouwblad</b>								
Referenties exclusief isolatiemaatregel: Vervangen buitenblad (geen isolatie)								
<b>Aanbrengen spouwisolatie</b>								
spouwmuurisolatie steenwol Rc=2,5	153,00	145,00	135,00	72,00	117,00	64,00	50,00	16,00
spouwmuurisolatie steenwol Rc=3,0	156,00	147,00	137,00	71,00	118,00	63,00	49,00	14,00
spouwmuurisolatie steenwol Rc=3,5	<b>156,00</b>	<b>147,00</b>	<b>136,00</b>	<b>70,00</b>	<b>117,00</b>	<b>62,00</b>	<b>47,00</b>	<b>11,00</b>
spouwmuurisolatie steenwol Rc=4,0	155,00	146,00	136,00	68,00	116,00	60,00	46,00	9,00

**Tabel 5.41 besparingen versus kosten van maatregelen centrale verwarming (t.o.v. referentie HR-107 ketel)**

Gas-warmtepomp (1,4-1,6)											
Functie		Besparing in € CW		Meer-kosten bij een thermisch vermogen van:							
		laag	hoog	50	125	250					
C	celfunctie	253	-	1.279	1.351	1.224	1.110				
G	gez.h.zorg. met bedgebied	318	-	1.256	1.032	934	847				
W1	woningen, (woonwagens)	9	-	1.472	1.351	1.224	1.110				
K2	onderwijs, kinderopvang	320	-	1.039	1.351	1.224	1.110				
W2	logiesgebouw, winkel	88	-	529	1.027	930	844				
L	logiesfunctie, niet zijnde een logiesgebouw										
K1	kant., sport verw., bijeenk., gez.h.z. overig	67	-	409	1.027	930	844				
S	sport, matig verwarmd	30	-	221	1.027	930	844				
Gas-warmtepomp (1,4-1,6) met piek HR ketel											
Functie		Besparing in € CW		Meer-kosten bij een thermisch vermogen van:							
		laag	hoog	125	250	500	1.000				
C	celfunctie	197	-	1.166	369	307	310	280			
G	gez.h.zorg. met bedgebied	247	-	1.146	282	234	237	214			
W1	woningen, (woonwagens)	0	-	1.422	369	307	310	280			
K2	onderwijs, kinderopvang	249	-	948	369	307	310	280			
W2	logiesgebouw, winkel	68	-	482	281	233	236	213			
L	logiesfunctie, niet zijnde een logiesgebouw										
K1	kant., sport verw., bijeenk., gez.h.z. overig	52	-	374	281	233	236	213			
S	sport, matig verwarmd	23	-	202	281	233	236	213			
Elektrische warmtepomp (2,8-3,4)											
Functie		Besparing in € CW		Meer-kosten bij een thermisch vermogen van:							
		laag	hoog	50	125	250	500	1.000	2.000		
C	celfunctie	1	-	866	662	380	198	218	115	131	
G	gez.h.zorg. met bedgebied	39	-	911	505	290	151	166	79	100	
W1	woningen, (woonwagens)	16	-	1.491	662	380	198	218	115	131	
K2	onderwijs, kinderopvang	106	-	577	662	380	198	218	115	131	
W2	logiesgebouw, winkel	8	-	376	503	289	151	166	87	99	
L	logiesfunctie, niet zijnde een logiesgebouw										
K1	kant., sport verw., bijeenk., gez.h.z. overig	6	-	291	503	289	151	166	87	99	
S	sport, matig verwarmd	7	-	132	503	289	151	166	87	99	
Elektrische warmtepomp (2,8-3,4) met piek HR ketel											
Functie		Besparing in € CW		Meer-kosten bij een thermisch vermogen van:							
		laag	hoog	50	125	250	500	1.000	2.000	4.000	
C	celfunctie	64	-	721	331	230	124	102	57	69	33
G	gez.h.zorg. met bedgebied	47	-	759	253	175	95	78	43	53	25
W1	woningen, (woonwagens)	28	-	1.245	331	230	124	102	57	69	33
K2	onderwijs, kinderopvang	167	-	482	331	230	124	102	57	69	33
W2	logiesgebouw, winkel	16	-	313	252	175	94	77	43	52	25
L	logiesfunctie, niet zijnde een logiesgebouw										
K1	kant., sport verw., bijeenk., gez.h.z. overig	12	-	242	252	175	94	77	43	52	25
S	sport, matig verwarmd	13	-	110	252	175	94	77	43	52	25
Elektrische warmtepomp op retourlucht (4,4-6,1)											
Functie		Besparing in € CW		Meer-kosten bij een thermisch vermogen van:							
		laag	hoog	50	125	250	500	1.000	2.000		
C	celfunctie	300	-	1.558	848	482	266	271	151	159	
G	gez.h.zorg. met bedgebied	403	-	1.565	647	368	203	207	115	121	
W1	woningen, (woonwagens)	47	-	3.093	848	482	266	271	151	159	
K2	onderwijs, kinderopvang	314	-	1.197	848	482	266	271	151	159	
W2	logiesgebouw, winkel	109	-	654	645	367	202	206	114	121	
L	logiesfunctie, niet zijnde een logiesgebouw										
K1	kant., sport verw., bijeenk., gez.h.z. overig	83	-	507	645	367	202	206	114	121	
S	sport, matig verwarmd	31	-	260	645	367	202	206	114	121	
Elektrische warmtepomp op retourlucht (4,4-6,1) met piek HR ketel											
Functie		Besparing in € CW		Meer-kosten bij een thermisch vermogen van:							
		laag	hoog	50	125	250	500	1.000	2.000	4.000	
C	celfunctie	38	-	313	411	296	173	127	72	84	43
G	gez.h.zorg. met bedgebied	57	-	166	313	226	132	97	55	64	33
W1	woningen, (woonwagens)	129	-	2.522	411	296	173	127	72	84	43
K2	onderwijs, kinderopvang	282	-	1.055	411	296	173	127	72	84	43
W2	logiesgebouw, winkel	35	-	340	312	225	132	96	55	64	32
L	logiesfunctie, niet zijnde een logiesgebouw										
K1	kant., sport verw., bijeenk., gez.h.z. overig	37	-	724	312	225	132	96	55	64	32
S	sport, matig verwarmd	78	-	204	312	225	132	96	55	64	32

xxx = investering financieel niet rendabel  
xxx = investering soms wel/soms niet rendabel  
xxx = investering financieel rendabel

**Tabel 5.42: besparingen versus kosten van maatregelen ventilatie en koeling**  
(t.o.v. referentie mechanische afzuiging resp. compressiekoelmachine)

<b>Twincil WTW-ventilatie</b>									
Functie		Besparing in € CW		Meer-kosten bij een luchthoeveelheid x 1.000m <sup>3</sup> /h					
		laag	hoog	1,0	2,5	5,0	10,0	20,0	40,0
C	celfunctie	20	- 20	20	14	10	7	5	4
G	gez.h.zorg. met bedgebied	7	- 17	15	11	7	5	4	3
W1	woningen, (woonwagens)								
K2	onderwijs, kinderopvang	4	- 10	20	14	10	7	5	4
W2	logiesgebouw, winkel	3	- 9	15	11	7	5	4	3
L	logiesfunctie, niet zijnde een logiesgebouw								
K1	kant., sport verw., bijeenk., gez.h.z. overig	2	- 5	15	11	7	5	4	3
S	sport, matig verwarmd	1	- 3	15	11	7	5	4	3
<b>Koudeopslag t.o.v. compressiekoelmachine</b>									
Functie		Besparing in € CW		Meer-kosten bij een thermisch vermogen van:					
		laag	hoog	125	250	500	1.000	2.000	
G	gez.h.zorg. met bedgebied	285	- 1.166	1.316	702	702	526	526	
K1	kant., sport verw., bijeenk., gez.h.z. overig	82	- 323	1.310	699	699	524	524	
K2	onderwijs, kinderopvang	169	- 768	1.724	919	919	690	690	
S	sport, matig verwarmd	174	- 711	1.310	699	699	524	524	
W1	woningen, (woonwagens)								
W2	logiesgebouw, winkel	173	- 841	1.310	699	699	524	524	
L	logiesfunctie, niet zijnde een logiesgebouw								
C	celfunctie								
				xxx	= investering financieel niet rendabel				
				xxx	= investering soms wel/soms niet rendabel				
				xxx	= investering financieel rendabel				

## **D.6 Tabellen**

D.6.1 Specificaties van de bouwkosten

D.6.2 Overzichten van de investeringskosten en de basisgegevens energiebesparing

## D.6.1 Specificaties van de bouwkosten

Zie paragraaf 3 van deze bijlage voor de toelichting op deze tabellen.

**Tabel 3.11: Maatregelen begane grondvloer**

	Hoefv.		Materialen		Arbeid		Onderaanneming		Totaal directe bouwkosten
	Eh.		per eh.	totaal	norm	totaal	per eh.	totaal	
<b>Uitgangssituatie: vervangen houten vloer of vloerbeschot zonder isolatie</b>									
									p.m.
<b>Maatregelen: aanbrengen isolatiemateriaal tussen de vloerbalken</b>									
polyetheenfolie dampv.laag	1,00	m2	1,16	1,16	0,05	0,05	-	-	3,02
vuren 22x50 rachels	2,00	m	0,33	0,66	0,06	0,12	-	-	5,13
steenwolplaat (201) dik 120mm	1,00	m2	9,92	9,92	0,08	0,08	-	-	12,90
<b>Totaal vloerisolatie beg.grondvloer Rc=2,5</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>							<b>21,06</b>
polyetheenfolie dampv.laag	1,00	m2	1,16	1,16	0,05	0,05	-	-	3,02
vuren 22x50 rachels	2,00	m	0,33	0,66	0,06	0,12	-	-	5,13
steenwolplaat (201) dik 140mm	1,00	m2	11,56	11,56	0,09	0,09	-	-	14,92
<b>Totaal vloerisolatie beg.grondvloer Rc=3,0</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>							<b>23,07</b>
polyetheenfolie dampv.laag	1,00	m2	1,16	1,16	0,05	0,05	-	-	3,02
vuren 22x50 rachels	2,00	m	0,33	0,66	0,06	0,12	-	-	5,13
steenwolplaat (201) dik 160mm	1,00	m2	13,68	13,68	0,10	0,10	-	-	17,41
<b>Totaal vloerisolatie beg.grondvloer Rc=3,5</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>							<b>25,57</b>
polyetheenfolie dampv.laag	1,00	m2	1,16	1,16	0,05	0,05	-	-	3,02
vuren 22x50 rachels	2,00	m	0,33	0,66	0,06	0,12	-	-	5,13
steenwolplaat (201) dik 90mm	2,00	m2	7,56	15,12	0,07	0,14	-	-	20,34
<b>Totaal vloerisolatie beg.grondvloer Rc=4,0</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>							<b>28,50</b>
<b>Uitgangssituatie: vloer op grondslag ongeïsoleerd</b>									
zandaanvull. tbv. vloer. grdsl.	0,20	m3	21,08	4,22	1,000	0,20	-	-	11,67
p.e.folie aanbrengen	1,10	m2	0,12	0,13	0,060	0,07	-	-	2,59
betonstaalnetten FeB 500HKN	12,00	kg	0,92	11,04	0,010	0,12	-	-	15,51
beton C20/25 vloeren	0,20	m3	78,47	15,69	0,750	0,15	9,99	2,00	23,28
beton C20/25 toeslag kleinschalig werk	0,20	m3	26,16	5,23	1,500	0,30	-	-	16,42
mobile kraan 25 ton (beton)	0,10	uur	-	-	-	-	101,03	9,60	9,60
<b>Totaal vloer op grndsl.: beton 200mm (ongeïsoleerd)</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>							<b>79,07</b>
<b>Maatregelen: aanbrengen betonvloer op grondslag met isolatie</b>									
zandaanvull. tbv. vloer. grdsl.	0,20	m3	21,08	4,22	1,000	0,20	-	-	11,67
p.e.folie aanbrengen	1,10	m2	0,12	0,13	0,060	0,07	-	-	2,59
betonstaalnetten FeB 500HKN	12,00	kg	0,92	11,04	0,010	0,12	-	-	15,51
beton C20/25 vloeren	0,20	m3	78,47	15,69	0,750	0,15	9,99	2,00	23,28
beton C20/25 toeslag kleinschalig werk	0,20	m3	26,16	5,23	1,500	0,30	-	-	16,42
EPS 60 plaat 80mm dik aanbrengen	1,00	m2	4,28	4,28	0,075	0,08	-	-	7,07
mobile kraan 25 ton (beton)	0,07	uur	-	-	-	-	101,03	7,07	7,07
<b>Totaal vloer op grndsl.: beton 200mm + isolatie Rc=2,5</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>							<b>83,62</b>
zandaanvull. tbv. vloer. grdsl.	0,20	m3	21,08	4,22	1,000	0,20	-	-	11,67
p.e.folie aanbrengen	1,10	m2	0,12	0,13	0,060	0,07	-	-	2,59
betonstaalnetten FeB 500HKN	12,00	kg	0,92	11,04	0,010	0,12	-	-	15,51
beton C20/25 vloeren	0,20	m3	78,47	15,69	0,750	0,15	9,99	2,00	23,28
beton C20/25 toeslag kleinschalig werk	0,20	m3	26,16	5,23	1,500	0,30	-	-	16,42
EPS 60 plaat 100mm dik aanbrengen	1,00	m2	5,35	5,35	0,080	0,08	-	-	8,33
mobile kraan 25 ton (beton)	0,07	uur	-	-	-	-	101,03	7,07	7,07
<b>Totaal vloer op grndsl.: beton 200mm + isolatie Rc=3,0</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>							<b>84,88</b>
zandaanvull. tbv. vloer. grdsl.	0,20	m3	21,08	4,22	1,000	0,20	-	-	11,67
p.e.folie aanbrengen	1,10	m2	0,12	0,13	0,060	0,07	-	-	2,59
betonstaalnetten FeB 500HKN	12,00	kg	0,92	11,04	0,010	0,12	-	-	15,51
beton C20/25 vloeren	0,20	m3	78,47	15,69	0,750	0,15	9,99	2,00	23,28
beton C20/25 toeslag kleinschalig werk	0,20	m3	26,16	5,23	1,500	0,30	-	-	16,42
EPS 60 plaat 120mm dik aanbrengen	1,00	m2	6,42	6,42	0,083	0,08	-	-	9,49
mobile kraan 25 ton (beton)	0,07	uur	-	-	-	-	101,03	7,07	7,07
<b>Totaal vloer op grndsl.: beton 200mm + isolatie Rc=3,5</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>							<b>86,04</b>
zandaanvull. tbv. vloer. grdsl.	0,20	m3	21,08	4,22	1,000	0,20	-	-	11,67
p.e.folie aanbrengen	1,10	m2	0,12	0,13	0,060	0,07	-	-	2,59
betonstaalnetten FeB 500HKN	12,00	kg	0,92	11,04	0,010	0,12	-	-	15,51
beton C20/25 vloeren	0,20	m3	78,47	15,69	0,750	0,15	9,99	2,00	23,28
beton C20/25 toeslag kleinschalig werk	0,20	m3	26,16	5,23	1,500	0,30	-	-	16,42
EPS 60 plaat 140mm dik aanbrengen	1,00	m2	7,49	7,49	0,085	0,09	-	-	10,65
mobile kraan 25 ton (beton)	0,07	uur	-	-	-	-	101,03	7,07	7,07
<b>Totaal vloer op grndsl.: beton 200mm + isolatie Rc=4,0</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>							<b>87,20</b>

