



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland

Renovatieconcepten en bouwstenen

EOS-LT Rigoureux WP4 /1

Datum Oktober 2009

ECN, TU Delft, TNO en DHV

In opdracht van SenterNovem (nu Rijksdienst voor
Ondernemend Nederland)

Publicatienr RVO-161-1501/RP-DUZA
www.rvo.nl

Dit rapport is tot stand gekomen in opdracht van het ministerie van
Economische Zaken.

Rigoreus WP 4

Rapportage 1: 0-maatregelen en basisbouwstenen



Rigoreus WP 4

EOS : UEOSS0671332
SenterNovem
oktober 2009
eindrapportage

INHOUD	BLAD	
1	BESTAANDE BOUW RIGOREUS AANGEPAKT	6
1.1	Inleiding	6
1.2	inleiding werkpakket 4	7
2	DOELSTELLING	8
2.1	Energiegebruik van een rijtjeswoning	8
2.2	Aanpak volgens de Trias Energetica	9
3	REFERENTIEWONING	11
3.1	referentiewoning	11
3.2	Energiegebruik	12
3.3	Omrekenfactoren	15
3.4	Oriëntatie	15
3.5	Oppervlaktes	15
3.6	gevels	15
3.7	gevelopeningen	16
3.8	vloer en dak	16
3.9	Installaties	16
3.10	infiltratie	16
3.11	Slotopmerking	17
4	ENERGIEBEREKENINGEN	18
4.1	Methodes en resultaten	18
4.2	EPW berekening	18
4.3	Verschillen met gegevens referentiewoning	19
4.4	PHPP berekening	19
4.5	Vershil EPW PHPP	20
4.6	Invoer en resultaten PHPP berekeningen voor de referentiewoning	20
4.7	spreiding door aannames	21
4.8	Conclusies	23
5	0-MAATREGELLEN EN BEOORDELINGSCRITERIA	26
5.1	Beoordelingscriteria	26
5.2	0-maatregelen	27
5.2.1	<i>Vraagbeperking</i>	27
5.2.2	<i>Duurzaam opwekken</i>	27
5.3	Matrix	27
5.4	Basisbouwstenen	29
6	UITWERKING 0-MAATREGELLEN	30
6.1	Inleiding	30
6.2	Transmissie	30
6.3	Transmissie, dichte delen (gevel) .	31
6.3.1	<i>Buitenblad slopen, binnenblad behouden.</i>	31
6.3.2	<i>Binnenblad slopen, buitenblad behouden</i>	31
6.3.3	<i>Gehele gevel vervangen</i>	31
6.3.4	<i>Bestaande wandopbouw, isolatie aan binnenzijde.</i>	32

6.3.5	<i>Bestaande wandopbouw, isolatie aan buitenzijde.</i>	32
6.3.6	<i>Hoogwaardige isolatie.</i>	32
6.3.7	<i>Na-isolatie van spouw</i>	32
6.3.8	<i>Toekomstperspectief</i>	33
6.3.9	<i>Energetisch effect.</i>	33
6.3.10	<i>Conclusie en reflectie.</i>	34
6.4	Transmissie dichte delen (dak)	35
6.4.1	<i>Bestaande onderconstructie behouden, isoleren aan buitenzijde.</i>	35
6.4.2	<i>Bestaand dak behouden, isolatie aan binnenzijde.</i>	35
6.4.3	<i>Geheel nieuwe kap</i>	36
6.4.4	<i>Gehele dak behouden, isoleren aan onderzijde</i>	36
6.4.5	<i>Toekomstperspectief</i>	36
6.4.6	<i>Energetisch effect</i>	36
6.4.7	<i>Conclusie en reflectie</i>	37
6.5	Transmissie dichte delen (vloer)	37
6.5.1	<i>Isoleren onderzijde vloer</i>	38
6.5.2	<i>Isoleren gehele kruipruimte</i>	38
6.5.3	<i>Aanbrengen zwevende dekvloer</i>	38
6.5.4	<i>Toekomstperspectief</i>	38
6.5.5	<i>Energetisch effect</i>	39
6.5.6	<i>Conclusie en reflectie</i>	39
6.6	Transmissie open delen.	39
6.6.1	<i>Voorzetbeglazing binnenzijde</i>	39
6.6.2	<i>Voorzetbeglazing buitenzijde</i>	39
6.6.3	<i>Vervangen van beglazing.</i>	40
6.6.4	<i>Vervangen van kozijn</i>	40
6.6.5	<i>Toekomstperspectief</i>	40
6.6.6	<i>Energetisch effect</i>	41
6.6.7	<i>Conclusie en reflectie</i>	41
6.7	Elektriciteitsgebruik	42
6.7.1	<i>Stap 1, stand-by gebruik</i>	42
6.7.2	<i>Stap 2, vervangen door energiezuinige apparaten.</i>	42
6.7.3	<i>Stap 3, vervangen door niet-elektrische alternatieven.</i>	42
6.7.4	<i>Stap 4, het verwijderen van overbodige apparaten.</i>	42
6.7.5	<i>Gebouwegebonden elektriciteitsgebruik</i>	42
6.7.6	<i>Energetisch effect</i>	43
6.7.7	<i>Conclusie en reflectie</i>	43
6.8	Warm tapwater	43
6.8.1	<i>Nieuwe apparatuur; hotfill</i>	43
6.8.2	<i>Nieuwe apparatuur; douche-WTW</i>	44
6.8.3	<i>Nieuwe installatie; reduceren leidinglengtes</i>	44
6.8.4	<i>Nieuwe installatie; combiketel</i>	44
6.8.5	<i>Nieuwe installatie; 40 °C tapcircuit.</i>	44
6.8.6	<i>Energetisch effect van maatregelen</i>	44
6.8.7	<i>Conclusie en reflectie</i>	45
6.9	Infiltratie	45
6.9.1	<i>Beperken infiltratie aan binnenzijde, d.m.v. tape, kit, PUR</i>	45
6.9.2	<i>Beperken infiltratie aan binnenzijde, d.m.v. 'stijfselbom'</i>	46
6.9.3	<i>Beperken infiltratie aan buitenzijde, d.m.v. tape, kit, PUR.</i>	46

6.9.4	<i>Beperken infiltratie aan buitenzijde d.m.v. 'condoom'.</i>	46
6.9.5	<i>Energetisch effect van maatregelen</i>	46
6.9.6	<i>Conclusie en reflectie</i>	46
6.10	Ventilatie	47
6.10.1	<i>Mechanische toe en afvoer met WTW</i>	47
6.10.2	<i>Natuurlijke toevoer, mechanische afvoer, met WTW</i>	47
6.10.3	<i>Natuurlijke toevoer, mechanische afvoer, met warmtepomp</i>	47
6.10.4	<i>Natuurlijke toevoer, mechanische afvoer, zonder WTW</i>	47
6.10.5	<i>Verdeelringsysteem met beperkte WTW</i>	47
6.10.6	<i>Decentraal systeem, mechanische toe- en afvoer met WTW</i>	47
6.10.7	<i>Decentraal systeem, mechanische toe en afvoer zonder WTW</i>	48
6.10.8	<i>Energetisch effect van maatregelen</i>	48
6.10.9	<i>Conclusie en reflectie</i>	48
6.11	Zonneboiler	49
6.11.1	<i>Opbouw systeem op gevel.</i>	49
6.11.2	<i>Opbouw systeem op dak</i>	49
6.11.3	<i>Inbouw systeem in gevel</i>	49
6.11.4	<i>Inbouw systeem in dak</i>	50
6.11.5	<i>Energetisch effect van maatregelen</i>	50
6.11.6	<i>Toekomstige ontwikkelingen</i>	50
6.11.7	<i>Conclusie en reflectie</i>	51
6.12	PV-systemen	51
6.12.1	<i>Opbouw systeem op gevel.</i>	51
6.12.2	<i>Opbouw systeem op dak</i>	51
6.12.3	<i>Inbouw systeem in gevel</i>	51
6.12.4	<i>Inbouw systeem in dak</i>	51
6.12.5	<i>Energetisch effect van maatregelen</i>	51
6.12.6	<i>Toekomstige ontwikkelingen</i>	52
6.12.7	<i>Conclusie en reflectie</i>	52
6.13	Warmte koude opslag	52
6.13.1	<i>Watertank, korte termijnopslag</i>	52
6.13.2	<i>Latente opslag in paraffine</i>	53
6.13.3	<i>Watertank, seizoensopslag</i>	53
6.13.4	<i>Energetisch effect van maatregelen</i>	54
6.13.5	<i>Toekomstige ontwikkelingen</i>	54
6.13.6	<i>Conclusie en reflectie</i>	54
6.14	overzicht realistische 0-maatregelen	54
7	NIET BOUWTECHNISCH RENOVATIEPROCES	56
7.1	Het renovatieproces	56
7.1.1	<i>Beheersvormen</i>	56
7.1.2	<i>Actoren</i>	56
7.1.3	<i>Belangen en motieven</i>	57
7.1.4	<i>Belemmeringen</i>	59
7.1.5	<i>Hoe te verleiden?</i>	60
7.2	Besluitvorming	61
7.2.1	<i>Karakteristieken van besluitvorming woningcorporaties</i>	61
7.2.2	<i>Karakteristieken van besluitvorming in eigenaar-bewoners</i>	62
7.3	Conclusie en reflectie	64

7.3.1	<i>Wijk aanpak</i>	64
7.3.2	<i>Duurzaamheid</i>	64
7.3.3	<i>Urgentie renovatie</i>	65
7.3.4	<i>Communicatie</i>	65
7.3.5	<i>Financieringssteun</i>	65
8	INTRODUCTIE BASISBOUWSTENEN	68
8.1	Inleiding	68
8.2	Onderscheidend vermogen	69
8.2.1	<i>Bewoner</i>	70
8.2.2	<i>Eigenaar</i>	70
8.2.3	<i>Renovatieproces</i>	70
8.2.4	<i>investering</i>	70
8.2.5	<i>Energie</i>	70
9	BASISBOUWSTEEN ADVANCED	72
9.1	inleiding	72
9.2	maatregelen	72
9.2.1	<i>Transmissie dichte delen</i>	72
9.2.2	<i>Transmissie open delen</i>	73
9.2.3	<i>Infiltratie</i>	73
9.2.4	<i>Ventilatie</i>	73
9.2.5	<i>Ruimteverwarming</i>	73
9.2.6	<i>Warm tapwater</i>	73
9.3	Bouwtechnisch renovatieproces	74
9.3.1	<i>Inleiding</i>	74
9.3.2	<i>Vorbereidingen</i>	74
9.3.3	<i>Sloopwerkzaamheden</i>	74
9.3.4	<i>Ruwbouw</i>	74
9.3.5	<i>Afbouw</i>	75
9.4	Niet bouwtechnisch renovatieproces	75
9.4.1	<i>De impact van basisbouwsteen advanced.</i>	75
9.5	Energiebesparing	75
9.6	Beoordelingscriteria	77
9.7	Toekomstperspectief	77
10	BASISBOUWSTEEN MEDIUM	78
10.1	Beschrijving	78
10.2	Maatregelen	78
10.2.1	<i>Transmissie dichte delen</i>	78
10.2.2	<i>Transmissie open delen</i>	78
10.2.3	<i>Infiltratie</i>	78
10.2.4	<i>Ventilatie</i>	79
10.2.5	<i>Ruimteverwarming</i>	79
10.2.6	<i>Warm tapwater</i>	79
10.3	Bouwtechnisch renovatieproces	79
10.3.1	<i>Inleiding</i>	79
10.3.2	<i>Vorbereidingen</i>	80
10.3.3	<i>Sloopwerkzaamheden</i>	80

10.3.4	<i>Ruwbouw</i>	80
10.3.5	<i>afbouw</i>	80
10.4	Niet bouwtechnisch renovatieproces	80
10.4.1	<i>Eigenaar-bewoner</i>	80
10.4.2	<i>Huur</i>	81
10.5	Energiebesparing	81
10.6	Beoordelingscriteria	82
10.7	Toekomstperspectief	82
11	BASISBOUWSTEEN LIGHT	83
11.1	Beschrijving	83
11.2	Maatregelen	83
11.2.1	<i>Transmissie dichte delen</i>	83
11.2.2	<i>Transmissie open delen</i>	83
11.2.3	<i>Infiltratie</i>	83
11.2.4	<i>Ventilatie</i>	83
11.2.5	<i>Ruimteverwarming</i>	84
11.2.6	<i>Warm tapwater</i>	84
11.3	Bouwtechnisch renovatieproces	84
11.3.1	<i>Inleiding</i>	84
11.3.2	<i>Sloopwerkzaamheden</i>	84
11.3.3	<i>Ruwbouw</i>	84
11.3.4	<i>Afbouw</i>	84
11.4	Niet bouwtechnisch renovatieproces	84
11.4.1	<i>Huur – eigenaar-bewoner</i>	84
11.5	Energiebesparing	85
11.6	Beoordelingscriteria	86
11.7	Toekomstperspectief	86
12	ENERGETISCHE VERGELIJKING BASISBOUWSTENEN	87
13	CONCLUSIES 0-MAATREGELLEN EN BASISBOUWSTENEN.	88
14	REFERENTIES	89
15	COLOFON	91

Bijlagen:

Bijlage 1. beoordeling 0-maatregelen

Bijlage 2. principedetaileringen

1 BESTAANDE BOUW RIGOREUS AANGEPAKT

1.1 INLEIDING

Hoewel alom bekend is dat een betekenisvolle reductie van het energiegebruik van de gebouwde omgeving alleen bereikt kan worden middels ingrijpende verbetering van de bestaande woning- en gebouwenvoorraad, is de aandacht voor duurzaamheid in de bouwsector nog steeds vooral op nieuwbouw gericht. Bovendien kenmerkt de huidige renovatiepraktijk zich door verbetering van gebouwkwaliteit uit comforttechnische of economische overwegingen (levensduur, verkoopwaarde, verhuurbaarheid). Dientengevolge ligt de huidige renovatiepraktijk op kwantitatief en kwalitatief te laag niveau en blijft verbetering van het energiegebruik door renovatie beperkt tot hooguit 25% ('educated guess').

Om de nationale en Europese ambities ten aanzien van energietransitie in de gebouwde omgeving te kunnen realiseren, zijn op een termijn van 10 tot 15 jaar renovatieconcepten noodzakelijk die een reductie van 75% op het totale energiegebruik kunnen realiseren. Dergelijke ambitieuze concepten voor de woningbouw zijn alleen haalbaar indien voor een innovatieve, samenhangende aanpak wordt gekozen waarbij maatregelen op het gebied van bouwproces, bouwkunde, installatietechniek én huishoudelijk energiegebruik hand in hand gaan. Scenariostudies onderbouwen de noodzaak hiervoor. Omdat energie in de praktijk geen leidend motief is bij renovatie, moet voor grootschalige toepassing een 'hoge ambitie' renovatieconcept bovendien voldoen aan alle prestatie indicatoren van betrokken actoren (comfort, exploitatie, woonlasten, gezondheid, etc.).

Op dit moment ontbreken zowel het inzicht (in samenhang en streefwaarden) in de prestatie indicatoren van woningcorporaties en particuliere eigenaren bij renovatie als ook renovatieconcepten met 75% reductie van het totaal energiegebruik (gebouw- en gebruiksgebonden). Dit is dan ook de focus van voorliggende studie van TNO, TU Delft, DHV en ECN. Deze partijen maken zich samen sterk voor verduurzaming van de bestaande bouw, een sector met een enorm potentieel voor duurzaamheid. Samen hebben ze, in opdracht van SenterNovem in het kader van de EOS-subsidieregeling, invulling gegeven aan het project RIGOREUS.

*Renovatie-Innovatie in de Gebouwde Omgeving
&
Reductie Energiegebruik door Unieke Systeemintegratie
= RIGOREUS*

*Een EOS-LT onderzoeksproject
van
ECN, TNO, DHV en TUD*

1.2 INLEIDING WERKPAKKET 4

In het kader van het project Rigoureux wordt in werkpakket 4 de ontwikkeling van renovatieconcepten ter hand genomen. De concepten zullen allen zijn opgebouwd uit een selectie van maatregelen (**0-maatregelen**) genoemd. Dit is verdeeld in vraagbeperkende maatregelen, duurzame opwekkingsmaatregelen en maatregelen m.b.t. energie efficiënte apparaten.

Door het projectteam van Rigoureux zijn 11 beoordelingscriteria / randvoorwaarden opgesteld waaraan de renovatieconcepten getoetst worden. In het eerste deel van deze rapportage zijn de **0-maatregelen** getoetst aan deze 11 criteria. Daarbij is het toetsen, naast het vellen van een oordeel, vooral gebruikt om kansen en belemmeringen voor de toepassingen van de verschillende 0-maatregelen in de Rigoureux concepten vast te stellen / op het spoor te komen. Hierbij is vooral ook gekeken naar kansen voor mogelijke combinaties van maatregelen die samen een bouwsteen vormen voor de Rigoureux concepten.

In de beoordeling van de **0-maatregelen** en/of het onderkennen van kansen voor combinaties van maatregelen (bouwstenen) is de input uit de andere werkpakketten noodzakelijk om tot een gewogen en integraal oordeel te komen. Dit blijkt ook uit de verscheidenheid / diversiteit van de beoordelingscriteria. Alleen dan ontstaan nieuwe bouwstenen die naast technische ook een duidelijk procesmatige en sociale onderbouwing hebben.

Vervolgens zijn met de 0-maatregelen drie basisbouwstenen samengesteld. Dit zijn drie samenstellingen van 0-maatregelen die een verschillend ambitieniveau. Dit zijn samenhangende combinaties van met name transmissiebeperkende maatregelen om de breedte van het spectrum en keuzevrijheid te illustreren. De 0-maatregelen en basisbouwstenen staan in rapportage één (0-maatregelen en basisbouwstenen).

In de tweede rapportage, bouwstenen, worden een aantal mogelijke toevoegingen aan deze basisbouwstenen getoond waarmee op andere wijzen mogelijkheden worden getoond om een energiereductie te behalen.

De combinatie van deze basisbouwstenen, bouwstenen en 0-maatregelen leidt tot een concept welke zijn beschreven in de rapportage renovatieconcepten voor 75% energiebesparing [22]. De hierin beschreven concepten geven voorbeelden van wat de combinatie van maatregelen vanuit verschillende gezichtspunten voor kwaliteiten kunnen hebben. Met de kennis in de rapporten van werkpakket 4 is het ook goed mogelijk om zelf concepten te ontwikkelen of te verfijnen aan de hand van lokale randvoorwaarden.

2 DOELSTELLING

Analyse van de bouwvoorraad laat zien dat de categorie rijtjeswoningen gebouwd tussen 1945 en 1975 in aantallen en energiegebruik een dominante positie inneemt. Deze woningen zijn het komende decennium toe aan grootscheepse renovatie. In het Rigoureux project wordt daarom deze categorie als uitgangspunt voor renovatieconcepten genomen



Figuur 1: Naoorlogse rijtjeswoningen die aan energiezuinige renovatie toe zijn [foto: Joost Paauw, ECN].

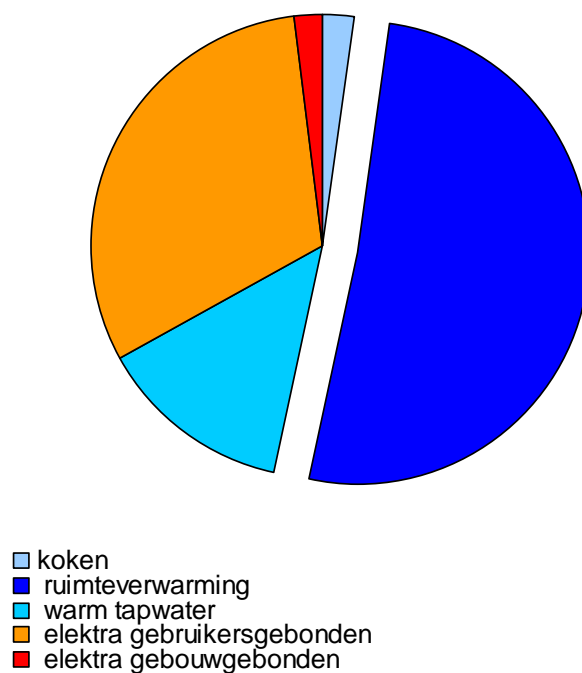
Bij het energiegebruik van woningen wordt vaak onderscheid gemaakt tussen gebouwgebonden en gebruikersgebonden of huishoudelijk energiegebruik. Gebouwgebonden energiegebruik heeft betrekking op apparaten, die aan het gebouw vast 'zitten', zoals de ketel voor verwarming en warm tapwater. Gebruikersgebonden energiegebruik is het energiegebruik van alle 'stekkerapparaten', die mensen in huis hebben staan, zoals tv, audio apparatuur etc. Keukenapparatuur, zoals koelkast, magnetron etc. hoewel vaak 'ingebouwd' wordt ook tot de laatste categorie gerekend. Daarentegen wordt verlichting, hoewel deels in de vorm van 'losse' lampen tot de gebouwgebonden categorie gerekend.

Doel van het Rigoureux-project is deze tweedeling te doorbreken. Met name wordt geprobeerd bouwkundige of installatietechnische maatregelen voor de renovatie te bedenken, die ook het huishoudelijk energiegebruik reduceren. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een serie stopcontacten, die bij afwezigheid van de bewoner spanningsloos worden gemaakt om het sluimergebruik van de apparaten te reduceren. Hier wordt in de volgende hoofdstukken verder op ingegaan.

2.1 ENERGIEGEBRUIK VAN EEN RIJTJESWONING

Het jaarlijkse energiegebruik van een naoorlogse rijtjeswoning bedraagt ca. 1800 m³ aardgas en ca. 3700 kWh elektriciteit. Uitgedrukt in primaire energie zijn een aantal posten van het energiegebruik weergegeven in Figuur 2.

verdeling primair energiegebruik referentiewoning

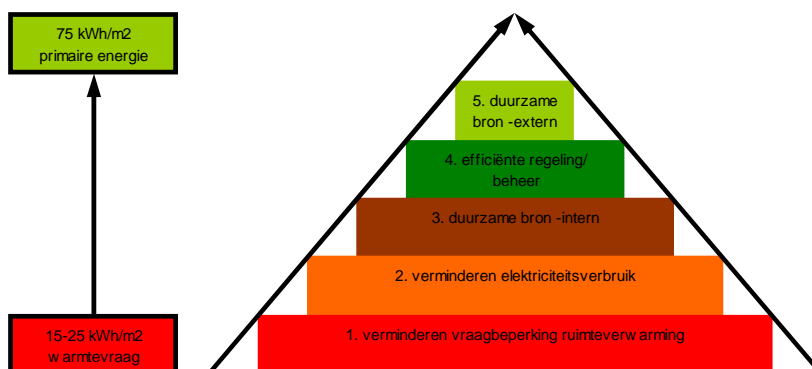


Figuur 2: Primair energiegebruik van een na-oorlogse woning verdeeld in de belangrijkste posten.

Het is duidelijk dat de energievraag voor ruimteverwarming veruit het grootst is. Nadere informatie is in de rapportage van WP 1 te vinden [6]. In dit rapport zal worden ingegaan in een aantal maatregelen om die post aanzienlijk te beperken, wat in hoofdstuk 8 zal leiden tot een aantal pakketten afgewogen maatregelen, samengevat als bouwstenen.

2.2 AANPAK VOLGENS DE TRIAS ENERGETICA

De verschillende stappen die genomen worden om vergaand energie te besparen in renovatieprocessen zijn in Figuur 3 weergegeven. Het stappenplan is afgeleid van de Kyoto-piramide.



Figuur 3: Kyoto piramide met de bij voorkeur te volgen volgorde van maatregelen

De aanpak met betrekking tot energiereductie begint aan de basis van de piramide:

1. Vraagbeperking ruimteverwarming: Vraagbeperking heeft zowel betrekking op bouwkundige als installatietechnische onderdelen van een woning. Dit komt uitgebreid aan de orde in hoofdstukken 6.2 tot en met 6.6
2. Vermindering van het elektriciteitsgebruik: Welke mogelijkheden zijn er om de vraag naar elektriciteit (huishoudelijke energie) te verminderen. Hierop wordt ingegaan in hoofdstuk 6.7
3. Gebruik van duurzame bronnen en passieve zonne-energie projectgebonden: Dit betreft project/gebouwgebonden bronnen (bijv. zonneboiler of PV op het dak). Dit wordt behandeld in hoofdstuk 6.11 en 6.12
4. Efficiënte regeling/beheer: Met name efficiënte regeling en beheer van elektriciteitsgebruik.
5. Duurzame bron, extern: inzet van een externe, duurzame energiebron ten behoeve van de restenergievraag, bijvoorbeeld decentrale elektriciteitsopwekking PV of wind. Deze laatste stap wordt bij Rigoureux niet meegerekend bij de uiteindelijke energiereductie.

3 REFERENTIEWONING

3.1 REFERENTIEWONING

Als uitgangspunt voor conceptuitwerking is de rijwoning, bouwperiode 1946 – 1965 uit de publicatie ‘voorbeeldwoningen bestaande bouw 2007’ [3] van SenterNovem genomen. Deze woning maakt met 669.000 woningen meer dan 10% uit van de Nederlandse woningvoorraad. Gevels bestaan uit ongeïsoleerde spouwmuren, kozijnen zijn gedeeltelijk van dubbel glas voorzien, vloeren zijn van beton en het dak is al enigszins geïsoleerd. Enkele gegevens zijn in onderstaande tabel terug te vinden.

Tabel 1: kenmerken referentiewoning

BOUWKUNDIGE KENMERKEN					
Gebruiksoppervlakte (m ²)		95,8			
Aantal bewoners		2,8			
BOUWDEEL	OPP. (m ²)	U-WAARDE (W/m ² K)		RC WAARDE (m ² K/W)	
		HUIDIG	COMFORT	HUIDIG	COMFORT
Begane grondvloer	42,5	2,44	0,34	0,15	2,65
Dak hellend	55,5	0,47	0,47	1,97	1,97
Dak plat	-	-	-	-	-
Voorgevel gesloten	17,2	1,89	0,65	0,36	1,36
Voorgevel glasoort 1	5,1	5,10	2,00	-	-
Voorgevel glasoort 2	3,4	3,10	2,00	-	-
Achterevel gesloten	17,2	1,89	0,65	0,36	1,36
Achterevel glasoort 1	5,1	5,10	2,00	-	-
Achterevel glasoort 2	3,4	3,10	2,00	-	-
Zijgevel gesloten	-	-	-	-	-
Zijgevel glasoort 1	-	-	-	-	-
Zijgevel glasoort 2	-	-	-	-	-



Figuur 4: gevelaanzichten referentiewoning [4]



Figuur 5: plattegronden referentiewoning [4]

3.2 ENERGIEGEBRUIK

In Werkpakket 1 is in tabel 3.3 het referentie-energiegebruik voor de referentiewoning (1946-1955) gegeven [6]. Dit is het uitgangspunt voor de energieberekeningen. Omdat deze publicatie gemiddelden van de gehele populatie representeert voor zowel energiegebruik als oppervlaktes is dit geen daadwerkelijke woning. De publicatie referentiewoning bestaande bouw uit 2001 bevat echter wel daadwerkelijke woningen. [4] De ruimtelijke gegevens van deze woning zijn gebruikt, aangevuld met de energetische waarden van de publicatie uit 2007[6]. De belangrijkste eigenschappen worden in dit hoofdstuk nader toegelicht. Hiervoor is gebruik gemaakt van de gegevens uit referentie.

In WP1 is het energiegebruik van de referentiewoning opgedeeld in de volgende posten:

Tabel 2: Energiegebruik referentiewoning

post	energiegebruik referentiewoning
ruimte-tapwaterverwarming	1776 m ³ gas per jaar
koken	60 m ³ gas per jaar
gebouwgebonden elektriciteit	220 kWh elektriciteit per jaar
huishoudelijke elektriciteit	3451 kWh elektriciteit per jaar
TOTAAL	3671 kWh elektriciteit, 1836 m³ gas

Deze waarden zijn gebruikt om de uitgangspunten in Primaire Energie vast te stellen. Dat heeft tot het volgende overzicht geleid:

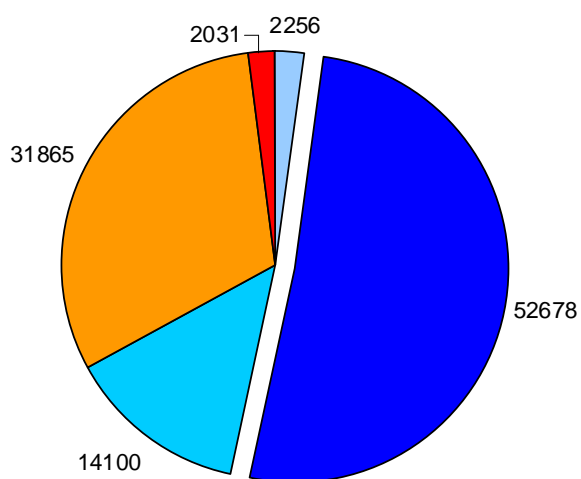
Tabel 3: uitgangspunten energiegebruik

post	gas (m ³ /jaar)	elektriciteit (kWh/jaar)	primaire energie (MJ/jaar)	primaire energie (kWh/m ² /jaar)
gasverbruik				
ruimteverwarming	1401		52678	163
tapwater	375		14100	44
koken	60		2256	7
totaal GAS	1836		69034	213
electriciteitsgebruik				
gebouwgebonden		220	2031	6
gebruiksgebonden		3452	31865	98
totaal ELEKTRICITEIT		3672	33896	105
totaal energiegebruik		3672	102930	318

Omrekenfactor kWh naar MJ primair: 9,23
 omrekenfactor m³ gas naar MJ primair 37,6
 oppervlakte woning 90 m²

post	gas (m ³ /jaar)	elektriciteit (kWh/jaar)	primaire energie (MJ/jaar)	primaire energie (kWh/m ² /jaar)
gasverbruik				
ruimteverwarming	1401		52678	163
tapwater	375		14100	44
koken	60		2256	7
totaal GAS	1836		69034	213
electriciteitsgebruik				
gebouwgebonden		220	2031	6
gebruiksgebonden		3452	31865	98
totaal ELEKTRICITEIT		3672	33896	105
totaal energiegebruik		3672	102930	318

primair energiegebruik referentiewoning [MJ]
totaal: 102930 MJ



- koken
- ruimteverwarming
- warm tapwater
- elektra gebruikersgebonden
- elektra gebouwgebonden

Figuur 6: Primair energiegebruik referentiewoning per jaar (in MJ)

3.3 OMREKENFACTOREN

De uiteindelijke waarden worden gepresenteerd in MJ Primaire energie, waarbij de omrekenfactor van kWh elektriciteit naar MJ als volgt wordt berekend:

kWh Elektriciteit *3,6 (KWh naar MJ)/0,39 (opwekkingsrendement)

Voor gas wordt het als volgt berekend:

m³ gas naar MJ Primaire energie: *35,17 (energie-inhoud 1 m³ gas) *1,07 (productie & transportverliezen)

3.4 ORIËNTATIE

De woning is met de voorgevel naar het noorden georiënteerd. Dit is een keuze die in referentie [5] is gemaakt en hier wordt gevolgd. Gevolg van deze keuze is in het bijzonder dat door de kapvorm (langskap) het plaatsen van collectoren en PV panelen mogelijk is. Een oost-west oriëntatie van rijwoningen komt echter ook veel voor, zeker in de 'strokenbouw' van jaren 60-70. Plaatsen van collectoren en PV panelen is dan aanzienlijk minder efficiënt.

3.5 OPPERVLAKTES

Het gebruiksoppervlak van de woning bedraagt 90 m², waarvan de begane grond en verdieping 35 m² zijn en de zolder 20 m²

3.6 GEVELS

De gevels bestaan hoofdzakelijk uit een metselwerk binnen en buitenblad, met een ongeïsoleerde spouw. De RC van dit geveldeel is 0,36 m²K/W de oppervlaktes zijn als volgt:

Tabel 4: geveloppervlak: metselwerk

metselwerk	oppervlakte
begane grond, voorgevel	9,0 m ²
begane grond, achtergevel	6,1 m ²
verdieping, voorgevel	11,1 m ²
verdieping, achtergevel	6,6 m ²

Daarnaast is er in de achtergevel een paneel (een dicht deel in een kozijn) opgenomen, zowel op de verdieping als de begane grond. Dit paneel heeft een RC van 0,23 m²K/W, de oppervlaktes zijn als volgt:

Tabel 5: geveloppervlak: paneel

paneel	oppervlakte
begane grond, achtergevel	0,8 m ²
verdieping, achtergevel	1,6 m ²

3.7 GEVELOPENINGEN

Op de begane grond zijn de kozijnen reeds vervangen door kunststof kozijnen met dubbel glas, op de verdieping zijn de bestaande houten kozijnen met enkel glas nog aanwezig. De deuren op de begane grond bestaan uit een gesloten en een glasdeel. Daarnaast is er nog een klein daklicht opgenomen. Onderstaande gegevens zijn aangehouden.

Tabel 6: gegevens gevelopeningen

	kozijnen begane grond	dicht deel deur	open deel deur	kozijnen verdieping
U [W/(m ² K)]	3,1	2,38	5,1	5,1
ZTA [-]	0,7	0	0,8	0,8

Met de volgende verdeling:

Tabel 7: oppervlaktes gevelopeningen

kozijn/deur	oppervlakte
kozijnen begane grond, voorgevel	3,6 m ²
dicht deel deur begane grond, voorgevel	1,4 m ²
open deel deur begane grond, voorgevel	0,7 m ²
kozijnen begane grond, achtergevel	3,4 m ²
dicht deel deur begane grond, voorgevel	1,4 m ²
open deel deur begane grond, voorgevel	0,7 m ²
kozijnen verdieping, voorgevel	3,6 m ²
kozijnen verdieping, achtergevel	6,5 m ²

3.8 VLOER EN DAK

De begane grondvloer is van gewapend beton, en heeft een RC van 0,19 m²K/W. Onder de vloer is een kruipruimte van 60 cm.

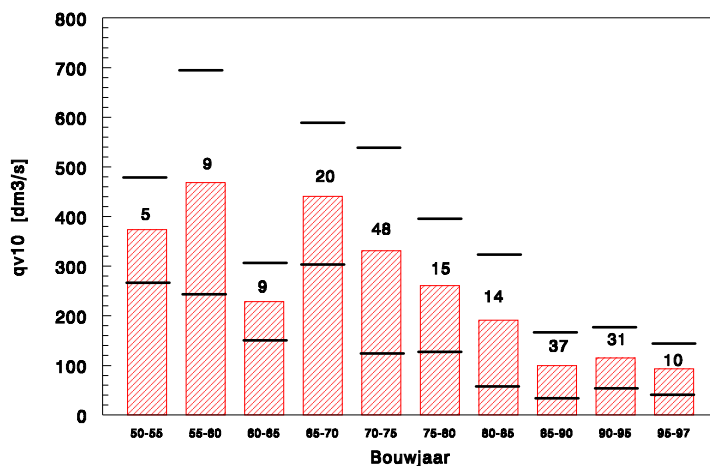
Het dak is reeds nageïsoleerd, heeft een RC van 1,97 m²K/W. De totale oppervlakte is 55,0 m², 27,7 m noordgericht, 27,3 m² zuidgericht.

3.9 INSTALLATIES

De installaties zijn gebaseerd op de referentiewoningen 2007. Warmte voor verwarming en tapwater worden door een VR combiketel opgewekt, een hoog temperatuursysteem met radiatoren distribueert de warmte. Er is één badkamer met één douche en één keuken. Ventilatie is natuurlijk, zowel aan als afvoer.

3.10 INFILTRATIE

De infiltratie is te berekenen met behulp van de formule vermeld in NEN 5128 Dit levert een waarde van 463,76 dm³/s. In referentie [14] zijn de gegevens van de infiltratiemetingen aan woningen uit de periode gepubliceerd. Zie figuur.



Figuur 7: qv10 waarden bestaande woningen.

Omdat de woningen in de periode 60-65 duidelijk buiten de trend liggen worden deze buiten beschouwing gelaten, en wordt het gemiddelde van de periode 50-60 genomen. Dit levert een waarde van 421 dm³/s op. Dit verschilt 9% met de waarde die door NEN 5128 wordt bepaald. Deze waarde wordt aangehouden omdat dit praktijkwaarden zijn die waarschijnlijk dichterbij de realiteit liggen dan de formule (voor nieuwbouw) uit de NEN 5128.

3.11 SLOTOPMERKING

Benadrukt dient te worden dat “de referentiewoning” eigenlijk niet bestaat Deze woning is min of meer een gemiddelde van alle rijwoningen uit deze periode. De hierna gepresenteerde gegevens / uitgangspunten dienen dus ook als zodanig te worden beschouwd. Ook onderstreept dit nogmaals dat de in dit werkpakket gepresenteerde concepten niet generiek kunnen zijn maar ‘slechts’ en richting aangeven voor conceptoplossingen die in de praktijk vragen om een projectspecifieke nadere uitwerking.

4 ENERGIEBEREKENINGEN

4.1 METHODES EN RESULTATEN

In de publicatie van werkpakket 1 [6] is het energiegebruik voor de referentiewoning vastgesteld. Dit is in hoofdstuk 3 ook nog terug te lezen. Om het effect van de verschillende (combinaties van) maatregelen te kunnen bepalen zijn er verschillende berekening en simulatieprogramma's. Het invoeren van de referentiewoning in verschillende programma's geeft verschillende resultaten met (zeer) verschillende uitkomsten. Zie paragraaf 4.6. De aannames die in het programma worden gedaan of de berekeningsmethodes zijn hier debet aan. Het is niet de doelstelling van rigoreus om deze programma's uitvoerig te vergelijken of er een oordeel over te geven.

In principe wordt het EP programma [19] gebruikt om het effect van één 0-maatregel (hoofdstuk 5) inzichtelijk te maken. Dit omdat het met eenvoudige middelen een inschatting van het effect kan geven.

Voor de basisbouwstenen (hoofdstuk 6) wordt PHPP [20] gebruikt: een Duits passiefhuis berekeningsprogramma. Dit is een complexer programma waarin meer input gegeven moet worden. Uit ervaringen in Duitsland blijkt dat PHPP in staat is de warmtevraag van energiezuinige woningen goed te berekenen.