Tabel 3.12: Maatregelen plat dak

	Hoefv.	Eh.	Materialen		Arbeid		Onderaanneming		Totaal directe bouwkosten
			per eh.	totaal	norm	totaal	per eh.	totaal	
<b>Uitgangssituatie: vervangen bitumineuze (of kunststof) bedekking</b>									
<b>Uitgangssituatie: vervangen complete dakconstructie inclusief bitumineuze (of kunststof) bedekking</b>									
<b>dakrandconstr.: rolsteiger tpv bestaand element</b>	<b>1,20</b>	<b>m2</b>	-	-	-	-	-	-	-
steigerwerk rolsteiger	1,20	m2	-	-	0,150	0,18	-	-	6,71
<b>dakrandconst.slp: boeiboord+trim</b>	<b>-</b>	<b>m</b>	-	-	-	-	-	-	-
sloop boeiboord + trim	-	m	-	-	0,150	-	-	-	-
<b>dakrandconst.aan: boeiboord vlak exclusief trim</b>	<b>-</b>	<b>m</b>	-	-	-	-	-	-	-
vuren 22x75 mastiekschroot	-	m	0,98	-	0,150	-	-	-	-
vuren 22x50 rachels luifel	-	m	0,33	-	0,060	-	-	-	-
underlayment 19mm	-	m2	9,03	-	0,300	-	-	-	-
mplex./WBP 18mm aanb boei	-	m2	20,55	-	0,800	-	-	-	-
dpc folie breed 500	-	m	0,51	-	0,050	-	-	-	-
1-laags bit. dakb. leislag (voll.gekl.)	-	m2	-	-	-	-	20,18	-	-
startstelsysteem zijdeglans (dekkend)	-	m2	-	-	-	-	33,31	-	-
<b>dakrandconst.aan: daktrim alu.</b>	<b>-</b>	<b>m</b>	-	-	-	-	-	-	-
1-laags bit. dakb. leislag (voll.gekl.)	-	m2	-	-	-	-	20,18	-	-
daktrim alu. inplakbr. 42mm	-	m	-	-	-	-	16,32	-	-
<b>dakafw: slp.bit.dakbed.+grind</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>	-	-	-	-	-	-	-
sloop bit.dakbedekk.+grind	1,00	m2	-	-	0,250	0,25	-	-	9,32
<b>dakafw.aan: 2-laags bit. dakb. (los) + grind</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>	-	-	-	-	-	-	-
2-laags bit. dakb. (losliggend) topl.gebr.	1,00	m2	-	-	-	-	22,76	22,76	22,76
grind	1,00	m2	-	-	-	-	10,44	10,44	10,44
<b>dakaansl: lood (bi.blad bst.wrck)</b>	<b>-</b>	<b>m</b>	-	-	-	-	-	-	-
sloop metselwerk (partieel)	-	m3	-	-	4,100	-	-	-	-
zagen metselw. ca.110mm diep (diversen)	-	m	-	-	-	-	41,38	-	-
reparatie baksteen kleurig hardgrauw	-	dzd	412,85	-	-	-	1.054,13	-	-
specie 500 l/1000	-	dzd	87,02	-	-	-	-	-	-
bladlood vervangen 18kg/m2	-	kg	-	-	-	-	10,85	-	-
<b>Totaal vervangen bitumineuze bedekking</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>							<b>49,23</b>
<b>Maatregelen: vervangen bitumineuze (of kunststof) bedekking met isolatie, zonder aanpassing dakranden</b>									
<b>Hieronder eerst de ingreep op basis van EPS isolatie met totaal Rc=2,5</b>									
<b>Vervolgens de meerprijs van steenwol isolatie Rc=2,0 t.o.v. EPS isolatie Rc=2,0 (totaal resultaat Rc=2,5)</b>									
<b>dakrandconstr.: rolsteiger tpv bestaand element</b>	<b>1,20</b>	<b>m2</b>	-	-	-	-	-	-	-
steigerwerk rolsteiger	1,20	m2	-	-	0,150	0,18	-	-	6,71
<b>dakrandconst.slp: boeiboord+trim</b>	<b>-</b>	<b>m</b>	-	-	-	-	-	-	-
sloop boeiboord + trim	-	m	-	-	0,150	-	-	-	-
<b>dakrandconst.aan: boeiboord vlak exclusief trim</b>	<b>-</b>	<b>m</b>	-	-	-	-	-	-	-
vuren 22x75 mastiekschroot	-	m	0,98	-	0,150	-	-	-	-
vuren 22x50 rachels luifel	-	m	0,33	-	0,060	-	-	-	-
underlayment 19mm	-	m2	9,03	-	0,300	-	-	-	-
mplex./WBP 18mm aanb boei	-	m2	20,55	-	0,800	-	-	-	-
dpc folie breed 500	-	m	0,51	-	0,050	-	-	-	-
1-laags bit. dakb. leislag (voll.gekl.)	-	m2	-	-	-	-	20,18	-	-
startstelsysteem zijdeglans (dekkend)	-	m2	-	-	-	-	33,31	-	-
<b>dakrandconst.aan: daktrim alu.</b>	<b>-</b>	<b>m</b>	-	-	-	-	-	-	-
1-laags bit. dakb. leislag (voll.gekl.)	-	m2	-	-	-	-	20,18	-	-
daktrim alu. inplakbr. 42mm	-	m	-	-	-	-	16,32	-	-
<b>dakafw: slp.bit.dakbed.+grind</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>	-	-	-	-	-	-	-
sloop bit.dakbedekk.+grind	1,00	m2	-	-	0,250	0,25	-	-	9,32
<b>dak-voorz: eps isolatie (Rc=2,0)</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>	-	-	-	-	-	-	-
dakisolatie EPS dik 80mm (Rc=2,0)	1,00	m2	-	-	-	-	11,91	11,91	11,91
<b>dakafw.aan: 2-laags bit. dakb. (los) + grind</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>	-	-	-	-	-	-	-
2-laags bit. dakb. (losliggend) topl.gebr.	1,00	m2	-	-	-	-	22,76	22,76	22,76
grind	1,00	m2	-	-	-	-	10,44	10,44	10,44
<b>dakaansl: lood (bi.blad bst.wrck)</b>	<b>-</b>	<b>m</b>	-	-	-	-	-	-	-
sloop metselwerk (partieel)	-	m3	-	-	4,100	-	-	-	-
zagen metselw. ca.110mm diep (diversen)	-	m	-	-	-	-	41,38	-	-
reparatie baksteen kleurig hardgrauw	-	dzd	412,85	-	-	-	1.054,13	-	-
specie 500 l/1000	-	dzd	87,02	-	-	-	-	-	-
bladlood vervangen 18kg/m2	-	kg	-	-	-	-	10,85	-	-
<b>Totaal verv.bit.bedekking + isolatie Rc=2,5 (excl.rand)</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>							<b>61,14</b>
<b>dak-voorz: stnwol isolatie (Rc=2,0)</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>	-	-	-	-	-	-	-
dakisolatie steenwol dik 80mm (Rc=2,0)	1,00	m2	-	-	-	-	17,84	17,84	17,84
<b>dak-voorz: eps isolatie (Rc=2,0)</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>	-	-	-	-	-	-	-
dakisolatie EPS dik 80mm (Rc=2,0)	1,00	m2	-	-	-	-	11,91	11,91	11,91
<b>Totaal meerprijs steenwol isolatie t.o.v. EPS isolatie</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>							<b>5,93</b>
<b>dak-voorz: eps isolatie (Rc=2,5)</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>	-	-	-	-	-	-	-
dakisolatie EPS dik 100mm (Rc=2,5)	1,00	m2	-	-	-	-	14,28	14,28	14,28
<b>dak-voorz: eps isolatie (Rc=2,0)</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>	-	-	-	-	-	-	-
dakisolatie EPS dik 80mm (Rc=2,0)	1,00	m2	-	-	-	-	11,91	11,91	11,91
<b>Totaal meerprijs EPS Rc=2,5 t.o.v. EPS isolatie Rc=2,0</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>							<b>2,37</b>