4.2 EPW BEREKENING

In de EP-software wordt aan de hand van de invoer een energiegebruik bepaald. Dit resultaat is onderverdeeld in een aantal posten. Niet al het energiegebruik wordt uitgerekend (zoals koken en huishoudelijke elektriciteit) en niet alle posten representeren daadwerkelijk energiegebruik (de post zomercomfort).

De volgende berekening wordt uitgevoerd om toch tot een vergelijk te komen:

Tabel 8: bepaling energiegebruik m.b.v. EP berekening

post	posten EP berekening
ruimte-tapwaterverwarming	$Q_{\text{prim};\text{verw}} + Q_{\text{prim};\text{tapw}}$
koken	60 m ³ gas per jaar of aangepaste waarde uit WP 1
gebouwwgebonden elektriciteit	$Q_{\text{prim};\text{hulp};\text{verw}} + Q_{\text{prim};\text{vent}} - Q_{\text{prim};\text{pv}}$
huishoudelijke elektriciteit	3452 kWh elektriciteit per jaar of aangepaste waarde uit WP 1

De post verlichting uit de EP berekening wordt niet meegenomen omdat de totale gebruiksgebonden component van het elektriciteitsgebruik uit WP 1 [6] verlichting ook mee neemt.

De posten voor zomercomfort, koeling, bevochtiging en primair energiegebruik van gebouwwgebonden warmtekrachtinstallatie zijn niet meegenomen. Omdat deze of niet gebruikt worden of geen direct energiegebruik weergeven (zomercomfort). Om het effect van één maatregel op het totale energiegebruik aan te geven wordt de bovenstaande bewerking uitgevoerd.

Dit levert het volgende resultaat op:

Tabel 9: verschillen met referentiewoning en EP berekening

post	referentiewoning		gegevens EPW		verschil
gasverbruik					
ruimteverwarming/ tapwater	1776 m3/j	66778 MJ/j	Qprim;verw	+ 76120 MJ/j	
			Qprim;tap	+ 27477 MJ/j	
			totaal ruimte/tap	103597 MJ/j	
koken	60 m3/j	2256 MJ/j	koken	2256 MJ/j	
totaal GAS	1836 m3/j	69034 MJ/j	totaal GAS	105853 MJ/j	53%
electriciteitsgebruik					
gebouwgebonden	220 kWh/j	2031 MJ/j	Qprim;hulp;verw	+ 2114 MJ/j	
			Qprim;vent	+ 0 MJ/j	
gebruiksgebonden	3452 kWh/j	31865 MJ/j	gebruiksgebonden elektra	31865 MJ/j	
PV-panelen			Qprim;pv	- 0 MJ/j	
totaal ELEKTRICITEIT	3672 kWh/j	33896 MJ/j	totaal ELEKTRICITEIT	33979 MJ/j	0%
totaal energiegebruik		102930 MJ/j	totaal gas+elektra	139832 MJ/j	36%

4.3 VERSCHILLEN MET GEGEVENS REFERENTIEWONING

Zoals uit bovenstaande tabel blijkt zijn de verschillen tussen de gegevens uit de EP berekening van WP1 [6] (die weer gebaseerd zijn op de gegevens van de SenterNovem referentiewoning [3]) aanzienlijk. De gegevens in referentie [3] zijn het resultaat van een berekening die met EPA (energieprestatie bestaande bouw) is gemaakt. Het grote verschil in berekend energiegebruik geeft een extra reden om de resultaten alleen als richtwaarde en relatief te beschouwen en niet als absolute waarden. De waarden voor koken, en gebruiksgebonden energie worden overgenomen uit WP1 [6] omdat er geen waarden hiervoor in de EPW software aanwezig zijn.

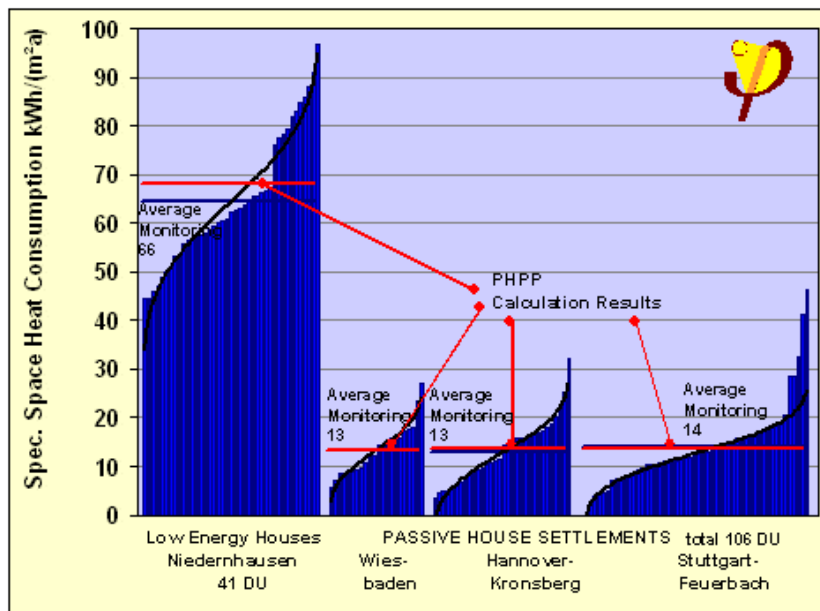
4.4 PHPP BEREKENING

PHPP is een afkorting van 'Passivhaus Projektierungs Paket' en is het rekeninstrument en ontwerp tool bij uitstek voor de berekening en kwaliteitsbewaking van passiefhuizen. Het programma is ontwikkeld door het Passivhausinstitut (PHI) in Duitsland. Het programma werkt op basis van een uitgebreide, gedetailleerde invoer voor gebouwkenmerken, installaties en (desgewenst) huishoudelijke apparatuur.

De site www.passiv.de zegt er het volgende over:

"Het programma bestaat sinds 1998 en is sindsdien verder ontwikkeld. Het hart van het programma bestaat uit Excel werkbladen met warmtevraag/energiebalans berekeningen (jaarlijks of maandelijks methode), warmtedistributie en warmtevoorziening, elektriciteitsgebruik en primair energiegebruik.

*De PHPP energiebalans blijkt nauwkeurige resultaten te geven voor de **ruimteverwarming** van passiefhuizen. Dit geldt in het bijzonder voor de nieuwe technieken voor het berekenen van de warmtevraag, speciaal ontwikkeld voor passiefhuizen. Onderstaand figuur laat de resultaten zien van een vergelijking tussen metingen en PHPP calculaties voor de ruimteverwarming van verschillende passiefhuizen op verschillende locaties. Interessant om te zien is dat in alle gevallen, onafhankelijk van het niveau van de ruimteverwarming een grote spreiding te zien is door verschil in gebruikersgedrag."* [1]



Figuur 8: vergelijking van PHPP berekeningen voor **ruimteverwarming** met gemeten energiegebruik in woningbouwprojecten met laag energiegebruik (vergelijkbaar met circa EPC=1,2) en passiefhuizen. [1]

4.5 VERSCHIL EPW PHPP

Verskil met EPW is dat er een uitgebreidere invoer nodig is en dat het als een ontwerp en controlemiddel is bedoeld. Het heeft echter geen wettelijke status. Het legt de nadruk op de ruimteverwarming omdat dit een belangrijk onderdeel is van de passiefhuis gedachte. Belangrijkste output is dan ook het energiegebruik per m² voor ruimteverwarming.

De EPW programmatuur is een uitwerking van de NEN 5128 [21] en is daardoor verankerd in de Nederlandse wetgeving. Een EPW berekening is een vast onderdeel van een bouwvergunningaanvraag.

4.6 INVOER EN RESULTATEN PHPP BEREKENINGEN VOOR DE REFERENTIEWONING

Omdat PHPP een veel uitgebreidere invoer behoeft dan de EPA berekening die SenterNovem heeft uitgevoerd, dienen een aantal eigenschappen (zo realistisch mogelijk) te worden aangenomen. In de onderstaande tabel zijn de belangrijkste invoerwaarden gegeven die niet al zijn besproken bij de referentiewoning.

Tabel 10: aanvullende input gebruikt in PHPP berekeningen

Belangrijkste aanvullend input PHPP	waarde
interne warmtelast	4,6 W/m ²
warmwater distributie	geen circulatieleiding
temperatuur warm water	60 °C
watertemperatuur ruimteverwarming	55 °C
zonnepanelen	0 m ²
calculatiemethode	jaarlijks

ventilatie	natuurlijke aan en afvoer
zomerventilatie	handmatig

Het gasgebruik voor de referentiewoning voor koken is overgenomen van de SenterNovem voorbeeldwoning en als gegeven (60m³) in PHPP ingevoerd. Het gasgebruik voor ruimteverwarming en warm tapwater volgt uit de PHPP berekeningen.

4.7 SPREIDING DOOR AANNAMES

Vanwege de spreiding in mogelijke aanname van enkele belangrijke invoerwaarden (gemiddelde binnentemperatuur in het stookseizoen, infiltratie en ventilatievoud, gebruik van een HR of VR ketel) is ervoor gekozen om het energiegebruik van de referentiewoning weer te geven als een range tussen een laag en hoog energiegebruik.

Voor de hoogte van de warm tapwatervraag is met name het gebruik van een HR of VR ketel bepalend. Voor de ruimteverwarming is het verschil tussen de 'laag' en 'hoog' variant te verklaren door de volgende inputvariabelen:

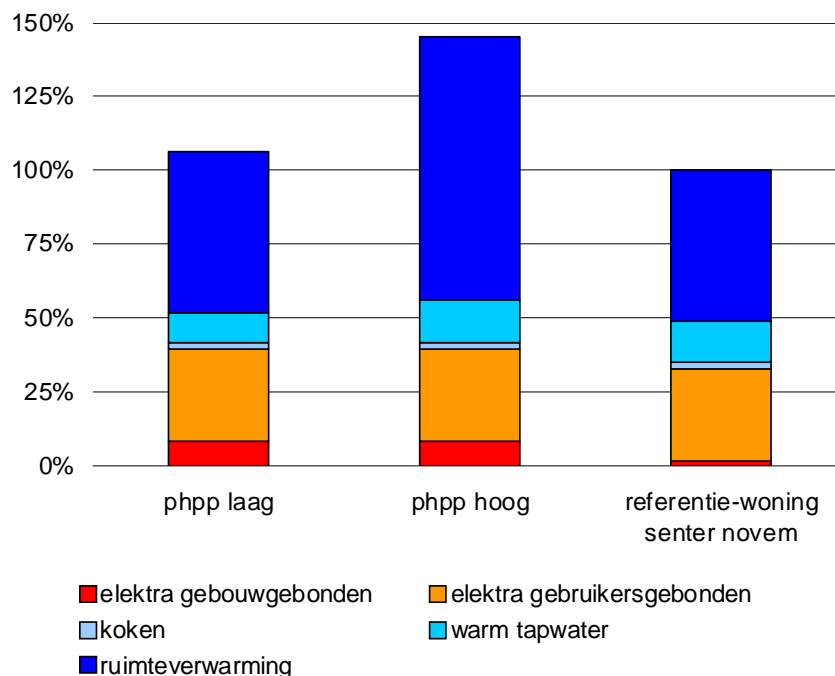
Tabel 11: variabelen in PHPP om berekening met meetwaardes te matchen

	Referentie- woning (laag)	Referentie- woning (hoog)	Voorbeeldwoning SenterNovem (EPA)
Binnentemperatuur stookseizoen [°C]	16.5	18	18 (standaard berekening) 16,5 (indien gasgebruik onbekend) 14 (teruggerekend naar gasgebruik)
Infiltratie + ventilatie [verversingsgraad/h]	0,5/h	1,4/h	1,3/h ¹
Ketel	HR-ketel	VR-ketel	VR-ketel

Het elektriciteitsgebruik kan in PHPP gedetailleerd worden ingevoerd. De invoer voor huishoudelijke apparaten en het gebouwgebonden elektriciteitsgebruik is bij deze berekeningen zodanig gekozen dat het resulterende elektriciteitsgebruik overeenkomt met de BEK gegevens (3672 kWh).

Het resultaat van de PHPP berekeningen voor de referentiewoning (laag en hoog energiegebruik variant) in vergelijking met de SenterNovem voorbeeldwoning is weergegeven in de volgende figuur:

¹ berekende lucht volumestroom aan de hand van gemeten Qv10 waarde volgens ISSO publicatie 51:
 $Q_{v,i} = 0,47 \cdot 95,5 + 0,13 \cdot 340 = 89 \text{ l/s}$ Dit komt overeen met $(89 \cdot 3600 / 1000) / 229 = 1,4 \text{ h}$



Figuur 9: verschil inputvariabelen op berekend energiegebruik en referentie

Tabel 12: verschil inputvariabelen op berekend energiegebruik en referentie

parameters			phpp laag	phpp hoog	referentie-woning senter novem
resultaten primaire energie					
gas	koken	MJ	2256	2256	2256
	ruimteverwarming	MJ	56039	91943	52678
	warm tapwater	MJ	10566	15100	14100
elektra	gebruikersgebonden	MJ	31865	31865	31865
	gebouwgebonden	MJ	8668	8668	2031
TOTAAL	MJ primaire energie	MJ	109394	149832	102930
resultaten primaire energie					
gas	koken	%	2%	2%	2%
	ruimteverwarming	%	54%	89%	51%
	warm tapwater	%	10%	15%	14%
elektra	gebruikersgebonden	%	31%	31%	31%
	gebouwgebonden	%	8%	8%	2%
TOTAAL	MJ Primaire energie	%	106%	146%	100%
	totale besparing				0%

Het totaal energiegebruik voor de 'hoog' variant is circa 40% hoger dan de 'laag' variant. Dit geeft aan dat de keuze van enkele minder 'harde' variabelen een zeer grote invloed kan hebben op het totaal berekende energiegebruik. Het verschil in ruimteverwarmingsvraag tussen de laag en hoog variant is groot (1489 versus 2443m³). De totale energievraag van de laag variant en de verdeling over de posten komt redelijk goed overeen met de SenterNovem voorbeeldwoning. Voor een verdere vergelijking van de te bereiken energiebesparing bij de verdere PHPP berekeningen kan het, gezien de marge tussen laag en hoog en de vergelijkbare energievraag van de 'laag' variant en de SenterNovem voorbeeldwoning, verantwoord worden om de SenterNovem Voorbeeldwoning als verdere referentie te nemen. Omdat de SenterNovem voorbeeldwoning vergelijkbaar is met de 'laag' variant zal de door PHPP berekende energiebesparing bij de basisbouwstenen conservatief zijn ingeschat.

De berekeningen worden dus uitgevoerd met de 'laag' variant als uitgangspunt en de resultaten worden vergeleken met de door SenterNovem aangegeven waarden.

4.8 CONCLUSIES

De variabelen voor het samenstellen van een model zijn niet precies genoeg vast te stellen om een betrouwbaar model te genereren. Infiltratie, gemiddelde binnentemperatuur, werkelijke ventilatiedebieten, ketelrendement zijn enkele van de aannames. Veranderingen in deze aannames kunnen grote verschillen in de resultaten geven grote verschillen (tot 40% binnen hetzelfde programma)

Daarnaast geldt dat verschillende programma's zeer verschillende absolute waarden geven (ook tot 40% verschil). Om deze redenen dient voorzichtig met de resultaten worden omgegaan en geven deze alleen een indicatie.

Om deze indicaties te geven is per maatregel gepoogd in de EPW programmatuur het effect te geven en voor de basisbouwstenen is het uitgebreidere PHPP gebruikt.

In hoofdstuk 6 wordt middels het EPW programma een indicatie gegeven van de te behalen energiebesparing per maatregel. Als referentie wordt uitgegaan van:

- Verwarming/tapwater: 103597 MJ/jr
- Koken: 2256 MJ/jr
- Gebouwgeb. E-gebruik: 2114 MJ/jr
- Gebruikersgeb. E-gebruik: 31865 MJ/jr
- **Totaal** **139832 MJ/jr**

Om het effect van de bouwstenen op het energiegebruik te beoordelen, wordt de PHPP rekenmethode ingezet.





DEEL ÉÉN,0-MAATREGELLEN

5 0-MAATREGELEN EN BEOORDELINGSCRITERIA

De (te ontwikkelen) concepten in het kader van Rigoureux zullen allen opgebouwd zijn uit een basis van min of meer overeenkomstige maatregelen. Deze 0-maatregelen, die in dit hoofdstuk zullen worden gepresenteerd, zijn te beschouwen als de hoofdingrediënten van de Rigoureux concepten die in ieder concept in meer of mindere mate zullen voorkomen.

In dit hoofdstuk wordt echter nog primair naar de individuele maatregelen gekeken; m.a.w. hoe scoort een individuele maatregelen t.a.v. de 11 beoordelingscriteria en welke uitvoeringsvorm lijkt daarbij het meest realistisch voor renovatie van het gekozen segment rijwoningen.

NB. De lijst met beoordelingscriteria is in gezamenlijk overleg met projectpartners ECN, DHV, TUDelft en TNO vastgesteld als zijnde de belangrijkste. Het is nadrukkelijk niet de bedoeling geweest om een volledige lijst met criteria op te stellen.

Ook de in deze rapportage gepresenteerde 0-maatregelen zullen zeker niet compleet zijn. Voor een overzicht van maatregelen die in het kader van dit project interessant zijn wordt verwezen naar de rapportage van werkpakket 1, "Verkenning nationale en internationale ontwikkelingen", van mei 2008.

5.1 BEOORDELINGSCRITERIA

In dit rapport zijn een de voornaamste 0-maatregelen vergeleken aan de hand van 11 beoordelingscriteria. Deze beoordelingscriteria zijn de volgende:

- Energiebesparing: Het doel van het project rigoureux is een energiebesparing van 75% t.o.v. de huidige situatie.
- Investeringskosten: De mate waarin de kosten opwegen tegen de opbrengsten, en de absolute grootte van de investering zijn criteria voor de kans van slagen van een maatregel.
- Comfort: Gaat het woongenot van de bewoner vooruit of achteruit door deze maatregel?
- Gezondheid: Heeft de maatregel (potentieel) invloed op de gezondheid van de bewoner?
- Onderhoud: Vergt de maatregel onderhoud? In welke frequentie? In wat voor mate? Hoe zijn de prestaties op lange termijn?
- Bouwvriendelijkheid: Is de oplossing inpasbaar in de bestaande bouw? Hoe ingrijpend is de aanpassing?
- Renovatiesnelheid: Wat is de termijn waarin een maatregel daadwerkelijk uitgevoerd kan worden, met name rekening houdend met bouwsnelheden, en bouwvolgorde maar evt. ook met het vergunningstraject.
- Ruimtebeslag: Neemt de maatregel veel of weinig ruimte in beslag?
- Verkoop/verhuurbaarheid: Heeft de maatregel invloed op de marktwaarde en/of doorloopsnelheid van de woning op de huur of koopmarkt? Hoe hoog is de algemene acceptatie van de maatregel?
- Gebruiksvriendelijkheid: Is de maatregel eenvoudig te gebruiken door de gebruiker?
- Gebruikersafhankelijkheid: Hoe groot is de invloed van de gebruiker op de effectiviteit van de maatregel? Is een ander gedrag van de bewoner noodzakelijk?

Bovenstaande criteria zijn gebruikt om de verschillende basis maatregelen te beoordelen. Later zullen deze criteria ook worden gebruikt om combinaties van maatregelen (bouwstenen) en/of de uiteindelijke Rigoureux concepten te beoordelen.

5.2 0-MAATREGELEN

De 0-maatregelen zijn onderverdeeld in twee hoofdgroepen, *Vraagbeperking* en *Duurzaam opwekken*. Voor een uitgebreidere beschrijving van de maatregelen wordt verwezen naar de rapportage van werkpakket 1 “Verkenning nationale en internationale ontwikkelingen” van mei 2008; waarin tevens verschillende varianten van de 0-maatregelen beschreven worden.

5.2.1 *Vraagbeperking*

Transmissie (dichte delen); Beperken van energieverliezen door de dichte delen van de gebouwschil. Dit aspect is opgesplitst in gevel, dak en vloer, omdat deze drie onderdelen van de gebouwschil verschillende benaderingen (kunnen) vragen. Deze 0-maatregelen zijn gebouwgebonden c.q. hebben met name invloed op de gebouwgebonden energievraag.

Transmissie (doorzichtige delen); Beperken van energieverliezen door de doorzichtige delen van de gebouwschil en de daarbij horende omkadering. (glas en kozijnen). Deze maatregelen hebben eveneens effect op de gebouwgebonden energievraag.

Elektriciteitsgebruik; Beperken van het gebruik van elektriciteit. Dit is gedeeltelijk gebouwgebonden (installaties) maar vooral gebruikgebonden (apparatuur)

Tapwater; Beperken van het gebruik van warm tapwater. Dit aspect is in hoofdzaak gebruikgebonden.

Infiltratie; Reductie van niet geplande luchtstromen door de gebouwschil. Deze maatregelen zijn in sterke mate gebouwgebonden

Ventilatie; Vermindering van de energieverliezen die gepaard gaan met ventilatie.

5.2.2 *Duurzaam opwekken*

Zonneboilers; Installatie om zonne-energie om te zetten in warm water voor tapwater en ruimteverwarming.

PV cellen; Foto-voltaische cellen om zonne-energie om te zetten in elektriciteit.

Warmte/koelte; Methode om warmte/koelte op te slaan in de grond, water of gebouw. Dit biedt de mogelijkheid tot afstemmen van vraag en aanbod. Strikt genomen is dit in de meeste gevallen geen opwekking van energie.

5.3 MATRIX

Door de 0-maatregelen in een matrix af te zetten tegen de beoordelingscriteria ontstaat een hulpmiddel waarmee het beoordelen van de maatregelen inzichtelijk kan worden gemaakt.

In de bijlage 1 is de matrix per maatregel opgenomen waarbij de maatregel is uitgesplitst naar mogelijke varianten.

Tabel 13: beoordeling 0-maatregel "transmissie open delen"

	opdek / voorzet		vervangen	
	binnen	buiten	glas	gehele kozijn
algemeen				
type glas	enkel	enkel	3-voudig	3-voudig
dikte glaspakket [mm]			4/16/4/16/4	4/16/4/16/4
U-waarde [W/m²K]			0.6 - 0.8	0.6 - 0.8
energiebesparing				
absoluut [kWh]		-1878		-5620
aandeel Rigoureux-doel [%]		12,5		37,4
investeringskosten				
absoluut [€]		1530		10144
per % van het rigoureux doel [€]		122		271
comfort				
beperken koudeval	+	+	+/-	++
vermijden koudebruggen	+/-	+/-	+/-	+
condensvrij	-	+	+	+
gezondheid				
...	-	+	+/-	+
onderhoud				
kozijn op nieuwbouwniveau	-	+	-	++
bouwvriendelijkheid				
prefabricage mogelijkheden	+	+	-	+
integratie installaties				
- energie opwekking	+	+	-	++
- isolerende luiken (sturing op aanwezigheid en dagcyclus)	-	+	-	++
- vraaggestuurde roosters				
past in bestaand kozijn	nvt	nvt	-	nvt
combinatie met hele nieuwe gevel	nvt	nvt	nvt	+
constructieve sterkte	+	-	-	+
renovatiesnelheid				
	++	+	+	+/-
ruimtebeslag				
interne ruimtebeslag	-	+/-	+/-	+/-
externe ruimtebeslag	+/-	-	+/-	+/-
verkoop- / verhuurbaarheid				
aanpak mogelijk op woningniveau	+	+	+	+
aanpak alleen op blokniveau				
overlast bewoners	-	+	0	--
gebruiksvriendelijkheid				
schoonmaakbaarheid	+	-	+	+
te openen delen	-	-	+	+
gebruikersafhankelijkheid				
mogelijkheid beïnvloeding bewoner	+	+	+	+
ander gedrag bewoner vereist	+	+	+	+
regelgeving				
welstand	+	-	+	--
milieubelasting (LCA)	+/-	+/-	-	--
conclusie:	geen reële optie	optie 1	geen reële optie	optie 2

In de tabel is ter illustratie weergegeven hoe de 0-maatregel “transmissie open delen” is uitgewerkt en beoordeeld.

Bij het aanpakken van de open delen is gekeken naar de mogelijkheden van opdekbeglazing aan binnen en buitenzijde, het vervangen van het glas en het vervangen van het kozijn en beglazing. Per kruispunt in de matrix is de prestatie van de maatregelen beoordeeld, aangeduid met ++, +, +/-, - of --. In hoofdstuk 6 wordt de uitwerking van de verschillende 0-maatregelen besproken. Niet alle beoordelingen zijn altijd ingevuld.

Bij de criteria kosten en energiebesparing is de prestatie van de maatregel indien mogelijk gekwantificeerd. Dit biedt een basis voor vergelijking. Belangrijk is dat het gaat om de kosten en energiebesparing van alleen de betreffende maatregel. In combinatie met andere maatregelen kunnen deze prestaties gunstiger of juist ongunstiger uitpakken. Dit wordt in het rapport concepten besproken.

5.4 BASISBOUWSTENEN

Vraagbeperking zal in welke vorm dan ook een belangrijke peiler zijn voor het behalen van de rigoureux doelstelling. Dit gebeurt met name door het beter isoleren van de schil. Vanuit energetisch oogpunt is zeer vergaande vraagbeperking gewenst. Vanuit andere oogpunten (bijvoorbeeld bouwtechnisch, bewonersvriendelijkheid, terugverdientijd) is dit niet altijd het geval. Daarom worden in hoofdstuk 9 tot en met 11 van dit rapport drie **basisbouwstenen** gepresenteerd. Deze drie bouwstenen proberen de bandbreedte van mogelijkheden om de vraag te beperken te bestrijken. Deze basisbouwstenen vormen de fundamenten van de totaalconcepten die in de rapportage “concepten voor 75% energiebesparing” [22] worden gepresenteerd.

6 UITWERKING 0-MAATREGELEN

6.1 INLEIDING

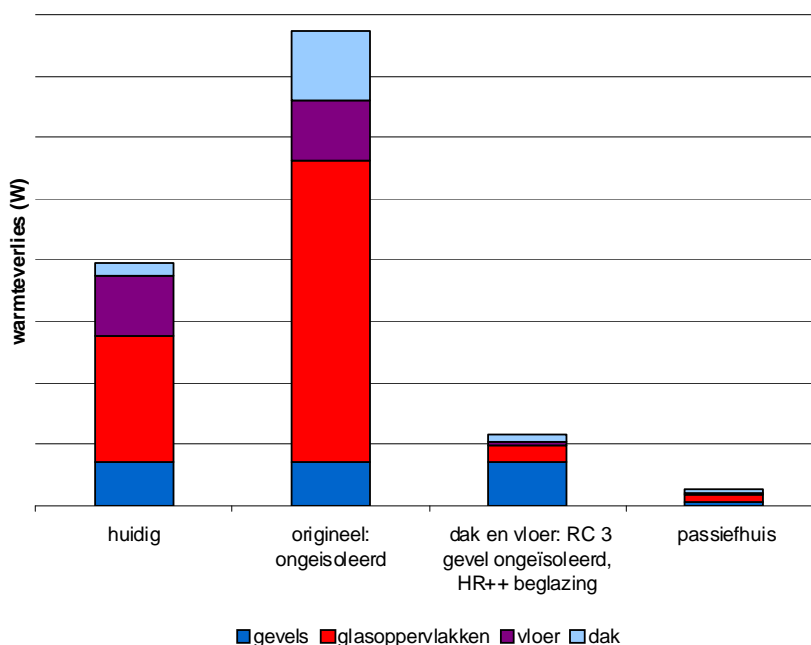
Per type maatregel (transmissie dichte delen, transmissie doorzichtige delen etc.) zijn de belangrijkste opties bekeken en beschreven. De opties zijn gegenereerd vanuit een bouwkundig en uitvoeringstechnisch perspectief. De resultaten hiervan zijn, in matrixvorm, terug te vinden in bijlage 1. Op basis van de beoordeling is een uitspraak gedaan over hoe realistisch de verschillende maatregelen c.q. uitvoeringsvormen zijn. De conclusies hiervan zijn in dit document te lezen.

Gedeeltelijk zijn t.b.v. de beoordeling verschillende criteria gekwantificeerd. Dit zijn globale indicaties aangezien de verschillen tussen de woningen binnen de scope van het project groot zijn. Het geeft echter wel richting en is daarmee ondersteunend in de beoordeling.

In de bijgaande afbeeldingen is, zo mogelijk, de maatregel gevisualiseerd. De rode delen zijn nieuw, het bestaande is zwart. In paragraaf 6.14 is een overzicht van de meest realistische maatregelen gegeven.

6.2 TRANSMISSIE

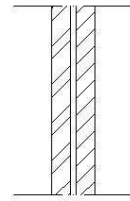
Een aanzienlijk deel van het totale energiegebruik van een woning wordt gebruikt voor ruimteverwarming. Deze energie gaat grotendeels verloren via de gebouwschil. Door het beter isoleren van deze schil kan de energievraag dus sterk worden gereduceerd. Er is een scheiding gemaakt tussen de open delen en de gesloten delen van de schil, vanwege de grote bouwkundige verschillen hiertussen. De gesloten delen zijn weer onderverdeeld in dak, gevel en vloer. Een indicatie van de verdeling van transmissieverliezen is hieronder voor de referentiewoning in verschillende vormen van isolatie gegeven.



Figuur 10: indicatie transmissieverliezen naar bouwdeel

6.3 TRANSMISSIE, DICHTE DELEN (GEVEL) .

Door de dichte delen van de gevel aan te passen zal een aanzienlijke reductie van het totale energiegebruik voor ruimteverwarming worden bewerkstelligd. Dit is een relatief kostenefficiënte aanpassing, welke ingrijpend is en bij voorkeur op grotere schaal moet worden uitgevoerd. Algemeen is ook te stellen dat de bewoner het effect van de maatregel niet negatief kan beïnvloeden en dat de gebruikersvriendelijkheid (in gebruik) hoog is. Het behalen van het rigourees doel zonder het isoleren van de dichte delen zal niet haalbaar zijn.



bestaande
situatie

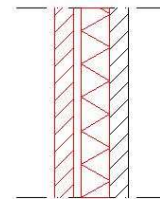
6.3.1 *Buitenblad slopen, binnenblad behouden.*

Het buitenblad van de gevel wordt gesloopt, het binnenblad blijft behouden. Tegen het binnenblad wordt isolatie aangebracht, waarna een buitenblad wordt geplaatst. Op deze wijze kan een 'conventionele' wandopbouw worden gerealiseerd.

Deze optie is niet altijd mogelijk omdat binnen en buitenblad constructief dusdanig van elkaar afhankelijk kunnen zijn dat het buitenblad niet te verwijderen is zonder ook het binnenblad te slopen.

Nadelen zijn het externe ruimtebeslag en dat het een ingrijpende aanpassing is, met overlast, sloopafval en milieubelasting tot gevolg. Het is ook niet mogelijk om complexe systemen (bijv. LT verwarming) in het binnenblad op te nemen.

Voordelen zijn dat koudebruggen eenvoudig zijn op te lossen en er een gevel op nieuwbouwniveau (o.m. qua onderhoud en uitstraling) ontstaat. Ook kunnen PV of zonneboilers geïntegreerd worden.

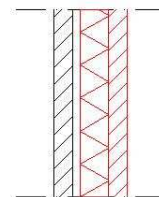


binnenblad
behouden

6.3.2 *Binnenblad slopen, buitenblad behouden*

Het binnenblad wordt gesloopt, het buitenblad blijft behouden. Tegen het buitenblad wordt, al dan niet met een spouw, een isolatielaag en een binnenblad geplaatst.

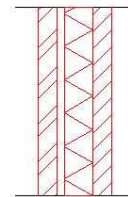
Lijkt geen reële optie omdat het constructief ingewikkeld is, er een groot intern ruimtebeslag ontstaat. Bovendien zijn koudebruggen niet eenvoudig op te lossen.



buitenblad
behouden

6.3.3 *Gehele gevel vervangen*

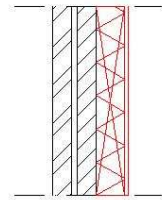
Zowel binnen als buitenblad wordt gesloopt om plaats te maken voor een gehele nieuwe gevelconstructie. Dit kan dan een prefab product zijn of een ter plaatse (traditioneel) gebouwde gevel. De investeringen hiervan zijn het grootst, evenals de mogelijkheden om andere elementen als kozijnen en leidingwerk te integreren. Is een reële optie, afhankelijk van de situatie van de bestaande woning. De toepassing van hoogwaardige isolatiematerialen behoort hier tot de mogelijkheden waarmee het ruimtegebruik kan worden geminimaliseerd. Bij kopgevels zal dit meestal niet mogelijk zijn vanwege de constructieve functie van het binnenblad.



nieuwe
gevel

6.3.4 *Bestaande wandopbouw, isolatie aan binnenzijde.*

De wandopbouw blijft gehandhaafd, er wordt een isolatielaag aan de binnenkant tegen de wand geplaatst, welke wordt afgewerkt met bijvoorbeeld een gipskartonplaat. In de huidige bouwpraktijk wordt dit wel toegepast maar voor grootschalige toepassing lijkt dit geen reële optie. Dit omdat er intern een groot beslag wordt gelegd op de woonruimte en omdat koudebruggen niet eenvoudig zijn op te lossen.

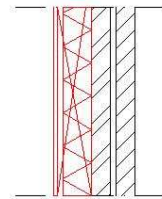


isolatie aan
binnenzijde

6.3.5 *Bestaande wandopbouw, isolatie aan buitenzijde.*

De wandopbouw blijft gehandhaafd, er wordt een isolatielaag aan de buitenkant tegen de wand geplaatst. Deze wordt afgewerkt d.m.v. metselwerk, beplating, stucwerk o.i.d. tot buitengevel. Nadelen zijn het externe ruimtebeslag. Omdat het binnenblad behouden blijft is het prefab opnemen van bijvoorbeeld wandverwarming niet mogelijk.

Voordelen zijn dat koudebruggen eenvoudig zijn op te lossen en er een nieuwbouw gevelsituatie (qua onderhoud en uitstraling) ontstaat. Ook kunnen PV of zonneboilers in de gevel geïntegreerd worden.

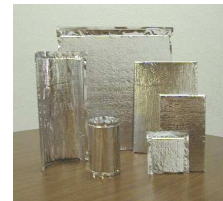


isolatie aan
buitenzijde

6.3.6 *Hoogwaardige isolatie.*

In de (nabije) toekomst zijn materialen te verwachten die een hoogwaardige isolatie weten te combineren met een geringe dikte. ($R_c > 5,0 \text{ w/m}^2\text{K}$ bij een dikte van bijvoorbeeld 80mm). Te denken valt aan vacuümisolatie. De hoogwaardige folies die momenteel in opkomst zijn geven een beperkte isolatiewaarde volgens rapport [15].

De toepassing van deze isolatie zal, naar het zich nu laat aanzien, geen nieuwe strategieën mogelijk maken, omdat het niet mogelijk zal zijn deze in een spouw van een bestaande gevel te plaatsen. Wel maakt dit het probleem van, intern of extern, ruimtebeslag kleiner.



6.3.7 *Na-isolatie van spouw*

Sinds de jaren '70 wordt het volblazen of spuiten van luchtspouwen uitgevoerd. Dit kan gebeuren met minerale wolvlokken, PS-parels of PUR schuim. Mits goed aangebracht bieden de drie methodes vergelijkbare resultaten. Bij een spouw van rond de 50 mm, en een conventioneel bakstenen binnen en buitenblad komt de constructie op een waarde van rond de $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Deze waarde is niet substantieel te verhogen vanwege de warmtegeleiding van lucht.

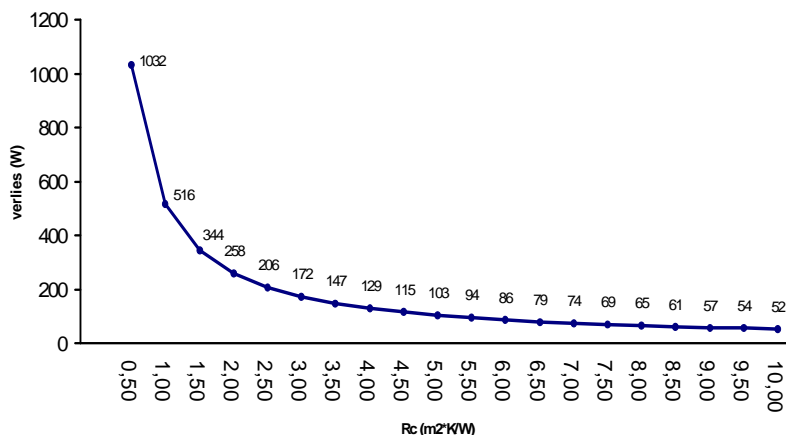
Voordelen zijn de kosten en de eenvoud van de ingreep waardoor de renovatiesnelheid hoog en de overlast laag is. De applicatie van de vulling dient goed te gebeuren, wat lastig te controleren is. Dit samen met de lage te behalen besparing vormen de voornaamste nadelen.



6.3.8 Toekomstperspectief

Zoals in voorgaande paragraaf is beschreven zal de toepassing van hoogwaardige isolatie niet tot een andere werkwijze leiden. Optimalisatie is altijd mogelijk en wenselijk. Er zijn geen (bekende) ontwikkelingen die tot een (compleet) andere werkwijze zullen leiden. 'Space technology' zoals Aerogels kunnen in de toekomst betere isolatiewaarden in geringere diktes realiseren.

De vraag is of extreem hoge isolatiewaarden (> RC 5,0 m²*K/W) nog tot substantiële reductie van de energievraag zullen leiden. Onderstaande grafiek laat zien dat iedere toegevoegde centimeter isolatie minder effect heeft dan de vorige. Andere effecten (koudebruggen, naden tussen isolatieplaten) worden dan ook steeds belangrijker.



Figuur 11: warmtetransport door isolatiepakket. Naarmate het pakket dikker wordt zal de extra warmteweerstand van de extra dikte minder zijn.