Tabel 3.12 (vervolg): Maatregelen plat dak

	Hoev.	Eh.	Materialen		Arbeid		Onderaanneming		Totaal directe bouwkosten
			per eh.	totaal	norm	totaal	per eh.	totaal	
<b>Maatregelen: vervangen bitumineuze (of kunststof) bedekking met isolatie, met aanpassing dakranden</b>									
<b>Hieronder eerst de ingreep op basis van EPS isolatie met Rc=2,5</b>									
<b>Vervolgens de meerprijzen van hogere Rc-waarden met EPS en steenwol isolatie t.o.v. EPS isolatie Rc=2,5</b>									
<b>dakrandconstr.: rolsteiger tpv bestand element</b>	<b>1,20</b>	<b>m2</b>		-		-		-	-
steigerwerk rolsteiger	1,20	m2		-		0,150		0,18	6,71
<b>dakrandconst.slp: boeiboord+trim</b>	<b>0,22</b>	<b>m</b>		-		-		-	-
sloop boeiboord + trim	0,22	m		-		0,150		0,03	1,24
<b>dakrandconst.aan: boeiboord vlak exclusief trim</b>	<b>0,22</b>	<b>m</b>		-		-		-	-
vuren 22x75 mastiekschroot	0,22	m	0,98	0,22	0,150	0,03		-	1,46
vuren 22x50 rachel's luifel	0,44	m	0,33	0,15	0,060	0,03		-	1,14
underlayment 19mm	0,06	m2	9,03	0,50	0,300	0,02		-	1,12
mplex.I/WBP 18mm aanb boei	0,06	m2	20,55	1,14	0,800	0,04		-	2,80
dpc folie breed 500	0,22	m	0,51	0,11	0,050	0,01		-	0,53
1-laags bit. dakb. leislag (voll.gekl.)	0,11	m2	-	-	-	-	20,18		2,24
startstelsel zijdeglans (dekkend)	0,06	m2	-	-	-	-	33,31		1,85
<b>dakrandconst.aan: daktrim alu.</b>	<b>0,22</b>	<b>m</b>		-		-		-	-
1-laags bit. dakb. leislag (voll.gekl.)	0,11	m2	-	-	-	-	20,18		2,24
daktrim alu. inplakbr. 42mm	0,22	m	-	-	-	-	16,32		3,63
<b>dakafw: slp.bit.dakbed.+grind</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	-
sloop bit.dakbedekk.+grind	1,00	m2	-	-	0,250	0,25		-	9,32
<b>dak-voorz: eps isolatie (Rc=2,5)</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	-
dakisolatie EPS dik 100mm (Rc=2,5)	1,00	m2	-	-	-	-	14,28		14,28
<b>dakafw.aan: 2-laags bit. dakb. (los) + grind</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	-
2-laags bit. dakb. (losliggend) topl.gebr.	1,00	m2	-	-	-	-	22,76		22,76
grind	1,00	m2	-	-	-	-	10,44		10,44
<b>dakaansl: lood (bi.blad bst.wrk)</b>	<b>0,04</b>	<b>m</b>		-		-		-	-
sloop metselwerk (partieel)	0,00	m3	-	-	4,100	0,00		-	0,17
zagen metselw. ca.110mm diep (diversen)	0,07	m	-	-	-	-	41,38		3,07
reparatie baksteen kleurig hardgrauw	0,00	dzd	412,85	0,15	-	-	1.054,13		0,39
specie 500 l/1000	0,00	dzd	87,02	0,03	-	-	-		0,03
bladlood vervangen 18kg/m2	0,22	kg	-	-	-	-	10,85		2,41
<b>Totaal verv.bit.bedekking + isolatie Rc=2,5 + rand</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	<b>87,98</b>
<b>dak-voorz: eps isolatie (Rc=3,0)</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	-
dakisolatie EPS dik 120mm (Rc=3,0)	1,00	m2	-	-	-	-	16,65		16,65
<b>dak-voorz: eps isolatie (Rc=2,5)</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	-
dakisolatie EPS dik 100mm (Rc=2,5)	1,00	m2	-	-	-	-	14,28		14,28
<b>Totaal meerprijs steenwol isolatie t.o.v. EPS isolatie</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	<b>2,37</b>
<b>dak-voorz: eps isolatie (Rc=3,5)</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	-
dakisolatie EPS dik 140mm (Rc=3,5)	1,00	m2	-	-	-	-	19,01		19,01
<b>dak-voorz: eps isolatie (Rc=2,5)</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	-
dakisolatie EPS dik 100mm (Rc=2,5)	1,00	m2	-	-	-	-	14,28		14,28
<b>Totaal meerprijs steenwol isolatie t.o.v. EPS isolatie</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	<b>4,73</b>
<b>dak-voorz: eps isolatie (Rc=4,0)</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	-
dakisolatie EPS dik 160mm (Rc=4,0)	1,00	m2	-	-	-	-	21,86		21,86
<b>dak-voorz: eps isolatie (Rc=2,5)</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	-
dakisolatie EPS dik 100mm (Rc=2,5)	1,00	m2	-	-	-	-	14,28		14,28
<b>Totaal meerprijs steenwol isolatie t.o.v. EPS isolatie</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	<b>7,58</b>
<b>dak-voorz: stnwol isolatie (Rc=2,5)</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	-
dakisolatie steenwol dik 100mm (Rc=2,0)	1,00	m2	-	-	-	-	21,41		21,41
<b>dak-voorz: eps isolatie (Rc=2,5)</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	-
dakisolatie EPS dik 100mm (Rc=2,5)	1,00	m2	-	-	-	-	14,28		14,28
<b>Totaal meerprijs steenwol isolatie t.o.v. EPS isolatie</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	<b>7,13</b>
<b>dak-voorz: stnwol isolatie (Rc=3,0)</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	-
dakisolatie steenwol dik 120mm (Rc=3,0)	1,00	m2	-	-	-	-	24,98		24,98
<b>dak-voorz: eps isolatie (Rc=2,5)</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	-
dakisolatie EPS dik 100mm (Rc=2,5)	1,00	m2	-	-	-	-	14,28		14,28
<b>Totaal meerprijs steenwol isolatie t.o.v. EPS isolatie</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	<b>10,70</b>
<b>dak-voorz: stnwol isolatie (Rc=3,5)</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	-
dakisolatie steenwol dik 140mm (Rc=3,5)	1,00	m2	-	-	-	-	28,68		28,68
<b>dak-voorz: eps isolatie (Rc=2,5)</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	-
dakisolatie EPS dik 100mm (Rc=2,5)	1,00	m2	-	-	-	-	14,28		14,28
<b>Totaal meerprijs steenwol isolatie t.o.v. EPS isolatie</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	<b>14,40</b>
<b>dak-voorz: stnwol isolatie (Rc=4,0)</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	-
dakisolatie steenwol dik 160mm (Rc=4,0)	1,00	m2	-	-	-	-	32,37		32,37
<b>dak-voorz: eps isolatie (Rc=2,5)</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	-
dakisolatie EPS dik 100mm (Rc=2,5)	1,00	m2	-	-	-	-	14,28		14,28
<b>Totaal meerprijs steenwol isolatie t.o.v. EPS isolatie</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>		-		-		-	<b>18,09</b>

Tabel 3.13: Maatregelen hellend dak

	Hoefv.	Eh.	Materialen		Arbeid		Onderaanneming		Totaal directe bouwkosten
			per eh.	totaal	norm	totaal	per eh.	totaal	
<b>Uitgangssituatie: binnenzijde schuin dak - afwerking met gipsplaten (referentie-plafond)</b>									
vuren 22x50 plafondrachels	4,00	m	0,33	1,32	0,06	0,24	-	-	10,27
gipsplaat 9.5mm plafond	1,10	m2	2,45	2,70	0,30	0,33	-	-	15,00
vuren 13x57 plafondplint	1,00	m	1,11	1,11	0,11	0,11	-	-	5,21
sauswerk plafond/wand binnen	1,00	m2	-	-	-	-	12,60	12,60	12,60
<b>Plafond aan: gipsplaat zonder isolatie</b>	1,00	m2							43,08
<b>Maatregelen: binnenzijde schuin dak - afwerking met gipsplaten en isolatiemateriaal</b>									
glaswol (isover comfort 35) dik 80 mm Rd=2,25	1,00	m2	5,70	5,70	0,09	0,09	-	-	9,06
polyetheenfolie dampv.laag	1,00	m2	1,16	1,16	0,05	0,05	-	-	3,02
vuren 22x50 plafondrachels	4,00	m	0,33	1,32	0,06	0,24	-	-	10,27
gipsplaat 9.5mm plafond	1,10	m2	2,45	2,70	0,30	0,33	-	-	15,00
vuren 13x57 plafondplint	1,00	m	1,11	1,11	0,11	0,11	-	-	5,21
sauswerk plafond/wand binnen	1,00	m2	-	-	-	-	12,60	12,60	12,60
<b>Plafond aan: gipsplaat met isolatie (Rc=2,5)</b>	1,00	m2							55,15
glaswol (isover comfort 35) dik 100 mm Rd=2,85	1,00	m2	7,05	7,05	0,10	0,10	-	-	10,78
polyetheenfolie dampv.laag	1,00	m2	1,16	1,16	0,05	0,05	-	-	3,02
vuren 22x50 plafondrachels	4,00	m	0,33	1,32	0,06	0,24	-	-	10,27
gipsplaat 9.5mm plafond	1,10	m2	2,45	2,70	0,30	0,33	-	-	15,00
vuren 13x57 plafondplint	1,00	m	1,11	1,11	0,11	0,11	-	-	5,21
sauswerk plafond/wand binnen	1,00	m2	-	-	-	-	12,60	12,60	12,60
<b>Plafond aan: gipsplaat met isolatie (Rc=3,0)</b>	1,00	m2							56,88
glaswol (isover comfort 35) dik 120 mm Rd=3,4	1,00	m2	7,70	7,70	0,11	0,11	-	-	11,80
polyetheenfolie dampv.laag	1,00	m2	1,16	1,16	0,05	0,05	-	-	3,02
vuren 22x50 plafondrachels	4,00	m	0,33	1,32	0,06	0,24	-	-	10,27
gipsplaat 9.5mm plafond	1,10	m2	2,45	2,70	0,30	0,33	-	-	15,00
vuren 13x57 plafondplint	1,00	m	1,11	1,11	0,11	0,11	-	-	5,21
sauswerk plafond/wand binnen	1,00	m2	-	-	-	-	12,60	12,60	12,60
<b>Plafond aan: gipsplaat met isolatie (Rc=3,5)</b>	1,00	m2							57,90
glaswol (isover comfort 35) dik 140 mm Rd=4,0	1,00	m2	8,85	8,85	0,12	0,12	-	-	13,32
polyetheenfolie dampv.laag	1,00	m2	1,16	1,16	0,05	0,05	-	-	3,02
vuren 22x50 plafondrachels (incl. opdikken gordingen)	8,00	m	0,33	2,64	0,06	0,48	-	-	20,53
gipsplaat 9.5mm plafond	1,10	m2	2,45	2,70	0,30	0,33	-	-	15,00
vuren 13x57 plafondplint	1,00	m	1,11	1,11	0,11	0,11	-	-	5,21
sauswerk plafond/wand binnen	1,00	m2	-	-	-	-	12,60	12,60	12,60
<b>Plafond aan: gipsplaat met isolatie (Rc=4,0)</b>	1,00	m2							69,69

Tabel 3.13 (vervolg): Maatregelen hellend dak

	Hoefv.	Eh.	Materialen		Arbeid		Onderaanneming		Totaal directe bouwkosten
			per eh.	totaal	norm	totaal	per eh.	totaal	
<b>Uitgangssituatie: vervangen pannen en panlatten (goten niet vervangen) geen isolatie</b>									
<b>dakrandconstr.: rolsteiger tpv bestaand element</b>	0,86	m2	-	-	-	-	-	-	-
steigerwerk rolsteiger	0,86	m2	-	-	0,150	0,13	-	-	4,83
<b>gootconstr.slp: bakgoot</b>	0,16	m	-	-	-	-	-	-	-
sloop zinken goot+beugels	0,16	m	-	-	0,300	0,05	-	-	1,79
<b>gootconstr.aan: bakgoot zink</b>	0,16	m	-	-	-	-	-	-	-
bakgoot zink ontw.440mm	0,16	m	-	-	-	-	61,62	9,86	9,86
<b>dakkapel rep: vrv.loodslab.</b>	0,11	m	-	-	-	-	-	-	-
bladlood vervangen 18kg/m2	0,48	kg	-	-	-	-	10,85	5,21	5,21
<b>dakafw.vrv: pannen o.v.h.</b>	1,00	m2	-	-	-	-	-	-	-
sloop en afvoer dakpannen	1,00	m2	-	-	0,150	0,15	-	-	5,59
sloop en afvoer panlatten	1,00	m2	-	-	0,100	0,10	-	-	3,73
vuren 22x32 panlatten	4,00	m	0,29	1,16	0,030	0,12	-	-	5,63
pannen o.v.h. (17 st/m2)	17,00	st	1,78	30,26	0,025	0,43	-	-	46,10
vorsten o.v.h. (3,3 st/m)	0,20	m	16,82	3,36	0,300	0,06	-	-	5,60
specie 20 l/m	0,20	m	2,99	0,60	-	-	-	-	0,60
<b>dakaans: lood (bi.blad bst.wrkt)</b>	0,03	m	-	-	-	-	-	-	-
sloop metselwerk (partieel)	0,00	m3	-	-	4,100	0,00	-	-	0,12
zagen metselw. ca.110mm diep (diversen)	0,05	m	-	-	-	-	41,38	2,21	2,21
reparatie baksteen kleurig hardgrauw	0,00	dzd	412,85	0,11	-	-	1.054,13	0,28	0,39
specie 500 l/1000	0,00	dzd	87,02	0,02	-	-	-	-	0,02
bladlood vervangen 18kg/m2	0,16	kg	-	-	-	-	10,85	1,74	1,74
<b>Totaal hellend dak: pannen en goten vervangen</b>	1,00	m2							93,42
<b>Maatregelen: aanbrengen pir isolatieplaten aan buitenzijde</b>									
dakelement renovatie PIR/alu 52 mm (Rd=2,53)	1,05	m2	17,48	18,35	0,280	0,29	-	-	29,31
<b>dakafwerking: renovatieelement PIR (Rc=2,5)</b>	1,00	m2							29,31
dakelement renovatie PIR/alu 65 mm (Rd=3,11)	1,05	m2	20,27	21,29	0,300	0,32	-	-	33,03
<b>dakafwerking: renovatieelement PIR (Rc=3,0)</b>	1,00	m2							33,03
dakelement renovatie PIR/alu 80 mm (Rd=3,52)	1,05	m2	21,73	22,81	0,320	0,34	-	-	35,34
<b>dakafwerking: renovatieelement PIR (Rc=3,5)</b>	1,00	m2							35,34
dakelement renovatie PIR/alu 90 mm (Rd=3,96)	1,05	m2	22,73	23,87	0,320	0,34	-	-	36,39
<b>dakafwerking: renovatieelement PIR (Rc=4,0)</b>	1,00	m2							36,39
<b>Uitgangssituatie: vervangen complete kap</b>									
dakelement sandwichplaat <3,0m> (Rc=2,5)	1,10	m2	22,60	24,86	0,155	0,17	-	-	31,22
mobiele kraan 25 ton (houtc)	0,07	uur	-	-	-	-	101,03	7,07	7,07
<b>dakvlak aan: sandwichplaat &lt;3,0m&gt; (Rc=2,5)</b>	1,00	m2							38,29
dakelement sandwichplaat <2,5m> (Rc=3,0)	1,10	m2	25,95	28,55	0,155	0,17	-	-	34,90
mobiele kraan 25 ton (houtc)	0,07	uur	-	-	-	-	101,03	7,07	7,07
<b>dakvlak aan: sandwichplaat &lt;2,5m&gt; (Rc=3,0)</b>									41,97
dakelement sandwichplaat <3,0m> (Rc=3,5)	1,10	m2	28,85	31,74	0,155	0,17	-	-	38,09
mobiele kraan 25 ton (houtc)	0,07	uur	-	-	-	-	101,03	7,07	7,07
<b>dakvlak aan: sandwichplaat &lt;3,0m&gt; (Rc=3,5)</b>									45,16
dakelement sandwichplaat <2,5m> (Rc=4,0)	1,10	m2	32,75	36,03	0,155	0,17	-	-	42,38
mobiele kraan 25 ton (houtc)	0,07	uur	-	-	-	-	101,03	6,57	6,57
<b>dakvlak aan: sandwichplaat &lt;2,5m&gt; (Rc=4,0)</b>									48,95

Tabel 3.14: Maatregelen gesloten gevel

	Hoev.		Materialen		Arbeid		Onderaanneming		Totaal directe
		Eh.	per eh.	totaal	norm	totaal	per eh.	totaal	bouwkosten
<b>Uitgangssituatie: voorzetwand zonder isolatie</b>									
									p.m.
vuren 22x50 racheis wand	4,00	m2	0,33	1,32	0,10	0,40	-	-	16,23
gipsplaat 12.5mm wand	1,05	m2	2,49	2,61	0,25	0,26	-	-	12,40
afwerking naden/nietgaten	1,00	m2	-	-	0,05	0,05	-	-	1,86
<b>voorzetw.aan: gipspl/regelwerk</b>	1,00	m2							30,50
voorzetwand metal-stud 113/100-12,5 glaswol 50	1,00	m2	-	-	-	-	56,35	56,35	56,35
af: glaswol 50 mm	1,00	m2	-	-	-	-	5,00	5,00	5,00
<b>voorzetw: metal-stud 113mm (geen isolatie)</b>	1,00	m2							51,35
<b>Maatregelen: gevelisolatie binnenzijde - voorzetwand</b>									
voorzetwand metal-stud 115/50-12,5 glaswol 50+50	1,00	m2	-	-	-	-	60,22	60,22	60,22
<b>voorzetw: metal-stud 115mm (Rc=2,5)</b>	1,00	m2							60,22
voorzetwand metal-stud 115/50-12,5 glaswol 50+75	1,00	m2	-	-	-	-	64,08	64,08	64,08
<b>voorzetw: metal-stud 140mm (Rc=3,0)</b>	1,00	m2							64,08
voorzetwand metal-stud 165/75-12,5 glaswol 75+75	1,00	m2	-	-	-	-	67,94	67,94	67,94
<b>voorzetw: metal-stud 165mm (Rc=3,5)</b>	1,00	m2							67,94
voorzetwand metal-stud 190/75-12,5 glaswol 90+70	1,00	m2	-	-	-	-	72,70	72,70	72,70
<b>voorzetw: metal-stud 190mm (Rc=4,0)</b>	1,00	m2							72,70
<b>Uitgangssituatie: aanbrengen buitenbekleding van red cedar (niet geïsoleerd)</b>									
vuren 50x120 regelwerk wand	3,60	m	1,18	4,25	0,18	0,65	-	-	28,41
western red cedar delen aanb	1,05	m2	63,98	67,17	0,30	0,32	-	-	78,92
steenwolplaat (433 duo) dik 85mm (Rd=2,40)	-	m2	7,68	-	0,10	-	-	-	-
<b>gevelwand afw: regelwerk, red cedar-geen isolatie</b>	1,00	m2							107,32
<b>Maatregelen: aanbrengen buitenbekleding van red cedar met isolatie</b>									
vuren 50x120 regelwerk wand	3,60	m	1,18	4,25	0,18	0,65	-	-	28,41
western red cedar delen aanb	1,05	m2	63,98	67,17	0,30	0,32	-	-	78,92
steenwolplaat (433 duo) dik 85mm (Rd=2,40)	1,00	m2	7,68	7,68	0,10	0,10	-	-	11,41
<b>gevelwand afw: regelwerk, red cedar-isolatie Rc=2,5</b>	1,00	m2							118,73
vuren 50x120 regelwerk wand	3,60	m	1,18	4,25	0,18	0,65	-	-	28,41
western red cedar delen aanb	1,05	m2	63,98	67,17	0,30	0,32	-	-	78,92
steenwolplaat (430 duo) dik 100mm (Rd=2,85)	1,00	m2	8,80	8,80	0,10	0,10	-	-	12,53
<b>gevelwand afw: regelwerk, red cedar-isolatie Rc=3,0</b>	1,00	m2							119,85
vuren 50x120 regelwerk wand	3,60	m	1,18	4,25	0,18	0,65	-	-	28,41
western red cedar delen aanb	1,05	m2	63,98	67,17	0,30	0,32	-	-	78,92
steenwolplaat (430 duo) dik 120mm (Rd=3,40)	1,00	m2	10,80	10,80	0,11	0,11	-	-	14,90
<b>gevelwand afw: regelwerk, red cedar-isolatie Rc=3,5</b>	1,00	m2							122,22
vuren 50x150 regelwerk wand	3,60	m	1,80	6,48	0,18	0,65	-	-	30,63
western red cedar delen aanb	1,05	m2	63,98	67,17	0,30	0,32	-	-	78,92
steenwolplaat (430 duo) dik 140mm (Rd=4,0)	1,00	m2	12,80	12,80	0,11	0,11	-	-	16,90
<b>gevelwand afw: regelwerk, red cedar-isolatie Rc=4,0</b>	1,00	m2							126,45

Tabel 3.14 (vervolg): Maatregelen gesloten gevel

	Hoev.	Eh.	Materialen		Arbeid		Onderaanneming		Totaal directe bouwkosten
			per eh.	totaal	norm	totaal	per eh.	totaal	
<b>Uitgangssituatie: aanbrengen buitenbekleding van cementschuurwerk, geschilderd (niet geïsoleerd)</b>									
sloop stuk-/tegelwerk gevel	1,00	m2	-	-	0,30	0,30	-	-	11,18
raap- en cementschuurwerk gevel incl randprofielen	1,00	m2	-	-	-	-	44,00	44,00	44,00
startstelsel (kwartsstructuurverf)	1,00	m2	-	-	-	-	19,42	19,42	19,42
<b>gevelwand afw: cem.schuurwerk, geschilderd</b>	1,00	m2							74,60
<b>Maatregelen: aanbrengen buitenisolatiesysteem</b>									
gevelisolatie EPS dik 90mm (Rc=2,5)	1,00	m2	-	-	-	-	96,09	96,09	96,09
startstelsel (kwartsstructuurverf)	1,00	m2	-	-	-	-	19,42	19,42	19,42
<b>gevelwand afw: aan.buitenisolatie (Rc=2,5)</b>	1,00	m2							115,51
gevelisolatie EPS dik 110mm (Rc=3,0)	1,00	m2	-	-	-	-	99,74	99,74	99,74
startstelsel (kwartsstructuurverf)	1,00	m2	-	-	-	-	19,42	19,42	19,42
<b>gevelwand afw: aan.buitenisolatie (Rc=3,0)</b>	1,00	m2							119,16
gevelisolatie EPS dik 130mm (Rc=3,5)	1,00	m2	-	-	-	-	103,39	103,39	103,39
startstelsel (kwartsstructuurverf)	1,00	m2	-	-	-	-	19,42	19,42	19,42
<b>gevelwand afw: aan.buitenisolatie (Rc=3,5)</b>	1,00	m2							122,81
gevelisolatie EPS dik 150mm (Rc=4,0)	1,00	m2	-	-	-	-	107,04	107,04	107,04
startstelsel (kwartsstructuurverf)	1,00	m2	-	-	-	-	19,42	19,42	19,42
<b>gevelwand afw: aan.buitenisolatie (Rc=4,0)</b>	1,00	m2							126,46
<b>Uitgangssituatie: vervangen buitenspouwblad metselwerk (pm)</b>									
<b>Maatregelen: opnemen spouwisolatie</b>									
steenwolplaat (433) dik 80mm (Rc=2,5)	1,00	m2	5,28	5,28	0,09	0,09	-	-	8,64
<b>spouwmuurisolatie steenwol Rc=2,5</b>	1,00	m2							8,64
steenwolplaat (433) dik 100mm (Rc=3,0)	1,00	m2	6,60	6,60	0,10	0,10	-	-	10,33
<b>spouwmuurisolatie steenwol Rc=3,0</b>	1,00	m2							10,33
steenwolplaat (433) dik 120mm (Rc=3,5)	1,00	m2	7,92	7,92	0,11	0,11	-	-	12,02
<b>spouwmuurisolatie steenwol Rc=3,5</b>	1,00	m2							12,02
steenwolplaat (433) dik 140mm (Rc=4,0)	1,00	m2	9,24	9,24	0,12	0,12	-	-	13,71
<b>spouwmuurisolatie steenwol Rc=4,0</b>	1,00	m2							13,71

## D.6.2 Overzichten van de investeringskosten en de basisgegevens energiebesparing

Zie paragraaf 3 van deze bijlage voor de toelichting op deze tabellen.