Een ander effect is de tendens waarin in nieuwbouwsituaties zomercomfort (koeling) een steeds belangrijker aspect wordt voor zowel de comfortbeleving als de energiebalans.

De conclusie is dan ook dat er een zeer beperkte ontwikkelingsruimte is met betrekking tot het reduceren van de transmissieverliezen. In het geval van het vervangen van de gehele gevel zijn er meer mogelijkheden in de zin van (pre)fabricage en het daarin toepassen van nieuwe materialen. Dit kan wel tot voordelen (bouwsnelheid, uitvoeringseenvoud, etc. leiden)

6.3.9 Energetisch effect.

In de sheets zijn energetisch twee mogelijkheden geopperd: isoleren met RC van 5,0 of 8,0 m²*K/W. Op welke wijze deze wordt gehaald maakt voor de berekeningen niet uit. In de onderstaande tabel zijn de resultaten van de EPW berekening zichtbaar:

Tabel 14: effect isoleren gevel op totale energiegebruik

transmissie dichte delen GEVEL

EPW berekening

post	gegevens referentiewoning		RC = 5,0 verschil		RC=8,0 verschil	
gasverbruik						
ruimteverwarming/ tapwater	Qprim;verw	MJ/j + 76120	58384	-23%	57670	-24%
	Qprim;tap	MJ/j + 27477	27477	0%	27477	0%
	totaal ruimte/tap	MJ/j 103597	85861	-17%	85147	-18%
koken	koken	MJ/j 2256	2256	0%	2256	0%
	totaal GAS	MJ/j 105853	88117	-17%	87403	-17%
electriciteitsgebruik						
gebouwgebonden	Qprim;hulp;verw	MJ/j + 2114	2114	0%	2114	0%
	Qprim;vent	MJ/j + 0	0		0	
gebruiksgebonden	gebruiksgebonden elektra	MJ/j + 31865	31865	0%	31865	0%
	Qprim;pv	MJ/j - 0	0		0	
	totaal ELEKTRICITEIT	MJ/j 33979	33979	0%	33979	0%
	totaal energiegebruik	MJ/j 139832	122096	-13%	121382	-13%
	totaal energiegebruik	kWh 38842	33916	-4927	33717	-5125

Daarbij moet wel aangemerkt worden dat de EPW software een toeslag van 0,1 W/m²K aan de U waardes is toegevoegd om koudebruggen te corrigeren. Dit heeft een grotere invloed naarmate de U waarde lager (of RC waarde hoger) is. Het effect van een RC van 8,0 K*m²/W zal dus in realiteit hoger kunnen zijn, mits de koudebruggen op eenzelfde, drastische, wijze worden aangepakt.

Uit de berekening blijkt dat het effect van de hoge isolatiewaarde zeer beperkt is. Isoleren in zijn algemeenheid (ook met dunnere isolatiepakketten) is zeer effectief. De kosten van de maatregel in absolute zin zijn hoog maar uitgezet tegen de besparing valt dat weer mee. De kosten worden met name bepaald door uitvoeringsvorm, niet door mate van isolatie. Het isoleren van de spouw is het voordeligst, het vervangen van de gehele gevel het meest kostbaar.

6.3.10 Conclusie en reflectie.

Het isoleren van de gesloten geveldelen is een ingrijpende maatregel. De meest reële opties voor toepassing op grote schaal zijn:

- slopen van alleen buitenblad (paragraaf 6.3.1);
- het vervangen van de hele gevel (paragraaf 6.3.3);
- plaatsen van isolatie aan de buitenzijde van de bestaande constructie (paragraaf 6.3.5).
- na isoleren van de spouw (paragraaf 6.3.7)

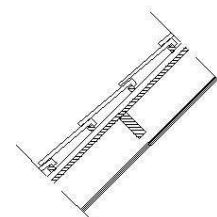
Isoleren van de gesloten geveldelen gaat behalve bij na-isolatie, altijd gepaard met veel bouwkundig werk en overlast voor bewoners. Extern ruimtebeslag is bijna onvermijdelijk wat (in beperkte mate) tot problemen met kan leiden met lokale overheden en/of bouwregelgeving. Het comfortniveau van de woning kan aanzienlijk worden verhoogd. De uitstraling van de woning wordt bijna onvermijdelijk veranderd; dit kan, afhankelijk van de woning, positief of negatief zijn. Integratie met andere maatregelen en prefabricage van elementen kan een kans bieden voor verdere optimalisatie. De aansluiting met de fundering zal kritisch moeten worden bekeken in verband met beschikbare ruimte en draagcapaciteit.

6.4 TRANSMISSIE DICHTE DELEN (DAK)

Het dak biedt een belangrijke kans om de transmissieverliezen te reduceren. Het is ook een methode van na-isolatie die al betrekkelijk veel wordt c.q. is toegepast omdat de transmissieverliezen via het dak in de bestaande bouw groot zijn. Bovendien zijn veel bergzolders in de loop van de tijd omgebouwd tot verblijfsruimtes waardoor de comfortbehoefte op zolder werd verhoogt.

De referentiewoning is al nageïsoleerd. Omdat dit niet bij alle woningen zo zal zijn en niet duidelijk is hoe deze isolatie is aangebracht is hier uitgegaan van de mogelijkheden die een ongeïsoleerd dak geven.

De hier voorgestelde mogelijkheden zijn ingrijpend, bieden een verhoogd comfort voor de gebruiker, en hebben een geringe gebruikersinvloed (m.a.w. de gebruiker kan het positieve effect nauwelijks nadelig beïnvloeden).

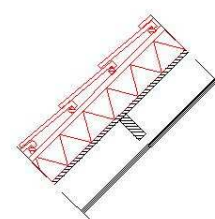


bestaande
situatie

6.4.1 Bestaande onderconstructie behouden, isoleren aan buitenzijde.

De pannen, panlatten en tengels worden verwijderd, op het dakbeschot wordt een isolerende laag geplaatst, waarop weer tengels, panlatten en pannen worden geplaatst.

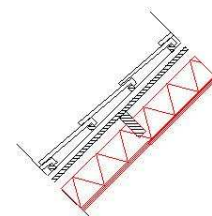
Nadelen zijn de grote hoeveelheid arbeid van verwijderen en het weer terugleggen van de pannen. Ook moeten er, vanwege het verhoogde dakpakket, aanpassingen worden gedaan aan goten e.d. Wel zijn er kansen voor prefab dakoplossingen waarbij deze oplossing m.b.t. bouwvriendelijkheid beter scoort. De maatregel is moeizaam uit te voeren op woningniveau, omdat er een extern ruimtegebruik ontstaat. Voordelen zijn dat de overlast voor de bewoner beperkt blijft en dat er geen intern ruimtebeslag ontstaat. Het onderhoudsniveau van het dak wordt verhoogd. Ook zijn er mogelijkheden voor het opnemen van (PV/zonneboiler) installaties in het vernieuwde dakoppervlak.



isoleren
buitenzijde

6.4.2 Bestaand dak behouden, isolatie aan binnenzijde.

Door de bestaande constructie dakbeschot, panlatten en pannen te behouden blijft de waterkerende schil intact. Onder het dakbeschot wordt een laag isolatie aangebracht, tussen de gordingen of sporen. In dit geval ontstaat er een intern ruimtebeslag, zeker indien de dakconstructie nog niet was afgetimmerd. Bijkomend nadeel is dat het onderhoudsniveau van de pannen niet wordt verbeterd en dat de overlast in de woning voor de bewoners aanzienlijk is. Wel zijn er mogelijkheden tot het inpassen van installatiedelen als leidingen. Bij hoge isolatiewaarden van het pakket zal de warmtedoorgang van de (houten) constructie een rol van betekenis gaan spelen evenals de koudebruggen bij de aansluitingen met de overige gebouwdelen.

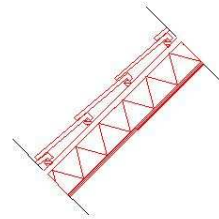


isoleren
binnenzijde

6.4.3 *Geheel nieuwe kap*

Het gehele dak, al dan niet inclusief constructie, wordt verwijderd, een nieuwe kap wordt geplaatst. Nadelig aan deze maatregel zijn onder andere de grote investering en overlast die hiermee gepaard gaan. Daarnaast geeft het veel sloopafval en dient er veel nieuw materiaal te worden ingebracht.

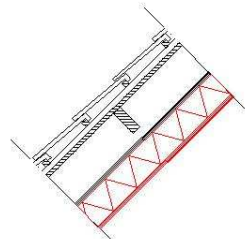
Voordelig zijn de mogelijkheid tot prefabricage en het opnemen van allerlei installatiecomponenten. Daarnaast is het hele gebouwdeel weer op nieuwbouwniveau, met lage onderhoudsinspanningen tot gevolg. Ook sluit deze ingreep aan bij het aanpakken van de gevel.



geheel
nieuwe kap

6.4.4 *Gehele dak behouden, isoleren aan onderzijde*

Om het gehele dak, inclusief aftimmering te behouden lijkt, vanwege het grote interne ruimtebeslag, geen reële optie. Koudebuiggen ter plaatse van de woningscheidende wand worden niet opgelost. Bovendien heeft deze variant geen expliciete voordelen t.o.v. van de eerder besproken varianten.



isoleren binnen
aftimmering

6.4.5 *Toekomstperspectief*

De conclusie voor het beperken van de transmissieverliezen via het dak is gelijk aan die voor de gevel met enkele op en aanmerkingen. Omdat de prefabricage van dakelementen al zeer bekend en doorontwikkeld is lijkt daarin ook niet al te veel doorontwikkeling te verwachten. Nieuwe technieken en producten zullen waarschijnlijk eerder geaccepteerd worden in het dak dan in de gevel.

6.4.6 *Energetisch effect*

Net als bij de gevel is er energetisch naar twee varianten gekeken; R_c 5,0 en R_c 8,0 $m^2 \cdot K/W$. Daarnaast is het dak in de senternovem publicatie al nageïsoleerd, het effect is beperkt, wat te zien is in de onderstaande tabel. De kosten van de oplossing uitgezet naar de energiebesparing liggen daardoor hoger dan bij het isoleren van de gevel. De resultaten voor een niet geïsoleerd dak (in de uitgangssituatie) zouden echter beduidend gunstiger uitkomen, waarom dit bij woningen waar het dak niet geïsoleerd is tot een relevantie optie gerekend moet worden.

Tabel 15: effect isoleren dak op totale energiegebruik

transmissie dichte delen DAK

EPW berekening

post	gegevens referentiewoning		RC = 5,0 verschil		RC=8,0 verschil	
gasverbruik						
ruimteverwarming/ tapwater	Qprim;verw	MJ/j + 76120	70979	-7%	69710	-8%
	Qprim;tap	MJ/j + 27477	27477	0%	27477	0%
	totaal ruimte/tap	MJ/j 103597	98456	-5%	97187	-6%
koken	koken	MJ/j 2256	2256	0%	2256	0%
	totaal GAS	MJ/j 105853	100712	-5%	99443	-6%
electriciteitsgebruik						
gebouwgebonden	Qprim;hulp;verw	MJ/j + 2114	2114	0%	2114	0%
	Qprim;vent	MJ/j + 0	0		0	
gebruiksgebonden	gebruiksgebonden elektra	MJ/j + 31865	31865	0%	31865	0%
	Qprim;pv	MJ/j - 0	0		0	
	totaal ELEKTRICITEIT	MJ/j 33979	33979	0%	33979	0%
	totaal energiegebruik	MJ/j 139832	134691	-4%	133422	-5%
	totaal energiegebruik	kWh 38842	37414	-1428	37062	-1781

6.4.7 Conclusie en reflectie

Bouwkundig is het isoleren van het dak ingrijpend. De meest realistische opties voor deze maatregel lijken:

Bestaande onderconstructie behouden, isoleren aan buitenzijde (zie paragraaf 6.4.1)

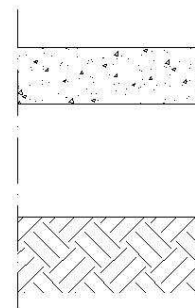
Bestaand dak behouden, isolatie aan binnenzijde (paragraaf 6.4.2)

Geheel nieuwe kap (paragraaf 6.4.3)

Afhankelijk van de situatie kan de energiereductie gecombineerd worden met noodzakelijk onderhoud aan het dak. Integratie met andere oplossingen (ventilatie, PV, zonneboiler) biedt kansen die nu nog beperkt door de markt worden benut. Op het gebied van wet en regelgeving zijn er geen grote obstakels te verwachten.

6.5 TRANSMISSIE DICHTE DELEN (VLOER)

Ook de begane grondvloer draagt bij aan de totale transmissieverliezen van de woning. Uitgegaan wordt van een betonnen vloer, waaronder een kruipruimte aanwezig is. De verschillende maatregelen hebben alle tot gevolg dat koudebruggen niet volledig zijn te vermijden indien alleen de vloer wordt aangepakt. Het gedrag van bewoners zal de effectiviteit van de maatregelen niet nadelig beïnvloeden. De investeringen zijn gemiddeld en het wooncomfort wordt erdoor verhoogd.



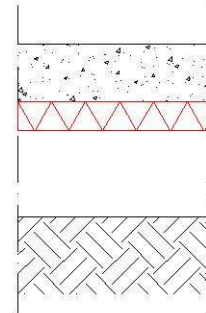
bestaande
situatie

6.5.1 *Isoleren onderzijde vloer*

Aan de onderzijde van de vloer wordt een isolerende laag aangebracht, hetzij mechanisch bevestigd, hetzij gespoten. Hierdoor wordt de hoogte van de kruipruimte verminderd, maar blijft deze nog wel bestaan.

Dit is een maatregel die betrekkelijk weinig overlast voor bewoners geeft, niet bijzonder uitvoeringskritisch is, en per woning kan worden uitgevoerd.

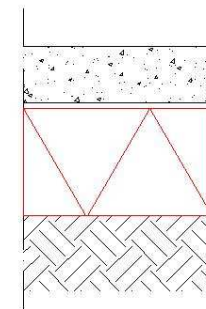
Een variant hierop zijn folies die aan de onderzijde van de vloer worden bevestigd. De uitvoering kan lastig zijn, met name rondom de doorvoeren.



isoleren
onderzijde

6.5.2 *Isoleren gehele kruipruimte*

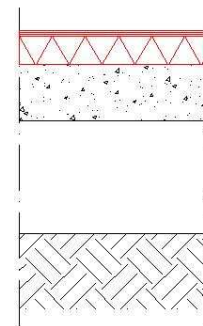
De gehele kruipruimte wordt in deze methode volgeblazen met isolerende vlokken of korrels. Dit is bouwvriendelijkheid en geeft weinig overlast naar bewoners. Kritisch is wel de vochtregeling van de kruipruimte en de isolerende prestaties op langere termijn, die twijfelachtig is door vochtopname of inzakken van de isolatie. Deze vochtopname kan mogelijk ook gezondheidsproblemen met zich mee brengen in de vorm van schimmelgroei e.d..



isoleren gehele
kruipruimte

6.5.3 *Aanbrengen zwevende dekvloer*

Dit is naar het zich laat aanzien geen reële optie omdat het interne ruimteslag groot is. Bovendien dienen woningtoegangen te worden opgehoogd, deuren worden ingekort, etc. wat met aanzienlijk bewonersoverlast gepaard gaat.



zwevende
dekvloer

6.5.4 *Toekomstperspectief*

Ook hier geldt dezelfde conclusie als bij het beperken van de transmissieverliezen van de gevel. Prefabricage zal hier in de toekomst ook naar verwachting niet veel kansen krijgen. Momenteel is de kruipruimte 'ongebruikt', misschien dat daar in de toekomst verandering in kan komen. Dit zal hoogstwaarschijnlijk niet direct invloed hebben op de transmissieverliezen van de begane grondvloer maar kan mogelijkheden bieden voor bv energieopslag.

6.5.5 Energetisch effect

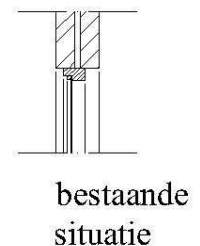
Het door de EPW berekende effect van deze maatregelen is nagenoeg nihil. Dit komt, waarschijnlijk, door de koudebrug van de fundering die de EP programmatuur vereist in de berekening. Als ook deze koudebrug wordt opgelost geeft het een totale reductie van 3%, zowel bij een RC van 5,0 als bij 8,0. De reële waarde is dus lastig in te schatten. Een PHPP calculatie geeft ook een behoorlijk effect aan: 10% reductie op het totale energiegebruik. Afhankelijk van de berekeningsmethode verschillen de resultaten dus aanzienlijk. Wel valt te stellen dat het verschil tussen een RC van 5,0 en een RC van 8,0 geen substantieel verschil oplevert.

6.5.6 Conclusie en reflectie

Bouwkundig gezien lijkt de meest realistische oplossing: Isoleren onderzijde vloer (paragraaf 6.5.1) De maatregel hoeft niet per sé in combinatie met andere maatregelen te worden uitgevoerd. Er zijn ook mogelijkheden om dit als doe het zelve uit te voeren. De maatregel zal naast energiebesparing ook tot verminderde tocht en optrekkend vocht leiden als deze problemen aanwezig waren.

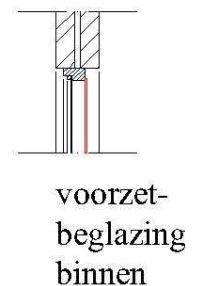
6.6 TRANSMISSIE OPEN DELEN.

De gebouwschil bestaat naast de dichte delen ook uit open delen (ramen, deuren). Dit vormt, in bestaande toestand, een belangrijke factor in de transmissieverliezen. Door deze delen aan te pakken is het wooncomfort te verhogen en is een energiebesparing te realiseren. De gebruikersafhankelijkheid van de maatregelen is klein, maar groter dan bij de dichte delen van de schil.



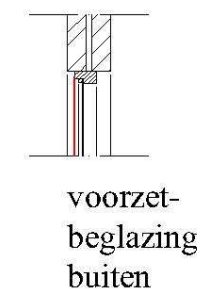
6.6.1 Voorzetbeglazing binnenzijde

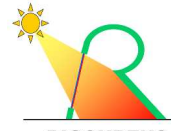
Door aan de binnenzijde van het glas een enkele glasplaat te plaatsen ontstaat een luchtruimte tussen deze twee delen. Dit heeft als voordelen dat het een energiebesparende functie heeft en de koudeval wordt beperkt. Nadelig is de vorming van condens en lekwater. Bovendien is de (energetische) kwaliteit laag en is het niet altijd een prettig systeem in dagelijks gebruik. Het uiterlijk van de woning blijft ongewijzigd wat deze optie voor monumentale of cultuurhistorisch belangrijke gebouwen relevant maakt.



6.6.2 Voorzetbeglazing buitenzijde

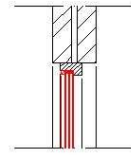
De oplossing is vergelijkbaar met de bovenstaande alleen wordt nu de voorzetbeglazing aan de buitenzijde geplaatst. Dit heeft tot afwijkende gevolgen dat er minder problemen met condens zijn. Indien de voorzetbeglazing op de vleugel van het draaiende deel en niet op het vaste kader wordt geplaatst heeft de bewoner in het dagelijks gebruik er niet veel last van. Nadelig is wel dat de schoonmaakbaarheid beperkt is en dat het uiterlijk van de woning negatief verandert.