**Tabel 3.21: Begane grondvloer: Investeringsbedragen en basisgetallen energiebesparing**

omschrijving	Directe bouw- kosten	Bwkt. excl. BTW	Investering 136,9%	Meer- investering tov ref.	Rc basis- constr.	Rc toege- voegd	Rc totaal	besparing m3 gas/jr basisgetal
<b>Vervangen (begane grond-)vloer van thermische schil</b>								
<b>Referenties exclusief isolatiemaatregel:</b>								
Vervangen houten vloer of vloerbeschot			-					
<b>Isolatie onder houten vloer</b>								
Totaal vloerisolatie beg.grondvloer Rc=2,5	21,06	25,27	35,00	35,00	-	2,50	2,50	1,50
Totaal vloerisolatie beg.grondvloer Rc=3,0	23,07	27,69	38,00	38,00	-	3,00	3,00	1,60
Totaal vloerisolatie beg.grondvloer Rc=3,5	25,57	30,68	42,00	42,00	-	3,50	3,50	1,70
Totaal vloerisolatie beg.grondvloer Rc=4,0	28,50	34,20	47,00	47,00	-	4,00	4,00	1,70
<b>Referenties exclusief isolatiemaatregel:</b>								
Betonvloer op grondslag zonder isolatie	79,07	94,89	130,00					
<b>Isolatie onder betonvloer</b>								
Vervangen begane grondvloer: vloer op grondslag Rc = 2,5	83,62	100,34	137,00	7,00	0,10	2,40	2,50	1,40
Vervangen begane grondvloer: vloer op grondslag Rc = 3,0	84,88	101,85	139,00	9,00	0,10	2,90	3,00	1,50
Vervangen begane grondvloer: vloer op grondslag Rc = 3,5	86,04	103,25	141,00	11,00	0,10	3,40	3,50	1,60
Vervangen begane grondvloer: vloer op grondslag Rc = 4,0	87,20	104,64	143,00	13,00	0,10	3,90	4,00	1,70

Tabel 3.22: Plat dak: Investeringsbedragen en basisgetallen energiebesparing

omschrijving	Directe bouw- kosten	Bwkt. excl. BTW	Investering 136,9%	Meer- investering tov ref.	Rc basis- constr.	Rc toege- voegd	Rc totaal	besparing m3 gas/jr basisgetal
<b>Vervangen dakbedekking met isolatie, inclusief aanpassing randen en opgaand werk waar nodig.</b>								
<b>Referenties exclusief isolatiemaatregel:</b>								
Vervangen dakbedekking exclusief isolatie	49,23	59,08	81,00					
<b>Betonnen dak matig geïsoleerd</b>								
Isolatie plat dak (EPS excl.rand) Rc=2,5	61,14	73,37	100,00	19,00	0,56	2,00	2,56	3,30
Isolatie plat dak (steenwol excl.rand) Rc=2,5	67,07	80,48	110,00	29,00	0,56	2,00	2,56	3,30
<b>Betonnen dak niet geïsoleerd</b>								
Isolatie plat dak (EPS met aanpassen rand) Rc=2,5	87,98	105,58	144,00	63,00	0,14	2,50	2,64	10,10
Isolatie plat dak (EPS met aanpassen rand) Rc=3,0	90,35	108,42	148,00	67,00	0,14	3,00	3,14	10,30
Isolatie plat dak (EPS met aanpassen rand) Rc=3,5	<b>92,71</b>	<b>111,26</b>	<b>152,00</b>	<b>71,00</b>	<b>0,14</b>	<b>3,50</b>	<b>3,64</b>	<b>10,40</b>
Isolatie plat dak (EPS met aanpassen rand) Rc=4,0	95,56	114,68	157,00	76,00	0,14	4,00	4,14	10,50
Isolatie plat dak (steenwol met aanpassen rand) Rc=2,5	95,11	114,13	156,00	75,00	0,14	2,50	2,64	10,10
Isolatie plat dak (steenwol met aanpassen rand) Rc=3,0	98,68	118,42	162,00	81,00	0,14	3,00	3,14	10,30
Isolatie plat dak (steenwol met aanpassen rand) Rc=3,5	<b>102,38</b>	<b>122,85</b>	<b>168,00</b>	<b>87,00</b>	<b>0,14</b>	<b>3,50</b>	<b>3,64</b>	<b>10,40</b>
Isolatie plat dak (steenwol met aanpassen rand) Rc=4,0	106,07	127,29	174,00	93,00	0,14	4,00	4,14	10,50
<b>Betonnen dak matig geïsoleerd</b>								
Isolatie plat dak (EPS met rand) Rc=2,5 wordt Rc=3,0	87,98	105,58	144,00	63,00	0,56	2,50	3,06	3,50
Isolatie plat dak (EPS met rand) Rc=3,0 wordt Rc=3,5	<b>90,35</b>	<b>108,42</b>	<b>148,00</b>	<b>67,00</b>	<b>0,56</b>	<b>3,00</b>	<b>3,56</b>	<b>3,60</b>
Isolatie plat dak (EPS met rand) Rc=3,5 wordt Rc=4,0	92,71	111,26	152,00	71,00	0,56	3,50	4,06	3,80
Isolatie plat dak (EPS met rand) Rc=4,0 wordt Rc=4,5	95,56	114,68	157,00	76,00	0,56	4,00	4,56	3,90
Isolatie plat dak (stwol met rand) Rc=2,5 wordt Rc=3,0	95,11	114,13	156,00	75,00	0,56	2,50	3,06	3,50
Isolatie plat dak (stwol met rand) Rc=3,0 wordt Rc=3,5	<b>98,68</b>	<b>118,42</b>	<b>162,00</b>	<b>81,00</b>	<b>0,56</b>	<b>3,00</b>	<b>3,56</b>	<b>3,60</b>
Isolatie plat dak (stwol met rand) Rc=3,5 wordt Rc=4,0	102,38	122,85	168,00	87,00	0,56	3,50	4,06	3,80
Isolatie plat dak (stwol met rand) Rc=4,0 wordt Rc=4,5	106,07	127,29	174,00	93,00	0,56	4,00	4,56	3,90
<b>Houten dak matig geïsoleerd</b>								
Isolatie plat dak (EPS excl.rand) Rc=2,5	59,96	71,95	98,00	17,00	0,77	2,00	2,77	2,30
Isolatie plat dak (steenwol excl.rand) Rc=2,5	65,89	79,07	108,00	27,00	0,77	2,00	2,77	2,30
<b>Houten dak niet geïsoleerd</b>								
Isolatie plat dak (EPS met aanpassen rand) Rc=2,5	86,80	104,16	143,00	62,00	0,35	2,25	2,60	5,30
Isolatie plat dak (EPS met aanpassen rand) Rc=3,0	89,17	107,00	146,00	65,00	0,35	2,75	3,10	5,40
Isolatie plat dak (EPS met aanpassen rand) Rc=3,5	<b>91,29</b>	<b>109,55</b>	<b>150,00</b>	<b>69,00</b>	<b>0,35</b>	<b>3,25</b>	<b>3,60</b>	<b>5,60</b>
Isolatie plat dak (EPS met aanpassen rand) Rc=4,0	94,14	112,97	155,00	74,00	0,35	3,75	4,10	5,70
Isolatie plat dak (steenwol met aanpassen rand) Rc=2,5	93,32	111,98	153,00	72,00	0,35	2,25	2,60	5,30
Isolatie plat dak (steenwol met aanpassen rand) Rc=3,0	96,84	116,20	159,00	78,00	0,35	2,75	3,10	5,40
Isolatie plat dak (steenwol met aanpassen rand) Rc=3,5	<b>100,53</b>	<b>120,64</b>	<b>165,00</b>	<b>84,00</b>	<b>0,35</b>	<b>3,25</b>	<b>3,60</b>	<b>5,60</b>
Isolatie plat dak (steenwol met aanpassen rand) Rc=4,0	104,23	125,07	171,00	90,00	0,35	3,75	4,10	5,70
<b>Houten dak matig geïsoleerd</b>								
Isolatie plat dak (EPS met rand) Rc=2,5 wordt Rc=3,0	86,80	104,16	143,00	62,00	0,77	2,25	3,02	2,50
Isolatie plat dak (EPS met rand) Rc=3,0 wordt Rc=3,5	<b>89,17</b>	<b>107,00</b>	<b>146,00</b>	<b>65,00</b>	<b>0,77</b>	<b>2,75</b>	<b>3,52</b>	<b>2,60</b>
Isolatie plat dak (EPS met rand) Rc=3,5 wordt Rc=4,0	91,29	109,55	150,00	69,00	0,77	3,25	4,02	2,70
Isolatie plat dak (EPS met rand) Rc=4,0 wordt Rc=4,5	94,14	112,97	155,00	74,00	0,77	3,75	4,52	2,80
Isolatie plat dak (stwol met rand) Rc=2,5 wordt Rc=3,0	93,32	111,98	153,00	72,00	0,77	2,25	3,02	2,50
Isolatie plat dak (stwol met rand) Rc=3,0 wordt Rc=3,5	<b>96,84</b>	<b>116,20</b>	<b>159,00</b>	<b>78,00</b>	<b>0,77</b>	<b>2,75</b>	<b>3,52</b>	<b>2,60</b>
Isolatie plat dak (stwol met rand) Rc=3,5 wordt Rc=4,0	100,53	120,64	165,00	84,00	0,77	3,25	4,02	2,70
Isolatie plat dak (stwol met rand) Rc=4,0 wordt Rc=4,5	104,23	125,07	171,00	90,00	0,77	3,75	4,52	2,80
<b>Vervangen dak (t.o.v. niet geïsoleerd dak)</b>								
Isolatie plat dak (EPS) Rc=2,5	14,28	17,14	23,00	23,00	0,14	2,50	2,64	10,10
Isolatie plat dak (EPS) Rc=3,0	16,65	19,97	27,00	27,00	0,14	3,00	3,14	10,30
Isolatie plat dak (EPS) Rc=3,5	<b>19,01</b>	<b>22,81</b>	<b>31,00</b>	<b>31,00</b>	<b>0,14</b>	<b>3,50</b>	<b>3,64</b>	<b>10,40</b>
Isolatie plat dak (EPS) Rc=4,0	21,86	26,23	36,00	36,00	0,14	4,00	4,14	10,50
Isolatie plat dak (steenwol) Rc=2,5	21,41	25,69	35,00	35,00	0,14	2,50	2,64	10,10
Isolatie plat dak (steenwol) Rc=3,0	24,98	29,98	41,00	41,00	0,14	3,00	3,14	10,30
Isolatie plat dak (steenwol) Rc=3,5	<b>28,68</b>	<b>34,41</b>	<b>47,00</b>	<b>47,00</b>	<b>0,14</b>	<b>3,50</b>	<b>3,64</b>	<b>10,40</b>
Isolatie plat dak (steenwol) Rc=4,0	32,37	38,84	53,00	53,00	0,14	4,00	4,14	10,50

Tabel 3.23: Hellend dak: Investeringsbedragen en basisgetallen energiebesparing

omschrijving	Directe bouw- kosten	Bwktst. excl. BTW	Investering 136,9%	Meer- investering tov ref.	Rc basis- constr.	Rc toege- voegd	Rc totaal	besparing m3 gas/jr basisgetal
<b>Aanbrengen plafond tegen hellend dak, met isolatie</b>								
Referenties exclusief isolatiemaatregel: Aanbrengen plafond zonder isolatie	43,08	51,69	-					
<b>Aanbrengen plafond met isolatie</b>								
Plafond aan: gipsplaat met isolatie (Rc=2,5)	55,15	66,19	91,00	91,00	0,10	2,40	2,50	12,00
Plafond aan: gipsplaat met isolatie (Rc=3,0)	56,88	68,25	93,00	93,00	0,10	2,90	3,00	12,20
Plafond aan: gipsplaat met isolatie (Rc=3,5)	<b>57,90</b>	<b>69,48</b>	<b>95,00</b>	<b>95,00</b>	<b>0,10</b>	<b>3,40</b>	<b>3,50</b>	<b>12,30</b>
Plafond aan: gipsplaat met isolatie (Rc=4,0)	69,69	83,63	114,00	114,00	0,10	3,90	4,00	12,40
<b>Aanbrengen plafond met isolatie</b>								
Plafond aan: gipsplaat met isolatie (Rc=2,5) wordt Rc=3,0	55,15	66,19	91,00	91,00	0,52	2,40	2,92	3,80
Plafond aan: gipsplaat met isolatie (Rc=3,0) wordt Rc=3,5	<b>56,88</b>	<b>68,25</b>	<b>93,00</b>	<b>93,00</b>	<b>0,52</b>	<b>2,90</b>	<b>3,42</b>	<b>3,90</b>
Plafond aan: gipsplaat met isolatie (Rc=3,5) wordt Rc=4,0	57,90	69,48	95,00	95,00	0,52	3,40	3,92	4,00
Plafond aan: gipsplaat met isolatie (Rc=4,0) wordt Rc=4,5	69,69	83,63	114,00	114,00	0,52	3,90	4,42	4,00
<b>Vervangen dakbedekking met isolatie, inclusief aanpassing randen en opgaand werk waar nodig.</b>								
Referenties exclusief isolatiemaatregel: Vervangen dakbedekking exclusief isolatie (incl. randen)	93,42	112,10	153,00					
<b>Aanbrengen isolatie (t.o.v. maatregel met randen)</b>								
dakafwerking: renovatieelement PIR (Rc=2,5)	122,73	147,28	202,00	49,00	0,10	2,53	2,63	12,00
dakafwerking: renovatieelement PIR (Rc=3,0)	126,45	151,74	208,00	55,00	0,10	3,11	3,21	12,20
dakafwerking: renovatieelement PIR (Rc=3,5)	<b>128,76</b>	<b>154,51</b>	<b>211,00</b>	<b>58,00</b>	<b>0,10</b>	<b>3,52</b>	<b>3,62</b>	<b>12,30</b>
dakafwerking: renovatieelement PIR (Rc=4,0)	129,81	155,77	213,00	60,00	0,10	3,96	4,06	12,40
<b>Aanbrengen isolatie (t.o.v. maatregel met randen)</b>								
dakafwerking: renovatieelement PIR (Rc=2,5) wordt Rc=3,0	122,73	147,28	202,00	49,00	0,52	2,53	3,05	3,80
dakafwerking: renovatieelement PIR (Rc=3,0) wordt Rc=3,5	<b>126,45</b>	<b>151,74</b>	<b>208,00</b>	<b>55,00</b>	<b>0,52</b>	<b>3,11</b>	<b>3,63</b>	<b>3,90</b>
dakafwerking: renovatieelement PIR (Rc=3,5) wordt Rc=4,0	128,76	154,51	211,00	58,00	0,52	3,52	4,04	4,00
dakafwerking: renovatieelement PIR (Rc=4,0) wordt Rc=4,5	129,81	155,77	213,00	60,00	0,52	3,96	4,48	4,00
<b>Vervangen complete kap, inclusief aanpassing randen en opgaand werk waar nodig.</b>								
Referenties exclusief isolatiemaatregel: Nieuwe sandwichplaat (Rc=2,5 is minimum)	38,29	45,95	63,00					
<b>Aanbrengen geïsoleerd dakelement</b>								
dakvlak aan: sandwichplaat (Rc=2,5)	38,29	45,95	63,00	-	-	2,50	2,50	12,00
dakvlak aan: sandwichplaat (Rc=3,0)	41,97	50,37	69,00	6,00	-	3,00	3,00	12,20
dakvlak aan: sandwichplaat (Rc=3,5)	<b>45,16</b>	<b>54,20</b>	<b>74,00</b>	<b>11,00</b>	-	<b>3,50</b>	<b>3,50</b>	<b>12,30</b>
dakvlak aan: sandwichplaat (Rc=4,0)	48,95	58,74	80,00	17,00	-	4,00	4,00	12,40



Tabel 3.24: Gesloten gevel: Investeringsbedragen en basisgetallen energiebesparing

omschrijving	Directe bouw- kosten	Bwkst. excl. BTW	Investering 136,9%	Meer- investering tov ref.	Rc basis- constr.	Rc toege- voegd	Rc totaal	besparing m3 gas/jr basisgetal
<b>Aanbrengen voorzetwand binnen met isolatie</b>								
Referenties exclusief isolatiemaatregel:								
Aanbrengen voorzetwand zonder isolatie	51,35	61,62	84,00					
<b>Aanbrengen voorzetwand met isolatie</b>								
voorzetw: metal-stud 115mm (Rc=2,5)	60,22	72,26	99,00	15,00	0,30	2,40	2,70	5,50
voorzetw: metal-stud 140mm (Rc=3,0)	64,08	76,90	105,00	21,00	0,30	2,90	3,20	5,60
voorzetw: metal-stud 165mm (Rc=3,5)	<b>67,94</b>	<b>81,53</b>	<b>112,00</b>	<b>28,00</b>	<b>0,30</b>	<b>3,40</b>	<b>3,70</b>	<b>5,70</b>
voorzetw: metal-stud 190mm (Rc=4,0)	72,70	87,24	119,00	35,00	0,30	4,00	4,30	5,80
<b>Aanbrengen voorzetwand met isolatie</b>								
voorzetw: metal-stud 115mm (Rc=2,5) wordt Rc=3,0	60,22	72,26	99,00	15,00	0,90	2,40	3,30	2,00
voorzetw: metal-stud 140mm (Rc=3,0) wordt Rc=3,5	<b>64,08</b>	<b>76,90</b>	<b>105,00</b>	<b>21,00</b>	<b>0,90</b>	<b>2,90</b>	<b>3,80</b>	<b>2,10</b>
voorzetw: metal-stud 165mm (Rc=3,5) wordt Rc=4,0	67,94	81,53	112,00	28,00	0,90	3,40	4,30	2,20
voorzetw: metal-stud 190mm (Rc=4,0) wordt Rc=4,5	72,70	87,24	119,00	35,00	0,90	3,90	4,80	2,30
<b>Aanbrengen buitenbekleding (red cedar) met isolatie</b>								
Referenties exclusief isolatiemaatregel:								
Aanbrengen buitenbekleding	107,32	128,79	176,00					
<b>Aanbrengen buitenbekleding met isolatie</b>								
gevelwand afw: regelwerk, red cedar-isolatie Rc=2,5	118,73	142,48	195,00	19,00	0,30	2,50	2,80	5,50
gevelwand afw: regelwerk, red cedar-isolatie Rc=3,0	119,85	143,82	197,00	21,00	0,30	3,00	3,30	5,60
gevelwand afw: regelwerk, red cedar-isolatie Rc=3,5	<b>122,22</b>	<b>146,67</b>	<b>201,00</b>	<b>25,00</b>	<b>0,30</b>	<b>3,50</b>	<b>3,80</b>	<b>5,70</b>
gevelwand afw: regelwerk, red cedar-isolatie Rc=4,0	126,45	151,74	208,00	32,00	0,30	4,00	4,30	5,80
<b>Aanbrengen buitenbekleding met isolatie</b>								
gevelwand afw: regelwerk, red cedar (Rc=2,5) wordt Rc=3,5	<b>118,73</b>	<b>142,48</b>	<b>195,00</b>	<b>19,00</b>	<b>0,90</b>	<b>2,50</b>	<b>3,40</b>	<b>2,10</b>
gevelwand afw: regelwerk, red cedar (Rc=3,0) wordt Rc=4,0	119,85	143,82	197,00	21,00	0,90	3,00	3,90	2,20
gevelwand afw: regelwerk, red cedar (Rc=3,5) wordt Rc=4,5	122,22	146,67	201,00	25,00	0,90	3,50	4,40	2,30
gevelwand afw: regelwerk, red cedar (Rc=4,0) wordt Rc=5,0	126,45	151,74	208,00	32,00	0,90	4,00	4,90	2,40
<b>Aanbrengen buitenisolatiesysteem</b>								
Referenties exclusief isolatiemaatregel:								
Aanbrengen cementschuurwerk (met schilderwerk) buiten	74,60	89,52	123,00					
<b>Aanbrengen buitenisolatiesysteem</b>								
gevelwand afw: aan.buitenisolatie (Rc=2,5)	115,51	138,61	190,00	67,00	0,30	2,50	2,80	5,50
gevelwand afw: aan.buitenisolatie (Rc=3,0)	119,16	142,99	196,00	73,00	0,30	3,00	3,30	5,60
gevelwand afw: aan.buitenisolatie (Rc=3,5)	<b>122,81</b>	<b>147,37</b>	<b>202,00</b>	<b>79,00</b>	<b>0,30</b>	<b>3,50</b>	<b>3,80</b>	<b>5,70</b>
gevelwand afw: aan.buitenisolatie (Rc=4,0)	126,46	151,75	208,00	85,00	0,30	4,00	4,30	5,80
<b>Aanbrengen buitenisolatiesysteem</b>								
gevelwand afw: aan.buitenisolatie (Rc=2,5) wordt Rc=3,5	<b>115,51</b>	<b>138,61</b>	<b>190,00</b>	<b>67,00</b>	<b>0,90</b>	<b>2,50</b>	<b>3,40</b>	<b>2,10</b>
gevelwand afw: aan.buitenisolatie (Rc=3,0) wordt Rc=4,0	119,16	142,99	196,00	73,00	0,90	3,00	3,90	2,20
gevelwand afw: aan.buitenisolatie (Rc=3,5) wordt Rc=4,5	122,81	147,37	202,00	79,00	0,90	3,50	4,40	2,30
gevelwand afw: aan.buitenisolatie (Rc=4,0) wordt Rc=5,0	126,46	151,75	208,00	85,00	0,90	4,00	4,90	2,40
<b>Vervangen buitenspouwblad</b>								
Referenties exclusief isolatiemaatregel:								
Vervangen buitenblad (geen isolatie)	-	-	-					
<b>Aanbrengen spouwisolatie</b>								
spouwmuurisolatie steenwol Rc=2,5	8,64	10,36	14,00	14,00	0,27	2,50	2,77	6,00
spouwmuurisolatie steenwol Rc=3,0	10,33	12,39	17,00	17,00	0,27	3,00	3,27	6,20
spouwmuurisolatie steenwol Rc=3,5	<b>12,02</b>	<b>14,42</b>	<b>20,00</b>	<b>20,00</b>	<b>0,27</b>	<b>3,50</b>	<b>3,77</b>	<b>6,30</b>
spouwmuurisolatie steenwol Rc=4,0	13,71	16,46	23,00	23,00	0,27	4,00	4,27	6,40

## Bijlage E: Landelijke impact

### Achtergrond model

De methodiek van het E-BeSt model is erop gebaseerd om aan de hand van een aantal parameters (zoals de penetratiegraad van energiebesparende maatregelen, de normale ingreepfrequentie, de bereidheid om energiebesparende maatregelen te nemen en de kosten en baten van energiebesparende maatregelen) een uitspraak te doen over de impact van de regelgeving m.b.t. de gestelde energieprestatie-eisen. Daarbij wordt uitgegaan van gegevens in een 'nul-situatie' of uitgangssituatie zonder aanvullende stimulering van de markt.

Naast cijfermatige inputgegevens uit literatuur met betrekking tot de karakteristiek van de bouwvoorraad zijn op basis van zowel literatuur en ervaringsdeskundigheid inschattingen gemaakt van de penetratiegraad van energiebesparende maatregelen die reeds genomen zijn. Hiervan afgeleid is het potentieel aan maatregelen dat nog genomen kan worden bepaald. Tevens is een inschatting gemaakt van de normale ingreepfrequentie op het niveau van gebouwcomponenten (aangestuurd door onderhoudscycli) en van de bereidheid om (op een ingreepmoment) energiebesparende maatregelen te nemen (zonder stimulering of verplichting).

### Stappen impactanalyse

De impactanalyse met het E-BeSt model is uit een aantal stappen opgebouwd:

1. Als basis voor de analyse is in het model de omvang van de bouwvoorraad in de woningbouw en utiliteitsbouw genomen, onderscheiden naar bouwcategorieën. Per categorie zijn voor de relevante bouwcomponenten (dak, gevel, ..., verwarming, etc.) de penetratiegraden van energiebesparende maatregelen vastgesteld op basis van literatuur.
2. Vervolgens zijn per bouwcategorie voor alle componenten natuurlijke ingreepmomenten gedefinieerd, met een bijbehorende jaarfrequentie. Ook is er een doorsnee-pakket aan energiebesparende maatregelen vastgesteld voor die ingreepmomenten.
3. Voor elk van de categorieën gebouwen en elk van de maatregelen is de bereidheid ingeschat van de eigenaar/beheerder om de maatregel ook daadwerkelijk uit te voeren. Het model maakt het mogelijk om hierbinnen de effecten van regelgeving en verschillend handhavingsbeleid te toetsen aan de hand van scenario's.
4. Op basis van het ingreeppotentieel (stap 2) en de bereidheid (stap 3) is berekend hoeveel besparingsmaatregelen per jaar worden getroffen. Op basis van kengetallen m.b.t. de omvang van de bouwvoorraad (stap 1) is vervolgens op jaarbasis bepaald welke investering met de maatregel gemoeid is (omzet bouwnijverheid) en welke energiebesparing en CO<sub>2</sub>-reductie wordt gerealiseerd.

Hieronder worden de uitgangspunten die in het model gebruikt zijn voor de analyse, per stap weergegeven. De blauw gearceerde cijfers hebben een meer arbitrair karakter en zijn gebaseerd op ervaringsdeskundigheid en/of kunnen variëren in relatie tot bijvoorbeeld economische en/of politieke ontwikkelingen.

## Stap 1, basisgegevens bouwvoorraad

Onder de titel "maximale penetratiegraad" is in blauw is verrekend wat de technisch haalbare penetratiegraad is. Zo is verondersteld dat alle ketels vervangbaar zijn door energie-efficiënte modellen, terwijl voor de bouwkundige isolatiemaatregelen is aangenomen dat in tien procent van de gevallen een maatregel technisch onuitvoerbaar is.