6.6.3 Vervangen van beglazing.

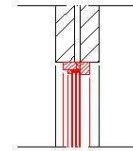
Door in de bestaande kozijnen nieuwe (drievoudige) beglazing te plaatsen kan de energetische kwaliteit van het kozijn fors worden verbeterd. De uitvoering, dat wil zeggen het inpassen van het (dikke) drievoudige glas in het bestaande kozijn is dusdanig lastig dat dit niet als een reële optie wordt beschouwd. Bovendien is het grote verschil tussen isolerende waarde van kozijnhout en glas een probleem en zijn de kozijnen of kozijnaansluitingen vaak een bron van infiltratie.



nieuwe
beglazing

6.6.4 Vervangen van kozijn

Het gehele kozijn, inclusief beglazing wordt vervangen door kozijnen met drievoudige beglazing. Dit levert de grootste energiebesparing op, het meeste comfort, maar ook de grootste investering. Het vervangen van de kozijnen gaat gepaard met veel bewonersoverlast.

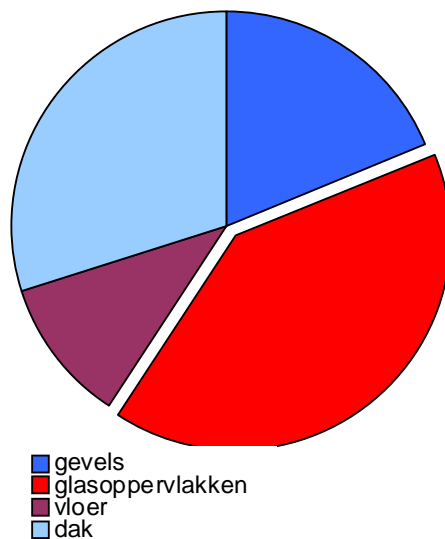


nieuwe
kozijnen

6.6.5 Toekomstperspectief

De open delen, blijven de grote verliesposten in het geheel van de transmissie. Ook met de 'best practise' drievoudige beglazing is dit het geval. Zie onderstaande grafiek. Hier is uitgegaan van de referentiewoning waarbij de dichte delen een RC van 5,0 hebben en voor de open delen een U waarde van 0,75 is aangehouden. Dit komt overeen met driedubbel glas. De verhouding is bepaald uit de U-waarden, temperatuursverschillen en oppervlakten.

verhoudingen transmissie schil



Figuur 12: indicatie transmissieverliezen hoogwaardige schil

Dit biedt theoretisch mogelijkheden tot verdere reductie. De betrokken industrieën (glasproducenten en profielabrikanten) hebben echter al forse innovaties en verbeteringen gerealiseerd.

6.6.6 Energetisch effect

Voor de combinatie van enkel glas met voorzetbeglazing aan de buitenzijde is een U waarde van 3,0 W/m²K aangehouden. Het toepassen van voorzetbeglazing in combinatie met dubbele beglazing is niet als realistisch te beschouwen. Daarom wordt alleen het effect van het plaatsen van voorzetbeglazing voor het enkel glas (dus alleen op de verdieping) berekend.

Het effect van het vervangen van de kozijnen op begane grond en verdieping door passiefhuis kozijnen is behoorlijk (-14 %), het effect van voorzetbeglazing (op de verdieping) is beperkt (-5%).

Door het plaatsen van nieuwe kozijnen kan niet alleen de transmissie worden verminderd, infiltratie zal, mits bouwkundig juist uitgevoerd, ook worden verminderd. Dit door de verbeterde kierdichting en de mogelijkheid de aansluitingen goed luchtdicht af te werken. Dit is niet meegenomen in deze berekeningen.

Tabel 16: effect kozijnmaatregelen op totale energiegebruik

EPW berekening		transmissie open delen					
		gegevens referentiewoning		PH kozijn	verschil	voorzet, buiten	verschil
post		ZTA	Ugl	Ufr			
gasverbruik							
ruimteverwarming/ tapwater	Qprim;verw	MJ/j +	76120	55888	-27%	69361	-9%
	Qprim;tap	MJ/j +	27477	27477	0%	27477	0%
	totaal ruimte/tap	MJ/j	103597	83365	-20%	96838	-7%
koken	koken	MJ/j	2256	2256	0%	2256	0%
	totaal GAS	MJ/j	105853	85621	-19%	99094	-6%
electriciteitsgebruik							
gebouwsgebonden	Qprim;hulp;verw	MJ/j +	2114	2114	0%	2114	0%
	Qprim;vent	MJ/j +	0	0	0%	0	0%
gebruiksgebonden	gebruiksgebonden elektra	MJ/j +	31865	31865	0%	31865	0%
	Qprim;pv	MJ/j -	0	0	0%	0	0%
	totaal ELEKTRICITEIT	MJ/j	33979	33979	0%	33979	0%
	totaal energiegebruik	MJ/j	139832	119600	-14%	133073	-5%
	totaal energiegebruik	kWh	38842	33222	-5620	36965	-1878

6.6.7 Conclusie en reflectie

Gelet op het grote aandeel in het totale verlies van de glasoppervlakken is vermindering van de transmissieverliezen van de open delen noodzaak. De meest realistische oplossingen lijken:

Voorzetbeglazing buitenzijde (paragraaf 6.6.2)

Vervangen kozijn (paragraaf 6.6.4)

Aanpak van het totale gebouwdeel (kozijnhout en beglazing) heeft de voorkeur vanuit energetisch oogpunt maar ook vanuit onderhoud, comfort en gezondheidsoverwegingen (vocht/schimmels).

6.7 ELEKTRICITEITSGEBRUIK

Het reduceren van het gebruikersgebonden elektriciteitsgebruik is in vier stappen onderverdeeld, van weinig ingrijpend naar zeer ingrijpend. Deze stappen zijn besproken in de rapportage van werkpakket 1, Verkenning nationale en internationale ontwikkelingen van mei 2008 [6]. Al deze maatregelen hebben gemeen dat ze weinig intern of extern ruimtebeslag hebben en er geen directe (positieve en/of negatieve) gevolgen zijn voor de gezondheid en het onderhoud. De gebruikersafhankelijkheid is, zeker bij de invoering van de laatste twee stappen, groot. Het is goed mogelijk om de aanpassingen op woningbasis uit te voeren.

Het gebouwgebonden elektriciteitsgebruik hangt sterk af van de installaties (ventilatie, verwarming etc.) die in een woning aanwezig zijn.

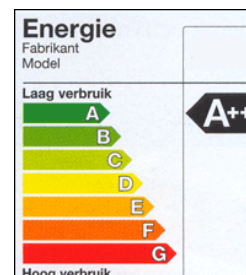
6.7.1 Stap 1, stand-by gebruik

Door het stand-by gebruik van alle elektrische apparatuur uit te schakelen is een energiereductie te behalen. Het heeft weinig invloed op de levensstijl van bewoners en kan gebruikersvriendelijk zijn.



6.7.2 Stap 2, vervangen door energiezuinige apparaten.

De tweede stap behelst het vervangen van alle elektrische apparatuur door een energiezuinige variant. Bij apparatuur gebruik makend van warm water (wasmachine, vaatwasser) kan een hot-fill variant gekozen worden. Hiermee kan bovenop stap 1 aanvullend worden bespaard. Het vergt een grotere investering van de bewoner maar kan gefaseerd, bijvoorbeeld bij natuurlijke vervangingsmomenten, worden ingevoerd. Eenmaal aanwezig heeft het weinig invloed op de gebruiksvriendelijkheid of levensstijl van de bewoner.



6.7.3 Stap 3, vervangen door niet-elektrische alternatieven.

Deze stap behelst het, in navolging op de eerste twee stappen, vervangen van elektrische apparaten door niet elektrische alternatieven. Bijvoorbeeld het vervangen van de wasdroger door de waslijn en de stofzuiger door een bezem. Dit heeft belangrijke consequenties voor de levensstijl van de bewoner en is niet gebruiksvriendelijk.



6.7.4 Stap 4, het verwijderen van overbodige apparaten.

Door bijna alle elektrische apparaten (staafmixer, frituurpan tosti-ijzer) te verwijderen uit de woning is aanzienlijke extra reductie van het elektriciteitsgebruik te realiseren. De impact van deze maatregel op de levensstijl van de bewoner is groot.



6.7.5 Gebouwgebonden elektriciteitsgebruik

Het gebouwgebonden deel van het elektriciteitsgebruik is sterk afhankelijk van het installatieconcept. Het zal dan ook daar worden besproken.

6.7.6 Energetisch effect

De reductiefactoren die in WP1 zijn beschreven zijn hier overgenomen. De resultaten hiervan zijn in onderstaande tabel zichtbaar. De te behalen besparingen zijn substantieel.

Tabel 17: effect reductie elektriciteitsgebruik op totale energiegebruik

post	gegevens referentiewoning		stap 1	verschil	stap 2	verschil	stap 3	verschil	stap 4	verschil
gasverbruik										
ruimteverwarming/ tapwater	Qprim;verw	MJ/j +	76120	76120	0%	76120	0%	76120	0%	76120
	Qprim;tap	MJ/j +	27477	27477	0%	27477	0%	27477	0%	27477
	totaal ruimte/tap	MJ/j	103597	103597	0%	103597	0%	103597	0%	103597
koken	koken	MJ/j	2256	2256	0%	2256	0%	2256	0%	2256
	totaal GAS	MJ/j	105853	105853	0%	105853	0%	105853	0%	105853
electriciteitsgebruik										
gebouwgebonden	Qprim;hulp;verw	MJ/j +	2114	2114	0%	2114	0%	2114	0%	2114
	Qprim;vent	MJ/j +	0	0		0		0		0
gebruiksgebonden	gebruiksgebonden elektra	MJ/j +	31865,412	28360	-11%	19438	-39%	13383	-58%	7966
	Qprim;pv	MJ/j -	0	0		0		0		0
	totaal ELEKTRICITEIT	MJ/j	33979	30474	-10%	21552	-37%	15497	-54%	10080
	totaal energiegebruik	MJ/j	139832	136327	-3%	127405	-9%	121350	-13%	115933
	totaal energiegebruik	kWh	38842	37869	-974	35390	-3452	33708	-5134	32204

6.7.7 Conclusie en reflectie

De reductie van het elektriciteitsgebruik is een maatregel waarbij de aanpassing van het gedrag van de bewoner een belangrijke factor is in het behalen van de doelstelling. Door een aantal technieken verder marktrijp, gebruikersvriendelijker en goedkoper te maken, zoals hotfill en stand-by killers zijn aanzienlijke stappen te zetten. De invloed van de gebruiker op de uiteindelijke besparing zal echter altijd groot blijven.

6.8 WARM TAPWATER

Het gebruik van warm tapwater komt overeen met ongeveer 20% van het totale energiegebruik in de referentiewoning. De tapwaterbehoefte is sterk afhankelijk van de gezinssamenstelling en het gebruikerspatroon. De hieronder genoemde maatregelen hebben gemeenschappelijk dat ze niet gebruikersafhankelijk zijn in de zin van beïnvloedbaarheid van het rendement, de totale besparing is afhankelijk van eerdergenoemde gezinssamenstelling en gebruikerspatroon. De maatregelen zullen weinig intern of extern ruimtebeslag hebben en de gebruikersvriendelijkheid is hoog. Wel geeft het installeren van de oplossingen behoorlijk wat overlast voor de bewoner en kan de uitvoering ervan complex zijn.

6.8.1 Nieuwe apparatuur; hotfill

Hotfill apparatuur is een alternatief voor met name, reinigingsapparatuur (wasmachine, vaatwasser). Hotfill apparatuur kan worden aangesloten op de warm tapwaterleiding. Dit zorgt voor vermindering van de elektriciteitsbehoefte van deze apparaten. De apparatuur is nog maar mondjesmaat beschikbaar en in veel gevallen zal aanpassing van het leidingwerk noodzakelijk zijn. Voordeel is dat het geen (of nauwelijks) intern ruimtebeslag heeft. Omdat het omzettingsrendement van een energiecentrale rond 40% ligt en het opwekkingsrendement van een (goede) ketel rond de 60% voor tapwater ligt is de besparing naar primaire energie redelijk. Indien duurzame energie gebruikt wordt om te wassen (hotfill aangesloten op een zonnecollector) is de besparing pas echt fors.



6.8.2 *Nieuwe apparatuur; douche-WTW*

Met deze installatie wordt het koude verse water verwarmd met het warme afvalwater van de douche. Volgens referentie [18] is een besparing van de warmtevraag ongeveer 30% behaald in een proefopstelling. Nadeel is dat het inpassen in bestaande woning lastig kan zijn en er naar legionella gekeken dient te worden. Inpassing d.m.v. een douchebak WTW is eenvoudiger.



6.8.3 *Nieuwe installatie; reduceren leidinglengtes*

Door de installatie dusdanig te ontwerpen dat de leidinglengtes naar de tappunten wordt geminimaliseerd wordt het rendement van de installatie verhoogd. Dit betekent echter wel dat er rigoureuze aanpassingen aan de woning moeten worden gedaan. In de berekening is uitgegaan van een reductie van de leidinglengtes van 50% t.o.v. de forfaitaire waarden.

6.8.4 *Nieuwe installatie; combiketel*

Met het vervangen van de ketel door een moderne combiketel wordt het energiegebruik sterk gereduceerd. Door de ketel te combineren met een vat ontstaat een installatie waar ook zonnecollectoren op kunnen worden aangesloten. In de berekeningen is uitgegaan van een nieuwe ketel met een rendement van 60%.

6.8.5 *Nieuwe installatie; 40 °C tapcircuit.*

Door het ontwikkelen van een tapcircuit met een temperatuur van 40 °C is met een nagenoeg gelijkblijvend comfortniveau en gebruikersvriendelijkheid het mogelijk om een energiereductie te bewerkstelligen. Ook hierdoor kan het rendement van de zonneboiler vergroot worden. Legionella vormt een mogelijk probleem dat opgelost dient te worden.

6.8.6 *Energetisch effect van maatregelen*

Het effect van een nieuwe ketel en van het reduceren van de leidinglengtes is in onderstaande tabel te zien.

Voor het effect van een douche WTW dient een herberekening te worden uitgevoerd indien deze in de EPN berekend wordt. Deze herberekeningen zijn niet (altijd) gevalideerd en worden in opdracht van de fabrikanten gedaan. De in het artikel gevonden waarde van 30% op de totale tapwater vraag is natuurlijk sterk afhankelijk van het gebruikerspatroon. In de berekening zal een veilige schatting van 15% op het tapwater worden meegenomen.

De effecten van hotfill en een 40 °C tapcircuit zijn niet met de EPW programmatuur te bepalen. Om het effect van hotfill in te schatten is de aanname gedaan dat 50% van de elektriciteitsvraag wordt vermindert en vervangen door warm water.

Tabel 18: effect warm tapwater maatregelen op totale energiegebruik

post	gegevens referentiewoning		nwe		leiding-		hotfill		Douche	
			installatie	verschil	lengtes	verschil	verschil	verschil	reductie	verschil
			rendement		reductie 50%		reductie		15% op	
			60%				50% elektr		tapwater	
gasverbruik ruimteverwarming/ tapwater	Qprim;verw	MJ/j + 76120	76120	0%	76120	0%	76120	0%	76120	0%
	Qprim;tap	MJ/j + 27477	13738	-50%	23456	-15%	28105	2%	23355	-15%
	totaal ruimte/tap	MJ/j 103597	89858	-13%	99576	-4%	104225,29	1%	99475	-4%
koken	koken	MJ/j 2256	2256	0%	2256	0%	2256	0%	2256	0%
	totaal GAS	MJ/j 105853	92114	-13%	101832	-4%	106481,29	1%	101731	-4%
electriciteitsgebruik gebouwegebonden	Qprim;hulp;verw	MJ/j + 2114	2114	0%	2114	0%	2114	0%	2114	0%
	Qprim;vent	MJ/j + 0	0		0		0		0	
gebruiksgebonden	gebruiksgebonden elektra	MJ/j + 31865	31865	0%	31865	0%	29387	-8%	33887	6%
	Qprim;pv	MJ/j - 0	0		0		0		0	
	totaal ELEKTRICITEIT	MJ/j 33979	33979	0%	33979	0%	31501	-7%	36001	6%
	totaal energiegebruik	MJ/j 139832	126093	-10%	135811	-3%	137982	-1%	137732	-2%
	totaal energiegebruik	kWh 38842	35026	-3816	37725	-1117	38328	-514	38259	-583

De maatregelen kunnen gecombineerd worden waardoor de energiebesparing op het tapwater vergroot kan worden.

6.8.7 Conclusie en reflectie

Door het toepassen van een aantal nieuwe installaties kan het energiegebruik van het tapwater gereduceerd worden. Met nieuwe en nog niet breed toegepaste technieken (hotfill, 40 °C tapcircuit) zijn waarschijnlijk de grootste besparingen te behalen, mits ze in combinatie met duurzame opwekking van warm tapwater worden toegepast. Integratie van deze installaties in andere (reeds bestaande) bouwdelen is niet eenvoudig te realiseren. Wel is de integratie met andere systemen zoals een zonneboiler voor de hand liggend.

6.9 INFILTRATIE

Algemeen valt te stellen dat het beperken van de infiltratie sterk gebouwegebonden is. Met het terugdringen ervan wordt het comfort voor de bewoner verhoogd wordt en bovendien kan de bewoner dit niet nadelig beïnvloeden. De investering is relatief beperkt, echter de bouwvriendelijkheid is lager naarmate de infiltratie verder beperkt dient te worden omdat lekken steeds lastiger worden om op te sporen. Meten, bijvoorbeeld d.m.v. een blowerdoor test maken het echter wel mogelijk. Bij zeer vergaande infiltratiebeperking verdwijnt de 'basisventilatie' die als vangnet fungeert voor slecht functionerende ventilatiesystemen. Hoe beperkter de infiltratie wordt hoe belangrijker het goed functioneren van het ventilatiesysteem. Uit metingen in het verleden [16] blijkt dat het dak een bovengemiddeld groot aandeel in de infiltratie heeft.

6.9.1 Beperken infiltratie aan binnenzijde, d.m.v. tape, kit, PUR

Dit is de conventionele methode voor het verminderen van infiltratie. Deze methode is voor een beperkte mate van vermindering van de infiltratie goed toepasbaar. Voor extreme niveaus is het moeizaam de infiltratie hiermee verder te verminderen. Bouwvriendelijkheid en renovatiesnelheid zijn veelal laag. Afhankelijk van het toepassingsgebied (kleine/grote opening, wel of niet werkend). Mogelijke middelen zijn dichtingstape, PUR-schuim, kit of dichtingspasta.

6.9.2 Beperken infiltratie aan binnenzijde, d.m.v. 'stijfselbom'

Door een nog nader te ontwikkelen methode, hier stijfselbom genoemd, dienen alle kieren in de woning in één keer gedicht worden. Dit zou potentieel een kwalitatief goede en uitvoeringsvriendelijke methode vormen die zelfs de kleinste kieren zou moeten dichten. In een bewoonde situatie lijkt de overlast voor de bewoners een potentieel probleem te zijn.