### Woningbouw

1. Uitgangssituatie (volumes)	sociale huur	overig huur	eig. bewoners	totaal
Woningen (aantallen)	2.253.828	774.753	4.014.631	7.043.212
2. Uitgangssituatie (penetratiegraden)	sociale huur	overig huur	eig. bewoners	totaal
- dak	69%	62%	83%	76,4%
- gevel	54%	37%	59%	54,7%
- vloer	35%	30%	50%	43,1%
- glas	79%	64%	86%	81,6%
- ketel	62%	49%	74%	67,2%
3. Maximale penetratiegraad	sociale huur	overig huur	eig. bewoners	totaal
- dak	90%	90%	90%	90%
- gevel	90%	90%	90%	90%
- vloer	90%	90%	90%	90%
- glas	90%	90%	90%	90%
- ketel	100%	100%	100%	100%
4. Potentieel aan maatregelen	sociale huur	overig huur	eig. bewoners	
- dak	21%	28%	7%	
- gevel	36%	53%	31%	
- vloer	55%	60%	40%	
- glas	11%	26%	4%	
- ketel	38%	51%	26%	

### Utiliteitsbouw

1. Uitgangssituatie (volumes)	winkel	kantoor	onderwijs	sport	gezondheidszorg	totaal
Aantal m2	28.000.000	46.000.000	600.000	3.800.000	15.000.000	93.400.000
m2 bvo per gebouw	168	425	3.562	1.143	21.086	
Gebouwen	166.666	108.235	168	3.325	711	
2. Uitgangssituatie (penetratiegraden)	winkel	kantoor	onderwijs	sport	gezondheidszorg	
- dak	50%	60%	43%	21%	48%	
- gevel	41%	57%	37%	16%	42%	
- glas + kozijn	17%	21%	14%	7%	14%	
- ketel	77%	82%	73%	61%	84%	
- koeling	13%	36%	4%	5%	23%	
- ventilatie (ventilator)	70%	70%	70%	70%	70%	
3. Maximale penetratiegraad	winkel	kantoor	onderwijs	sport	gezondheidszorg	
- dak	90%	90%	90%	90%	90%	
- gevel	90%	90%	90%	90%	90%	
- glas + kozijn	90%	90%	90%	90%	90%	
- ketel	100%	100%	100%	100%	100%	
- koeling	53%	65%	28%	10%	40%	
- ventilatie (ventilator)	100%	100%	100%	100%	100%	
4. Potentieel aan maatregelen (%)	winkel	kantoor	onderwijs	sport	gezondheidszorg	
- dak	40%	30%	47%	69%	42%	
- gevel	49%	33%	53%	74%	48%	
- glas + kozijn	73%	69%	76%	83%	76%	
- ketel	23%	18%	27%	39%	16%	
- koeling	40%	29%	24%	5%	16%	
- ventilatie (ventilator)	30%	30%	30%	30%	30%	

## Stap 2, ingreepmomenten voor maatregelen

Onder de titel "percentage dat valt binnen de 25% definitie" is, zowel voor de woningbouw als de utiliteitsbouw, aangegeven welk percentage componentengrepen valt binnen de definitie van grootschalige renovatie. Deze percentages zijn gebaseerd op de rapportage van SIRA Consulting (2010). De cijfers uit die rapportage zijn omgezet naar percentages in het kader van het gebruik binnen deze impact analyse. De uitgangspunten voor grootschalige renovatie zijn zowel voor woningbouw als utiliteitsbouw in lijn met de beschikbare gegevens vanuit SIRA. Tevens zijn de uitgangspunten voor de uitsplitsing in een vergunningsplichtig deel van de renovaties en een (toekomstig) meldingsplichtig deel afgeleid uit dezelfde rapportage.

### Woningbouw

5. Renovatieperiode (jaar)	sociale huur	overig huur	eig. bewoners
- dak (levensduur plat [30%] 30 jr en hellend [70%] 75 jr)	61,5	61,5	61,5
- gevel (renovatie elke 25 jr)	25	25	25
- vloer (renovatie elke 75 jr)	75	75	75
- glas (levensduur 24 jr)	24	24	24
- ketel (levensduur 15 jaar)	15	15	15
6.% ingrepen per woningen per jaar, per component	sociale huur	overig huur	eig. bewoners
Periodiek (o.b.v. levensduur en renovatie)			
- dak (levensduur plat [30%] 30 jr en hellend [70%] 75 jr)	1,63%	1,63%	1,63%
- gevel (renovatie elke 25 jr)	4,00%	4,00%	4,00%
- vloer (renovatie elke 75 jr)	1,33%	1,33%	1,33%
- glas (levensduur 24 jr)	4,17%	4,17%	4,17%
- ketel (levensduur 15 jaar)	6,67%	6,67%	6,67%
Tussentijds (anders gemotiveerde aanleidingen)	sociale huur	overig huur	eig. bewoners
- dak	2%	2%	2%
- gevel	4%	2%	4%
- vloer	2%	0%	2%
- glas	4%	2%	2%
- ketel	2%	0%	0%
Percentage dat valt binnen 25% definitie	sociale huur	overig huur	eig. bewoners
- dak	25%	25%	25%
- gevel	25%	25%	25%
- vloer	25%	25%	25%
- glas	25%	25%	25%
- ketel	100%	100%	100%
Uitsplitsing in vergunningsplicht en meldingsplicht	sociale huur	overig huur	eig. bewoners
- Aandeel meldingsplicht	0%	0%	73%

7. Kengetallen woningen	sociale huur	overig huur	eig. bewoners
- dakoppervlak (m2/woning)	44	48	82
- geveloppervlak (m2/woning)	40	30	62
- vloeroppervlak (m2/woning)	36	40	62
- glasoppervlak (m2/woning)	17	19	24
- ketel: HR combi ketel (vervangen CR / VR)	1	1	1

8. Kengetallen besparing en investering		sociale huur	overig huur	eig. bewoners
<b>Meerinvesteringsgetallen</b>				
- dak: dakisolatie (hellend $R_c \geq 3,5$ ; plat $\geq 3,5$ )		€ 74	€ 74	€ 74
- gevel: spouwisolatie ( $R_c \geq 3,5$ )		€ 22	€ 22	€ 22
- vloer: isolatie ( $R_c \geq 3,5$ )		€ 30	€ 30	€ 30
- glas: HR++ (enkel glas + kozijn naar Uraam $\leq 2,0$ )		€ 0	€ 0	€ 0
- ketel: HR combi ketel (vervangen CR / VR)		€ 0	€ 0	€ 0
<b>Besparingen gas per m2</b>		sociale huur	overig huur	eig. bewoners
- dak: dakisolatie (hellend $R_c \geq 3,5$ ; plat $\geq 3,5$ )		12,1	12,1	12,1
- gevel: spouwisolatie ( $R_c \geq 3,5$ )		8,4	8,4	8,4
- vloer: isolatie ( $R_c \geq 3,5$ )		2,4	2,4	2,4
- glas: HR++ (enkel glas + kozijn naar Uraam $\leq 2,0$ )		17,0	17,0	17,0
- ketel: HR combi ketel (vervangen CR / VR)		5,3	5,3	5,3
<b>Besparingen elektra per woning</b>		sociale huur	overig huur	eig. bewoners
- dak: dakisolatie (hellend $R_c \geq 3,5$ ; plat $\geq 3,5$ )		0	0	0
- gevel: spouwisolatie ( $R_c \geq 3,5$ )		0	0	0
- vloer: isolatie ( $R_c \geq 3,5$ )		0	0	0
- glas: HR++ (enkel glas + kozijn naar Uraam $\leq 2,0$ )		0	0	0
- ketel: HR combi ketel (vervangen CR / VR)		0	0	0
<b>9. Energieprijzen</b>				
Gasprijs (m3, all-in)		€ 0,62		
Elektriciteitsprijs (kWh all-in)		€ 0,22		

## Utiliteitsbouw

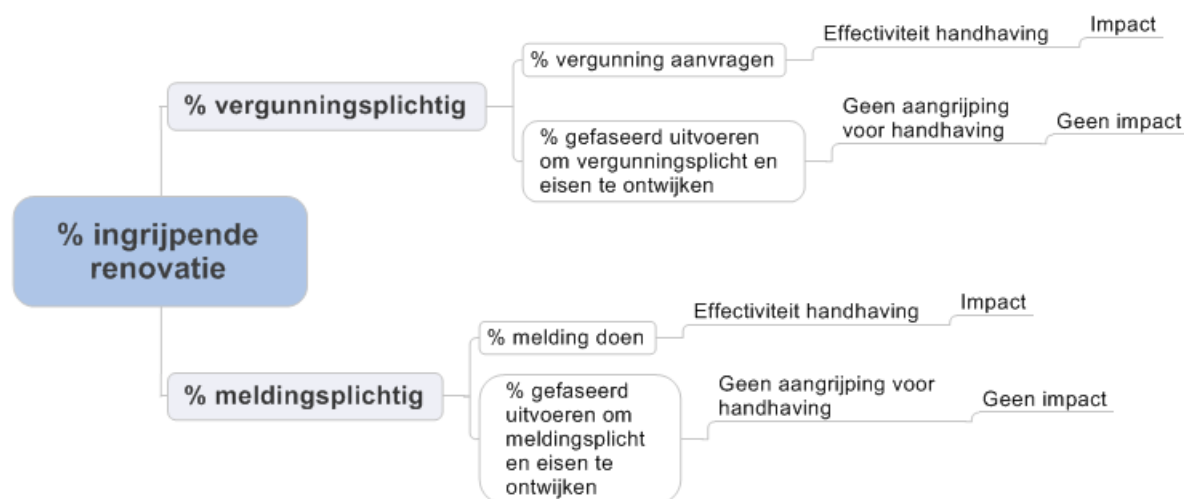
5. Renovatieperiode	winkel	kantoor	onderwijs	sport	gezondheidszorg
- dak	30	30	30	30	30
- gevel	15	15	25	25	25
- glas + kozijn	15	15	24	24	24
- ketel	15	15	15	15	15
- koeling	15	15	15	15	15
- ventilatie (ventilator)	15	15	15	15	15
6.% ingrepen per gebouw per jaar, per component Periodiek (o.b.v. levensduur en renovatie)	winkel	kantoor	onderwijs	sport	gezondheidszorg
- dak	3,33%	3,33%	3,33%	3,33%	3,33%
- gevel	6,67%	6,67%	4,00%	4,00%	4,00%
- glas + kozijn	6,67%	6,67%	4,17%	4,17%	4,17%
- ketel	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%
- koeling	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%
- ventilatie (ventilator)	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%
Tussentijds (anders gemotiveerde aanleidingen)	winkel	kantoor	onderwijs	sport	gezondheidszorg
- dak	1%	1%	1%	1%	1%
- gevel	1%	1%	1%	1%	1%
- glas + kozijn	1%	1%	1%	1%	1%
- ketel	1%	1%	1%	1%	1%
- koeling	1%	1%	1%	1%	1%
- ventilatie (ventilator)	1%	1%	1%	1%	1%
Percentage dat valt binnen 25% defintie	winkel	kantoor	onderwijs	sport	gezondheidszorg
- dak	25%	25%	25%	25%	25%
- gevel	25%	25%	25%	25%	25%
- glas + kozijn	25%	25%	25%	25%	25%
- ketel	100%	100%	100%	100%	100%
- koeling	100%	100%	100%	100%	100%
- ventilatie (ventilator)	100%	100%	100%	100%	100%

Uitsplitsing in vergunningsplicht en meldingsplicht	
- Aandeel meldingsplicht	50%

8. Kengetallen besparing en investering					
<b>Meerinvesteringsgetallen per m2</b>					
- dak: dakisolatie (hellend $R_c \geq 3,5$ ; plat $\geq 3,5$ )	€ 74	€ 74	€ 74	€ 74	€ 74
- gevel: spouwisolatie ( $R_c \geq 3,5$ )	€ 22	€ 22	€ 22	€ 22	€ 22
- glas: HR++ (enkel glas + kozijn naar Uraam $\leq 2,0$ )	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0
- ketel: HR ketel (vervangen CR / VR)	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0
- koeling	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0
- ventilatie (vervangen ventilatoren)	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0
<b>Besparingen gas per m2</b>					
- dak: dakisolatie (hellend $R_c \geq 3,5$ ; plat $\geq 3,5$ )	winkel 14,2	kantoor 10,6	onderwijs 10,6	sport 7,2	gezondheidszorg 16,0
- gevel: spouwisolatie ( $R_c \geq 3,5$ )	9,9	7,4	7,4	5,0	11,1
- glas: HR++ (enkel glas + kozijn naar Uraam $\leq 2,0$ )	19,9	14,9	14,9	9,1	22,5
- ketel: HR ketel (vervangen CR / VR)	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
- koeling	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- ventilatie (vervangen ventilatoren)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Besparingen elektra per woning per m2</b>					
- dak: dakisolatie (hellend $R_c \geq 3,5$ ; plat $\geq 3,5$ )	winkel 0,0	kantoor 0,0	onderwijs 0,0	sport 0,0	gezondheidszorg 0,0
- gevel: spouwisolatie ( $R_c \geq 3,5$ )	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- glas: HR++ (enkel glas + kozijn naar Uraam $\leq 2,0$ )	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- ketel: HR ketel (vervangen CR / VR)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- koeling	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
- ventilatie (vervangen ventilatoren)	1,8	1,8	1,8	1,8	3,7
<b>9. Energieprijzen</b>					
Gasprijs (m3, all-in)	€ 0,48				
Elektriciteitsprijs (kWh all-in)	€ 0,15				

### Stap 3, bereidheid

De bereidheid om te investeren in energiebesparende maatregelen en aan de eisen te voldoen bij grootschalige/ingrijpende renovaties is gezamenlijk met de effectiviteit van de handhaving bepalend voor de impact van de eisen. Binnen het model is deze relatie als volgt gedefinieerd in het kader van de door te rekenen scenario's:



Op basis van deze uitgangspunten zijn de volgende scenario's beschouwd en doorgerekend met het model:

**'Best case'**

- 7 Scenario 1: 'Best case', volledig bereik via vergunning en melding (100% effectieve handhaving), geen gefaseerde uitvoering i.v.m. ontwijking regelgeving (100% niet gefaseerde uitvoering).

**Plausibele combinatie-effecten**

- 7 Scenario 2: 50% ontwijking door gefaseerd uitvoeren, 75% effectiviteit van handhaving via vergunning en melding.
- 7 Scenario 3: 25% ontwijking door gefaseerd uitvoeren, 50% effectiviteit van handhaving via vergunning en melding.
- 7 Scenario 4: 10% ontwijking door gefaseerd uitvoeren, 30% effectiviteit van handhaving via vergunning en melding.

**'Worst case'**

- 7 Scenario 5: 50% ontwijking door gefaseerd uitvoeren, 25% effectiviteit van handhaving via vergunning en melding.

## Stap 4, impactresultaten

### Scenario 1 woningbouw

Resultaten woningen	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Besparing in PJ / jaar cumulatief	1,17	2,32	3,45	4,56	5,65	6,72	7,77	8,81	9,83
Reductie CO2 in Mton / jaar cumulatief	59	117	174	229	284	338	391	443	495
Energiekostenbesparing in miljoenen € / jaar cumulatief	€ 20,6	€ 40,9	€ 60,8	€ 80,4	€ 99,6	€ 118,5	€ 137,0	€ 155,3	€ 173,2
Extra omzet bouwnijverheid in miljoenen € / jaar cumulatief	€ 126,8	€ 252,0	€ 375,5	€ 497,3	€ 617,6	€ 736,3	€ 853,4	€ 969,0	€ 1.083,1
Extra directe omzet arbeid in miljoenen € / jaar cumulatief	€ 76,1	€ 151,2	€ 225,3	€ 298,4	€ 370,5	€ 441,8	€ 512,0	€ 581,4	€ 649,8

### Scenario 1 utiliteitsbouw

Resultaten utiliteit	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Besparing in PJ / jaar cumulatief	0,46	0,90	1,32	1,73	2,12	2,50	2,87	3,23	3,57
Reductie CO2 in Mton / jaar cumulatief	25	50	73	95	117	137	157	176	195
Energiekostenbesparing in miljoenen € / jaar cumulatief	€ 7	€ 13	€ 20	€ 26	€ 31	€ 37	€ 42	€ 48	€ 53
Extra omzet bouwnijverheid in miljoenen € / jaar cumulatief	€ 23	€ 46	€ 69	€ 91	€ 114	€ 135	€ 157	€ 178	€ 199
Extra directe omzet arbeid in miljoenen € / jaar cumulatief	€ 14	€ 28	€ 41	€ 55	€ 68	€ 81	€ 94	€ 107	€ 120

### Scenario 2 woningbouw

Resultaten woningen	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Besparing in PJ / jaar cumulatief	0,45	0,90	1,35	1,79	2,22	2,66	3,09	3,52	3,94
Reductie CO2 in Mton / jaar cumulatief	23	45	68	90	112	134	155	177	198
Energiekostenbesparing in miljoenen € / jaar cumulatief	€ 8,0	€ 15,9	€ 23,7	€ 31,5	€ 39,2	€ 46,9	€ 54,4	€ 62,0	€ 69,4
Extra omzet bouwnijverheid in miljoenen € / jaar cumulatief	€ 47,6	€ 94,9	€ 142,0	€ 188,8	€ 235,4	€ 281,8	€ 328,0	€ 373,9	€ 419,6
Extra directe omzet arbeid in miljoenen € / jaar cumulatief	€ 28,5	€ 56,9	€ 85,2	€ 113,3	€ 141,3	€ 169,1	€ 196,8	€ 224,4	€ 251,8

### Scenario 2 utiliteitsbouw

Resultaten utiliteit	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Besparing in PJ / jaar cumulatief	0,24	0,46	0,69	0,90	1,11	1,31	1,50	1,69	1,87
Reductie CO2 in Mton / jaar cumulatief	14	27	39	51	63	75	85	96	106
Energiekostenbesparing in miljoenen € / jaar cumulatief	€ 4	€ 7	€ 11	€ 14	€ 17	€ 20	€ 23	€ 26	€ 29
Extra omzet bouwnijverheid in miljoenen € / jaar cumulatief	€ 9	€ 17	€ 26	€ 35	€ 43	€ 52	€ 60	€ 69	€ 77
Extra directe omzet arbeid in miljoenen € / jaar cumulatief	€ 5	€ 10	€ 16	€ 21	€ 26	€ 31	€ 36	€ 41	€ 46

### Scenario 3 woningbouw

Resultaten woningen	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Besparing in PJ / jaar cumulatief	0,44	0,89	1,32	1,76	2,19	2,62	3,05	3,47	3,89
Reductie CO2 in Mton / jaar cumulatief	22	45	67	89	110	132	153	175	196
Energiekostenbesparing in miljoenen € / jaar cumulatief	€ 7,8	€ 15,6	€ 23,4	€ 31,0	€ 38,6	€ 46,2	€ 53,7	€ 61,2	€ 68,6
Extra omzet bouwnijverheid in miljoenen € / jaar cumulatief	€ 47,6	€ 94,9	€ 142,0	€ 188,8	€ 235,4	€ 281,8	€ 328,0	€ 373,9	€ 419,6
Extra directe omzet arbeid in miljoenen € / jaar cumulatief	€ 28,5	€ 56,9	€ 85,2	€ 113,3	€ 141,3	€ 169,1	€ 196,8	€ 224,4	€ 251,8



### Scenario 3 utiliteitsbouw

Resultaten utiliteit	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Besparing in PJ / jaar cummulatief	0,19	0,38	0,57	0,75	0,93	1,10	1,27	1,44	1,61
Reductie CO2 in Mton / jaar cummulatief	11	21	32	42	52	62	71	81	90
Energiekostenbesparing in miljoenen € / jaar cummulatief	€ 3	€ 6	€ 9	€ 11	€ 14	€ 17	€ 19	€ 22	€ 24
Extra omzet bouwnijverheid in miljoenen € / jaar cummulatief	€ 9	€ 17	€ 26	€ 35	€ 43	€ 52	€ 60	€ 69	€ 77
Extra directe omzet arbeid in miljoenen € / jaar cummulatief	€ 5	€ 10	€ 16	€ 21	€ 26	€ 31	€ 36	€ 41	€ 46

### Scenario 4 woningbouw

Resultaten woningen	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Besparing in PJ / jaar cummulatief	0,32	0,64	0,95	1,26	1,58	1,89	2,20	2,50	2,81
Reductie CO2 in Mton / jaar cummulatief	16	32	48	64	79	95	110	126	141
Energiekostenbesparing in miljoenen € / jaar cummulatief	€ 5,6	€ 11,2	€ 16,8	€ 22,3	€ 27,8	€ 33,3	€ 38,7	€ 44,1	€ 49,5
Extra omzet bouwnijverheid in miljoenen € / jaar cummulatief	€ 34,2	€ 68,4	€ 102,4	€ 136,2	€ 170,0	€ 203,6	€ 237,1	€ 270,5	€ 303,8
Extra directe omzet arbeid in miljoenen € / jaar cummulatief	€ 20,5	€ 41,0	€ 61,4	€ 81,7	€ 102,0	€ 122,2	€ 142,3	€ 162,3	€ 182,3

### Scenario 4 utiliteitsbouw

Resultaten utiliteit	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Besparing in PJ / jaar cummulatief	0,13	0,26	0,38	0,51	0,63	0,75	0,87	0,99	1,11
Reductie CO2 in Mton / jaar cummulatief	7	14	21	28	35	42	48	55	61
Energiekostenbesparing in miljoenen € / jaar cummulatief	€ 2	€ 4	€ 6	€ 8	€ 9	€ 11	€ 13	€ 15	€ 17
Extra omzet bouwnijverheid in miljoenen € / jaar cummulatief	€ 6	€ 13	€ 19	€ 25	€ 31	€ 37	€ 44	€ 50	€ 56
Extra directe omzet arbeid in miljoenen € / jaar cummulatief	€ 4	€ 8	€ 11	€ 15	€ 19	€ 22	€ 26	€ 30	€ 33

### Scenario 5 woningbouw

Resultaten woningen	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Besparing in PJ / jaar cummulatief	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75	0,90	1,05	1,20	1,34
Reductie CO2 in Mton / jaar cummulatief	8	15	23	30	38	45	53	60	68
Energiekostenbesparing in miljoenen € / jaar cummulatief	€ 2,7	€ 5,3	€ 8,0	€ 10,6	€ 13,2	€ 15,8	€ 18,5	€ 21,1	€ 23,7
Extra omzet bouwnijverheid in miljoenen € / jaar cummulatief	€ 15,9	€ 31,7	€ 47,5	€ 63,3	€ 79,0	€ 94,7	€ 110,4	€ 126,1	€ 141,7
Extra directe omzet arbeid in miljoenen € / jaar cummulatief	€ 9,5	€ 19,0	€ 28,5	€ 38,0	€ 47,4	€ 56,8	€ 66,3	€ 75,7	€ 85,0

### Scenario 5 utiliteitsbouw

Resultaten utiliteit	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Besparing in PJ / jaar cummulatief	0,08	0,16	0,23	0,31	0,39	0,46	0,53	0,61	0,68
Reductie CO2 in Mton / jaar cummulatief	5	9	13	18	22	26	31	35	39
Energiekostenbesparing in miljoenen € / jaar cummulatief	€ 1	€ 2	€ 4	€ 5	€ 6	€ 7	€ 8	€ 9	€ 10
Extra omzet bouwnijverheid in miljoenen € / jaar cummulatief	€ 3	€ 6	€ 9	€ 12	€ 15	€ 17	€ 20	€ 23	€ 26
Extra directe omzet arbeid in miljoenen € / jaar cummulatief	€ 2	€ 3	€ 5	€ 7	€ 9	€ 10	€ 12	€ 14	€ 16

## Bronnen impactanalyse

### Literatuur:

Ministerie van VROM, "*Cijfers over wonen, wijken en integratie*", 2009.

SenterNovem, "*Kompas, energiebewust wonen en werken. Cijfers en tabellen*", 2007.

SIRA Consulting, "*Gevolgen administratieve en uitvoeringslasten herziene EPBD*", 2010.

Bouwbesluit 2012 (per 1 april 2012).

### Websites:

<http://www.senternovem.nl/kompas/energiecijfers/index.asp>

<http://www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/energiecijfers-energie-gebouwde-omgeving>

### Bronnen energieprijswontwikkeling, investeringskosten en besparingskengetallen:

ECN basisgegevens energieprijswontwikkeling.

Expert judgement Winket bv, huisvestingseconomie, bouwkosten en bestekken en ABT.

### Bronnen uitgangssituatie gebouwvoorraad (penetratiegraden maatregelen, standaard renovatieperioden, ingreepmomenten):

Expert judgement BuildDesk, op basis van voorgaande onderzoeken:

BuildDesk, "*Haalbaarheidstudie minimum energieprestatie-eisen voor bestaande bouw*", 2010.

BuildDesk, "*Stimulering energiebesparing in de non-profit utiliteitsbouw*", 2008.

CEA/EBM-consult, "*Energiebesparing in de bestaande bouw, een verkenning van potenties*", 2006.