6.9.3 Beperken infiltratie aan buitenzijde, d.m.v. tape, kit, PUR.

Vanuit de uitvoering bezien is dit geen reële methode.

6.9.4 Beperken infiltratie aan buitenzijde d.m.v. 'condoom'.

Door een huls over de gehele woning te trekken zou het mogelijk kunnen zijn de infiltratie te verminderen. Door de vele openingen in de gebouwschil lijkt dit moeilijk realiseerbaar.

6.9.5 Energetisch effect van maatregelen

Voor het beperken van de infiltratie op conventionele wijze is als resultaat met 100 dm³/s gerekend, voor het beperken dmv een 'stijfselbom' is gerekend met 30 dm³/s. De waarde van het reduceren van de infiltratie op conventionele wijze is ontleend aan referentie [16]. Aangezien het effect van de maatregel 'stijfselbom' niet bekend is is hier een schatting van gemaakt.

Tabel 19: effect infiltratiebeperking op totale energiegebruik

post	gegevens referentiewoning	infiltratie	
		conventioneel 100dm ³ /s	verschil stijfselbom 30dm ³ /s
EPW berekening			
gasverbruik			
ruimteverwarming/ tapwater	Qprim;verw MJ/j + 76120	59926 -21%	59428 -22%
	Qprim;tap MJ/j + 27477	27477 0%	27477 0%
	totaal ruimte/tap MJ/j 103597	87403 -16%	86905 -16%
koken	koken MJ/j 2256	2256 0%	2256 0%
	totaal GAS MJ/j 105853	89659 -15%	89161 -16%
electriciteitsgebruik			
gebouwgebonden	Qprim;hulp;verw MJ/j + 2114	2114 0%	2114 0%
	Qprim;vent MJ/j + 0	0	0
gebruiksgebonden	gebruiksgebonden elektra MJ/j + 31865	31865 0%	31865 0%
	Qprim;pv MJ/j - 0	0	0
	totaal ELEKTRICITEIT MJ/j 33979	33979 0%	33979 0%
	totaal energiegebruik MJ/j 139832	123638 -12%	123140 -12%
	totaal energiegebruik kWh 38842	34344 -4498	34206 -4637

Het verschil tussen een reductie van 100 dm³/s of 30 dm³/s is beperkt. De absolute beperking is echter wel fors.

6.9.6 Conclusie en reflectie

In de bouwpraktijk is de afgelopen jaren al een belangrijke verbetering m.b.t. de infiltratie gedaan. Om de infiltratie substantieel te verbeteren zijn nieuwe technieken en methodes nodig die met name de benodigde extra stap (die moeilijk met conventionele oplossingen realiseerbaar is) mogelijk maken.

Vermindering van de infiltratie dient ook gepaard te gaan met een verhoogde bedrijfszekerheid / functioneren van de ventilatiesystemen omdat het 'vangnet' van gebouwlekken steeds kleiner wordt.

6.10 VENTILATIE

Ventilatie is een belangrijk aspect in de comfortbeleving en gebruikersvriendelijkheid voor de bewoner. Natuurlijk is het in sterke mate verantwoordelijk voor de kwaliteit van het binnenmilieu.

6.10.1 Mechanische toe en afvoer met WTW

Het voor de nieuwbouw 'standaard' ventilatie systeem met een WTW waarin de verse en vervuilde lucht elkaar kruisen om onderling warmte uit te wisselen. Nadelen zijn dat de installatie een behoorlijke investering vergt en er een groot aantal kanalen in de woning dient te worden aangebracht. In de bestaande bouw een lastige opgave. Na installatie behoeft het systeem onderhoud en bovendien is een aanzienlijke hoeveelheid elektrische hulpenergie noodzakelijk.

6.10.2 Natuurlijke toevoer, mechanische afvoer, met WTW

Door de afgevoerde lucht langs een WTW te leiden en deze warmte te transporteren (bijvoorbeeld in veel kleinere waterleidingen) naar de lokale ventilatieroosters kan een deel van de luchtkanalen worden vermeden. Ook blijven kanalen voor afvoer van lucht noodzakelijk waarmee de bouwvriendelijk nog altijd niet hoog is.

6.10.3 Natuurlijke toevoer, mechanische afvoer, met warmtepomp

De ventilatielucht wordt aangezogen via zelfregelende roosters in de gevel. De afzuiging vindt centraal plaats. Deze vervuilde, warme lucht wordt langs een warmtepomp geleid die de warmte uit de lucht haalt en bijvoorbeeld deze energie opslaat in een boiler. Dit systeem kan dus alleen worden toegepast indien een warmtepomp onderdeel uitmaakt (of uit gaat maken) van het verwarmingssysteem/warmtapwatersysteem.

6.10.4 Natuurlijke toevoer, mechanische afvoer, zonder WTW

Systeem waarbij zelfregelende roosters in de gevel worden geplaatst, er mechanisch wordt afgezogen, en de warmte van de retourlucht niet meer wordt gebruikt. Uitvoeringstechnisch is dit een meer vriendelijke variant waar een beperkte hoeveelheid leidingen in de woning mee gemoeid is. De energiewinst daarentegen is er nauwelijks. Onderhoud is nauwelijks noodzakelijk. Lijkt gelet op de doelstelling van Rigoreus weinig zinvol.

6.10.5 Verdeelringsysteem met beperkte WTW

Systeem waarbij de luchtspouw wordt gebruikt als toevoer kanaal voor ventilatielucht. De spouwen aan voor- en achtergevel dienen te worden gekoppeld via de kruipruimte. De toevoer roosters worden in de vorm van een lijnrooster tegen het binnenblad geplaatst. Een centraal mechanisch afvoersysteem bewerkstelligt een continue onderdruk in de woning. Een groot voordeel van dit systeem is de minimale hoeveelheid leidingen in de woning. De energetische opbrengst daarentegen is beperkt.

6.10.6 Decentraal systeem, mechanische toe- en afvoer met WTW

Per ruimte een ventilatiesysteem met WTW. Overstroom van de ene naar de andere ruimte is niet mogelijk waardoor de totale ventilatiedebieten groter zijn dan bij een centraal systeem. Het effect van de WTW

wordt daardoor verminderd. Bovendien vragen de huidige systemen om een aanzienlijke hoeveelheid hulpenergie. Wel is de ventilatie goede regelbaar per ruimte. Voor de installatie is nauwelijks leidingwerk door de woning nodig en bovendien is deze oplossing goed in te passen in een te prefabriceren gevelelement.

6.10.7 Decentraal systeem, mechanische toe en afvoer zonder WTW

Vergelijkbaar met bovenstaande variant, maar dan met een lagere energiereductie maar ook een lagere investering. Lijkt gelet op de doelstelling van Rigoureux weinig zinvol.

6.10.8 Energetisch effect van maatregelen

Niet alle maatregelen die zijn voorgesteld zijn na te rekenen in de EPW programmatuur.

Hieronder zijn wel de resultaten van de berekeningen van het balansventilatie met WTW een natuurlijk toe, mechanisch afvoersysteem zonder WTW weergegeven.

Volgens de EPW wordt de besparing in gasgebruik teniet gedaan door een verhoging van de hulpenergie van ventilatoren.

Herberekening van het systeem voor een decentraal systeem met WTW (climamad) is alleen mogelijk als de infiltratie tussen de 30 en de 150 dm³/s ligt. Dit is niet het geval in de referentiewoning.

Tabel 20: effect ventilatiesystemen op totale energiegebruik

EPW berekening		ventilatie					
post	gegevens referentiewoning			balans-ventilatie	verschil	centraal afzuigen	verschil
	afvoer	toevoer	wtw regelbaar	mechanisch	mechanisch	mechanisch	natuurlijk
				65%	nee	0%	0%
gasverbruik							
ruimteverwarming/ tapwater	Qprim;verw	MJ/j +	76120	67904	-11%	74710	-2%
	Qprim;tap	MJ/j +	27477	27477	0%	27477	0%
	totaal ruimte/tap	MJ/j	103597	95381	-8%	102187	-1%
koken	koken	MJ/j	2256	2256	0%	2256	0%
	totaal GAS	MJ/j	105853	97637	-8%	104443	-1%
electriciteitsgebruik							
gebouwgebonden	Qprim;hulp;verw	MJ/j +	2114	2114	0%	2114	0%
	Qprim;vent	MJ/j +	0	8558		2908	
gebruiksgebonden	gebruiksgebonden elektra	MJ/j +	31865	31865	0%	31865	0%
	Qprim;pv	MJ/j -	0	0		0	
	totaal ELEKTRICITEIT	MJ/j	33979	42537	25%	36887	9%
	totaal energiegebruik	MJ/j	139832	140174	0%	141330	1%
	totaal energiegebruik	kWh	38842	38937	95	39258	416

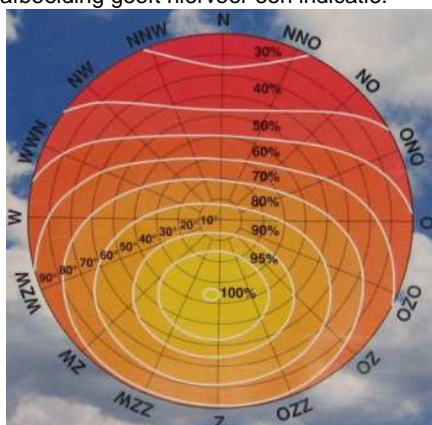
6.10.9 Conclusie en reflectie

Ventilatiesystemen zijn, zeker in de nieuwbouw woningbouw, al een tijd onderwerp van energiereductie. De energetische verbeteringen gaan niet altijd hand in hand met de comfortbeleving van de gebruiker en de bouwvriendelijkheid. In de bestaande bouw is het aspect van bouwvriendelijkheid nog belangrijker. Ook is de hulpenergie noodzakelijk voor het functioneren van dit soort systemen een punt van aandacht. Kansen liggen in de integratie/combinatie met andere maatregelen. Hierdoor kan onder meer de

bouwwriendelijkheid sterk verbeterd worden (denk aan een combinatie met een geprefabriceerde nieuwe gevel).

6.11 ZONNEBOILER

Een zonneboiler is een systeem dat de warmte van de zon opslaat in water dat gebruikt kan worden voor warm tapwater en eventueel ruimteverwarming. Deze systemen leiden, afhankelijk van de gekozen uitvoering, tot een aanzienlijk intern ruimtebeslag meestal in de vorm van een boilervat. Een verhoogd rendement lijkt mogelijk door toepassing van aanbodsinalering. Deze signalering dient dan een positief effect te hebben op het gedrag van de bewoner. Voor eventuele legionellabesmetting dienen juiste maatregelen getroffen te worden. De oriëntatie van het paneel, zowel de hellingshoek als de kompasrichting hebben een behoorlijke invloed op het rendement van een zonneboiler (en PV-paneel). De afbeelding geeft hiervoor een indicatie.



Figuur 13: effect hellingshoek en oriëntatie op zoninstraling

6.11.1 Opbouw systeem op gevel.

Een opbouw systeem is relatief bouwwriendelijk, het kan op de gevel worden aangebracht, ook als de gevel niet (grondig) wordt gerenoveerd. Het plaatsen levert dan ook weinig overlast op voor de bewoners en kan per woning gebeuren. Opbouwssystemen leveren een (beperkt) extern ruimtebeslag en hebben een negatieve invloed op de esthetiek van het gebouw.

6.11.2 Opbouw systeem op dak

Hiervoor geldt in grote mate hetzelfde als voor een systeem op de gevel.

6.11.3 Inbouw systeem in gevel

Indien een gevel(deel) wordt vervangen kan dit worden voorzien van een geïntegreerd zonneboilersysteem. Dit heeft als voordelen dat de esthetische kwaliteit hoger ligt en er minder extern ruimtebeslag ontstaat. Ook kan misschien de zonneboiler binnen de geïsoleerde schil worden geplaatst waardoor de efficiency van het systeem omhoog gaat.

Inbouw is alleen te combineren met ingrijpende aanpassing van de gevel (volledige sloop of sloop buitenblad) wat relatief veel overlast geeft voor de bewoner. Vanwege deze (bijna) noodzakelijke combinatie lijkt aanpak op woningniveau niet realistisch.

6.11.4 Inbouw systeem in dak

Hiervoor geldt in grote mate hetzelfde als voor een systeem op de gevel.

6.11.5 Energetisch effect van maatregelen

Gerekend is met een collector van 4m² gericht op het zuiden met een helling van 45°. Er is energetisch geen groot verschil tussen de uitvoeringsvormen. De EPW software staat het gebruik van een collector in combinatie met een VR-ketel niet toe. Derhalve is in de EPW alleen gerekend met gebruik voor tapwater. Dit levert onderstaande resultaten op, een behoorlijke besparing.

Tabel 21: effect zonnecollector op totale energiegebruik

		zonnecollector				
EPW berekening						
post	gegevens referentiewoning			collector verschil		
		afm	gebruik	4m ²	tapwater	
gasverbruik ruimteverwarming/ tapwater	Qprim;verw	MJ/j	+	76120	76120	0%
	Qprim;tap	MJ/j	+	27477	14626	-47%
	totaal ruimte/tap	MJ/j		103597	90746	-12%
koken	koken	MJ/j		2256	2256	0%
	totaal GAS	MJ/j		105853	93002	-12%
electriciteitsgebruik gebouwegebonden	Qprim;hulp;verw	MJ/j	+	2114	2114	0%
	Qprim;vent	MJ/j	+	0	0	
	gebruiksgebonden elektra	MJ/j	+	31865	31865	0%
	Qprim;pv	MJ/j	-	0	0	
	totaal ELEKTRICITEIT	MJ/j		33979	33979	0%
	totaal energiegebruik	MJ/j		139832	126981	-9%
	totaal energiegebruik	kWh		38842	35273	-3570

6.11.6 Toekomstige ontwikkelingen

Zonnecollectoren zijn een bekende maatregel om het energiegebruik te beperken. Ze zijn commercieel goed verkrijgbaar en er is veel ervaring mee. Het verwarmen van de helft van het warme tapwater is mogelijk.

Om dit te verhogen vormt het collectoroppervlak of het rendement niet meer de bottleneck maar de opslag van de warmte voor langere termijn. Ontwikkelingen in warmte opslag kunnen de bruikbaarheid van zonnecollectoren dus vergroten. Gebruik van warm water voor andere toepassingen (hot-fill) of slimme regelingen (vraag-aanbod matching) kunnen het gebruik van zonnewarmte verder vergroten en de noodzaak van opslag enigszins verkleinen.

6.11.7 *Conclusie en reflectie*

Zonneboilers zijn een zeer reële mogelijkheid voor energiebesparing. Voor grotere energiebesparingen dan ongeveer de helft van het tapwater dient met name de opslag te verbeteren.

6.12 PV-SYSTEMEN

Photo-Voltaïsche systemen zetten zonne-energie om in elektriciteit. Deze systemen leiden amper tot een intern ruimtebeslag, hebben geen invloed op het comfort van de bewoner, zijn gebruikersvriendelijk. PV systemen scoren op de verschillende beoordelingscriteria vergelijkbaar met de eerder besproken zonneboiler systemen. Net als bij een zonneboiler is de oriëntatie van het paneel van belang voor de uiteindelijke opbrengst en dus terugverdientijd en toepasbaarheid.

6.12.1 *Opbouw systeem op gevel.*

Een opbouw systeem is relatief bouwvriendelijk, het kan op de gevel worden aangebracht, ook als de gevel niet (grondig) wordt gerenoveerd. Het plaatsen levert dan ook weinig overlast op voor de bewoners en kan per woning gebeuren. Opbouwsystemen leveren een (beperkt) extern ruimtebeslag en hebben een negatieve invloed op de esthetiek van het gebouw.

6.12.2 *Opbouw systeem op dak*

Hiervoor geldt in grote mate hetzelfde als voor een systeem op de gevel.

6.12.3 *Inbouw systeem in gevel*

Indien een gevel(deel) wordt vervangen kan dit worden voorzien van een geïntegreerd PV systeem. Dit heeft als voordeel dat de esthetische kwaliteit hoger ligt en er minder extern ruimtebeslag ontstaat. Ook kan het systeem in hoge mate geprefabriceerd worden aangeleverd. De combinatie van inbouw in de gevel betekent een ingrijpende aanpassing van de gevel (volledige sloop of sloop buitenblad) wat relatief veel overlast geeft voor de bewoner. Bovendien is het lastiger om deze gecombineerde ingreep op woningniveau uit te voeren.

6.12.4 *Inbouw systeem in dak*

Hiervoor geldt in grote mate hetzelfde als voor een systeem op de gevel.

6.12.5 *Energetisch effect van maatregelen*

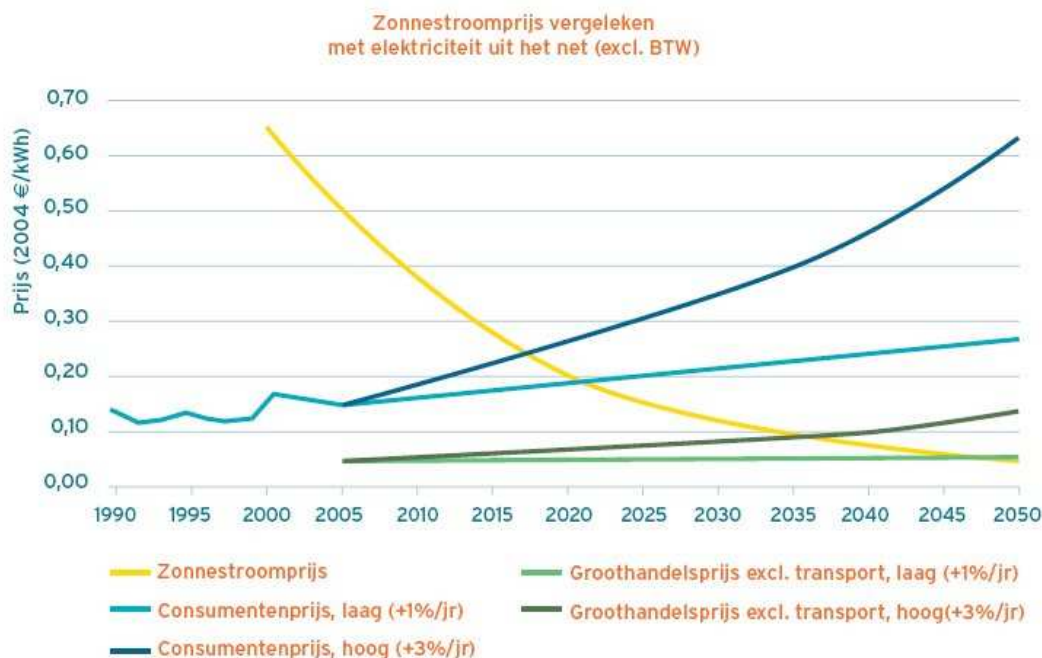
Hier wordt uitgegaan van een collector van 4 m² en een rendement van 80 Wp/m², wat overeen komt met 400 kWh/jaar. [17] Dit is een resultaat van 3% van de rigoureux doelstelling.

Als de zuidzijde van het dak volledig vol wordt gelegd met PV-panelen is er ongeveer 25 m² paneel te plaatsen. Dit zou 2500 kWh/jaar aan elektriciteit opleveren. Dit komt overeen met 16% van de rigoureux doelstelling.

In deze berekeningen is gerekend met een ideale oriëntatie en zonder beschaduwning van enig soort. Een verdere aanname is dat teruglevering mogelijk is en dat verschillen tussen vraag en aanbod door het elektriciteitsnet worden opgevangen

6.12.6 Toekomstige ontwikkelingen

De verwachting is dat de prijs van elektriciteit uit PV zal dalen in de komende jaren door technologische verbeteringen en volumevergroting. Er zijn volop ontwikkelingen in dit gebied. SenterNovem geeft daarvoor de volgende voorspelling:



Figuur 14: ontwikkelingen PV. Bron: SenterNovem.

6.12.7 Conclusie en reflectie

Momenteel is PV nog een kostbare maatregel per % van het rigoureuusdoel. Om in de bebouwde omgeving elektriciteit duurzaam op te wekken is het echter de meest kansrijke methode. Dat samen met de groeiverwachting en de eenvoud van de maatregel valt er (veel) van te verwachten. Oriëntatie van de woning blijft voor een belangrijk deel bepalen óf PV-panelen mogelijk zijn.

6.13 WARMTE KOUDE OPSLAG

Onder warmte-koude opslag worden methodes verstaan om warmte/koelte op te slaan in de grond of in het gebouw. Dit biedt de mogelijkheid tot afstemmen van vraag en aanbod op of korte (dagelijks) of lange (seizoens) termijn.

De maatregelen zijn alle gebruikersvriendelijk, comfortverhogend en niet gebruikersafhankelijk.

6.13.1 Watertank, korte termijnopslag

Watertanks worden al veelvuldig toegepast in conventionele boilers. Water is dan ook de meest kosteffectieve optie voor de opslag van warmte voor temperaturen tot 100 °C. Het is gebruiksvriendelijk en een erg hoge energie opslagdichtheid. Rekening moet ermee worden gehouden dat hoe hoger de opslagtemperatuur, hoe groter de warmteverliezen, oftewel hoe groter de investering in isolatiemateriaal.

Hoe groter de tank, hoe lager het relatieve warmteverlies en hoe lager de prijs per volume. Het is een eenvoudig en snel te installeren maatregel die wel een behoorlijk intern ruimtegebruik vraagt. Voor een zonneboiler wordt bijvoorbeeld een vatvolume gebruikt tussen 150 en 200 liter. Opladen gebeurt bij voorkeur door een zonnecollector.

6.13.2 *Latente opslag in paraffine*

Latente warmte opslag in PCM's gebruikt de faseovergang (vaak van vloeibaar naar vast) om warmte op te slaan, hierdoor is het vooral efficiënt in opslag met lage temperatuursverschillen, bijvoorbeeld om het comfort van lichtgewicht constructies 's zomers te vergroten. De grootste energie-opname en -afgifte vinden plaats binnen een bepaald temperatuur traject, bijvoorbeeld rond kamertemperatuur, een hogere afgifte temperatuur is ook realiseerbaar.

Dit wordt in plaatmaterialen vergelijkbaar met gipsplaat verwerkt. Hierdoor is het intern ruimtebeslag beperkt maar de bouwvriendelijkheid en renovatiesnelheid zijn lager dan bij opslag in een watertank. De opslag is dan niet voor warm tapwater maar voor ruimteverwarming. De opwarming van de woning overdag door de zon wordt dan opgeslagen en komt vrij zodra de temperatuur in de ruimte weer zakt.

Voor korte termijn opslag van zonnewarmte voor warm tapwater kennen PCM's in een 'vat' geen voordelen boven het goedkopere water, minder verliezen overdag worden gecompenseerd door hogere verliezen 's nachts.

Nadelen zijn de prijs, de lagere energiedichtheid en brandbaarheid.

6.13.2.1 *Latente opslag in zouthydraten*

Hiervoor geldt het zelfde als voor paraffines.

Zouthydraten hebben een hogere energiedichtheid (sommige zelfs hoger dan water), zijn onbrandbaar en hoeven niet duur te zijn. De levensduur van het materiaal is een struikelblok.

6.13.3 *Watertank, seizoensopslag*

Bij lange termijn opslag gaat het warmte verlies een grote rol spelen. Door het verliesoppervlak per volume te verkleinen, levert een grote tank meer voordelen op. Vandaar dat langetermijnopslag in watertanks vooral toepasbaar is in kantoren en appartementencomplexen. Per woning (uitgaande van 6 GJ/jaar warmteverraag) moet gerekend worden op een tank van 30 m³. Hoe groter de tank, hoe lager het relatieve warmteverlies en hoe lager de prijs per volume. Een seizoensopslag maakt in vergelijking met korte termijn opslag jaarlijks weinig cycli, waardoor de prijs per bespaarde GJ factor 30 hoger is. De absolute besparing per jaar per woning bedraagt ca 6 GJ mits de energie duurzaam is opgewekt door bijvoorbeeld een zonnecollector. Het grote volume zorgt voor een in of extern ruimtebeslag, dat samen met de grote massa de bouwvriendelijkheid en renovatiesnelheid negatief beïnvloedt.

6.13.3.1 *Bodem*

Warmte kan in de bodem opgeslagen worden in een "ductstorage" of aquifer. Bij ductstorage wordt gebruik gemaakt van lange verticale bodemwarmtewisselaars, goedkoop en betrouwbaar voor grote opslagvolumes of kleine opslagvolumes in combinatie met een warmtepomp. Hoewel de grond eerst (circa 5 jaar) opgewarmd moet worden, zijn daarna rendementen van 50% te verwachten. Warmte opslag in aquifers is vanwege technische redenen minder aantrekkelijk, terwijl voor grote volumes koude opslag in Nederland een terugverdientijd kent van 5 tot 7 jaar.

Een aquifer is een met water gevulde zandlaag op een diepte tussen de 50 en 500 meter.

Doordat in grond geboord moet worden is de bouwvriendelijkheid laag, het extern (ondergronds) ruimtebeslag is groot. Op woningschaal zijn deze oplossingen niet aantrekkelijk, op blokniveau, indien er de mogelijkheid is tot het inbrengen van de voorzieningen, zijn er mogelijkheden. Een collectieve

warmtepomp is dan ook noodzakelijk wat het rendement verhoogd maar gezamenlijk beheer ook noodzakelijk maakt.

6.13.3.2 *ThermoChemischeOpslag*

Met thermochemische opslag is het mogelijk de warmteverliezen te verminderen, waardoor de opslag compacter is dan een watertank. Opladen gebeurt door het laten reageren van twee stoffen in een endotherme reactie, 's winters wordt deze reactie omgekeerd..

Het is potentieel bruikbaar voor zowel nieuwbouw en renovatie, aanvankelijk in utiliteitsbouw vanwege de relatief lage warmtevraag. Het grootste voordeel boven water moet de compactheid van de opslag worden. Een factor 4 compacter ten opzichte van water is haalbaar, onderzoek is gaande naar een factor 10 compacter.

Deze opslag wordt gevoed door zonne- of restwarmte en het 'opgeladen' thermochemische materiaal is zonder warmteverliezen te transporteren.

Indien ontwikkelingen voorspoedig gaan is de bouwvriendelijkheid en renovatiesnelheid hoog, het intern ruimtebeslag is beperkt en energieneutraliteit op de ruimteverwarming is haalbaar.

6.13.4 *Energetisch effect van maatregelen*

Het energetisch effect van alleen een opslagmethode is nihil. Het voordeel ervan zit erin dat het moment van aanbod en vraag op elkaar kunnen worden afgestemd. Dit kan dagelijks ('s avonds kunnen douchen met water dat opgewarmd is dmv een zonnecollector) of jaarlijks zijn. Het rendement van opslag in directe warmte (bijvoorbeeld water) neemt af met de tijd door transmissie uit het vat, het rendement van PCM's of thermochemische opslag wordt bepaald door de omzetting en is niet tijdsafhankelijk.

6.13.5 *Toekomstige ontwikkelingen*

Er zijn volop ontwikkelingen in opslagtechnieken met name in de thermochemische opslagstechnieken en PCM door middel van zouten. Kostprijsverlaging, energiedichtheid en veiligheid en levensduur zijn daarbij aspecten.

6.13.6 *Conclusie en reflectie*

Met thermochemische opslag is in theorie een grote besparing te realiseren. Voor dagelijkse opslag zijn er al oplossingen die voldoende presteren (boilervat bij een collector). Toepassingen voor het gebruik van PCM's in plaatmaterialen zijn er ook al, echter nog niet bekend bij een groot publiek. Met name zomercomfort kan hiermee verbeterd worden. In voor- en najaar is ook een vermindering van de stookbehoefte te verwachten. Voor seizoensopslag op woningniveau zijn nog weinig concrete oplossingen. Problemen zijn nu nog de grootte van de opslag, prijs en rendement. Oplossingen als thermochemische opslag kunnen in de toekomst interessant worden.

6.14 OVERZICHT REALISTISCHE 0-MAATREGELEN

Tabel 22 geeft een overzicht van realistische 0-maatregelen. Op basis van deze 0-maatregelen zijn in hoofdstuk 9 tot en met 11 de volgende basisbouwstenen uitgewerkt: advanced, medium en light.

Tabel 22: overzicht realistische 0-maatregelen

Maatregel	Realistische maatregel, geschikt voor basisbouwsteen
Transmissie gevel	Slopen van buitenblad Vervangen van de hele gevel Buitenisolatie spouwmuurisolatie
Dak	Buitenisolatie Binnenisolatie Dak slopen
Vloer	Onderzijde Vullen gehele kruipruimte
Open delen	Voorzet beglazing buitenzijde Vervangen kozijn
Elektriciteitsgebruik	Stand-by killers A label apparatuur.
Warm tapwater	hotfill douche wtw leidinglengtes Combiketel (vatcapaciteit) 40° tapcircuit
infiltratie	binnenzijde; kit, tape, PUR binnenzijde; 'stijfselbom'
ventilatie	centrale mechanische aan en afvoer, met centrale WTW centrale mechanische aan en afvoer, met decentrale WTW natuurlijke toevoer, centrale mechanische afzuiging, met Warmte pomp verdeelring met gedeeltelijke WTW decentrale mechanische ventilatie met WTW
zonneboiler	wand, opbouw wand, inbouw dak, opbouw dak, inbouw
PV systemen	wand, opbouw wand, inbouw dak, opbouw dak, inbouw
Warmte koude opslag.	Watertank, korte termijnopslag Latente opslag in paraffine Latente opslag in zouthydraten Watertank, seizoensopslag Bodem ThermoChemischeOpslag

7 NIET BOUWTECHNISCH RENOVATIEPROCES

Vanuit het oogpunt van de 'Trias Energetica' is de Passieffhuis renovatie een logische stap in de reductie van CO₂ uitstoot in de bestaande voorraad. Zoals in werkpakketten twee en drie is aangegeven, zijn er naast de technische aspecten ook een groot aantal niet bouwtechnisch motieven die voor de eigenaar-bewoner van belang zijn bij het tot stand komen van de renovatie.

7.1 HET RENOVATIEPROCES

De huidige renovatiepraktijk is onvoldoende gericht op vermindering van het energiegebruik. In de bestaande renovatiepraktijk bestaat een grote discrepantie tussen de uit maatschappelijk oogpunt gewenste energiebesparing en de gerealiseerde besparing van het fossiele energiegebruik. Deels heeft dit te maken met het feit dat bouwkundige en installatiekundige maatregelen niet gezamenlijk worden aangepakt. Daarnaast wordt met de huidige maatregelen en technieken onvoldoende ingespeeld op de behoefte van de particuliere eigenaar en de woningcorporatie (Projectplan RIGOUREUS 2006).

Aanpak van de bestaande bouw moet allereerst aansluiten bij de motieven voor renovatie. Een groot aantal technieken dat ingezet kan worden voor vermindering van de CO₂-uitstoot is of wordt ontwikkeld vanuit de nieuwbouw, ofwel vanuit de techniek zelf. Renovatie van bestaande woningen kent echter een aantal specifieke randvoorwaarden waardoor deze technieken niet of verminderd toepasbaar zijn. Een directe inpassing van die technieken binnen de renovatie zou ten koste kunnen gaan van comfort, energiebesparing en economische haalbaarheid. Hiermee kan het draagvlak voor dergelijke maatregelen bij beslissers en eindgebruikers afnemen. Om tot echte innovatieve renovatieconcepten te komen, moet afstand worden genomen van de gebruikelijke aanpak en geprobeerd worden op een fundamenteel andere wijze de bestaande bouw te benaderen. Voor het creëren van draagvlak is ondermeer meer inzicht nodig in de kansen en knelpunten die woningeigenaren ondervinden bij duurzame renovatieprocessen. Het vraagt ook om meer inzicht in de motieven die eigenaren doen besluiten tot duurzame renovatie.

7.1.1 *Beheersvormen*

Er bestaan grote verschillen tussen de woningvoorraadkenmerken van de sociale huursector, de particuliere huursector en de koopsector. Indien gekeken wordt naar de verdeling van EPBD labels van de woningen koopwoningen, sociale huur en particuliere huur komt het volgende beeld naar voren: Procentueel gezien hebben woningcorporaties de minste G woningen, vooral de particuliere huur sector scoort slecht. Aangezien de woningcorporaties een zeer grote sector vormen, zijn er in deze sector toch nog zeer veel woningen die in de klassen E, F en G vallen. Voor de koopsector geldt dit nog in sterkere mate. De particuliere huursector heeft het hoogste percentage woningen met een G-label. Echter, in absolute aantallen is het aantal woningen met slechte isolatie in de koopsector het hoogst. Ten aanzien van het gasverbruik geldt dat uitgesplitst naar woningperiode er geen grote verschillen tussen woningen uit verschillende bouwperiodes bestaan. De woningen gebouwd in de periode 1945- 1965 verbruiken gemiddeld het minste elektriciteit. De woningen zijn door de jaren heen groter geworden (VROM 2003) en bevatten meer elektrische apparaten. Dit verklaart het hoge elektriciteitsverbruik van de nieuwere woningen.

7.1.2 *Actoren*

De verschillen tussen de beheersvormen gaan gepaard met betrokkenheid van andere actoren in het renovatieproces. Het renovatieproces bestaat globaal uit 6 fases: initiatiefase, de onderzoekfase, de programmaformulering, de planontwikkeling en de goedkeuringsfase. De renovatievraag wordt bepaald

door de mate waarin de input, de bestaande woning, verschilt van de eisen van de bewoner en/of van de verhuurder. Het aanbod is de realisatie van de renovatievraag. Als vraag en aanbod in voldoende mate matchen en de opdrachtgever bereid is de voor de renovatie gevraagde prijs te betalen, dan kan het renovatieproces in de uitvoeringsfase komen. Probleem bij het matchen van vraag en aanbod is dat de beoogde prestatie aan de vraagzijde en de aanbodzijde geheel verschillend wordt geformuleerd: aan de vraagzijde in woonfuncties en aan de aanbodzijde in bouwtechnisch geformuleerde renovatiecapaciteit. De sociale huursector beschikt redelijkerwijs over voldoende professionaliteit om deze vertaalslag te kunnen maken. Voor eigenaar-bewoners ligt dat lastiger en is professionele ondersteuning nodig, maar dat is vaak zo kostbaar dat het een belemmering vormt. Bij verdergaande energiebesparing tijdens renovatie is er sprake van een discrepantie tussen vraag en aanbodzijde. Deze discrepantie geldt zowel de sociale huur als de koopsector. Deze discrepantie wordt veroorzaakt door de gebrekkige kennis bij een deel van de woningcorporaties (Siderius 2007; Sunikka & Boon 2002) en de eigenaar-bewoners, als ook aan de kant van de aannemers, architecten en installateurs (Siderius 2007).

Naast de direct betrokken actoren is er sprake van een aantal actoren welke indirecte invloed hebben op het renovatieproces. Zij vormen met elkaar de context waarin het renovatieproces plaatsvindt. Naast de overheid zijn dit vooral belangenorganisaties en private partijen.

7.1.3 Belangen en motieven

Voor zowel woningcorporaties als professionele verhuurders zijn grootschalige investeringen in energiebesparende maatregelen rationele keuzes, die gemaakt worden aan de hand van de doelstelling van de organisatie. De in werkpakket 4 ontwikkelde innovatieve renovatieconcepten vergen grote investeringen met een lange afschrijvingstermijn. Woningcorporaties hebben naast bedrijfsdoelstellingen ook maatschappelijke doelstellingen. Er zijn altijd woningcorporaties die een koploperspositie in nemen en verhoudingsgewijs veel gewicht toekennen aan maatschappelijke doelstellingen als energiebesparing. Voor de grootste groep van trendvolgers lijkt energiebesparing meer gewicht te hebben gekregen met de oplossing die er voor een aantal problemen in het verschiet ligt (convenant Energiebesparing bestaande bouw). Woningcorporaties sturen ook op woonlasten en zijn in dat opzicht beperkt, aangezien de laagste inkomens in de huizen met de laagste huren en de hoogste energiekosten wonen (zie belemmeringen).

Eigenaar-bewoners lijken meer dan huurders gevoelig voor kostenbesparing, maar schrikken terug door de hoogte van de investeringen. Deels wordt dit bepaald door hun lager dan gemiddeld besteedbaar inkomen. Eigenaar-bewoners van woningen uit de periode 1945-1976 hebben een lager netto inkomen dan eigenaar-bewoners van woningen uit andere bouwjaren. Deels schrikken eigenaar-bewoners ook terug door de hoogte van de investeringen door een gebrek aan kennis over energiebesparende maatregelen en bijvoorbeeld rendementen en terugverdientijden. Op zich hoeft dit geen groot probleem te zijn, want eigenaar-bewoners zijn geneigd om af te gaan op de betrouwbaarheid en de garantieverlening door 'deskundigen'. Het gebrek aan deskundigheid van andere actoren dan eigenaar-bewoners brengt dan wel weerbarstige problemen met zich mee. Voor consumenten is het van groot belang dat de deskundigen betrouwbaar zijn en over voldoende kennis beschikken, omdat misstanden al gauw tot negatieve reclame leiden. Voor consumenten zijn juist de toename van comfort en gezondheid en het gebruik van technologische maatregelen belangrijke motieven waardoor draagvlak ontstaat voor energiebesparende maatregelen bij renovatie.

Voor huurders is de situatie in zekere mate hetzelfde. Een belangrijk deel van hen woont eveneens in woningen met een slechte energieprestatie, waardoor zij te maken hebben met hoge woonlasten. Veel mensen in de sociale huursector hebben slechts een beperkt besteedbaar inkomen. Bij huurders doet zich de discussie voor waar de verantwoordelijkheden liggen. Aan de ene kant zijn huurders inmiddels in staat gesteld om via de regeling zelf aangebrachte verbeteringen (ZAV) energiebesparende maatregelen te nemen. Aan de andere kant blijkt uit onderzoek dat huurders dit de verantwoordelijkheid van de verhuurder te vinden. Woningcorporaties erkennen dit ook als een taak, maar omdat er dan sprake is van

renovatie wordt er naast de voorstellen tot renovatie een voorstel tot huurverhoging gelegd. Voor huurders is de stijging van de huur het belangrijkste nadeel. Mogelijk speelt voor huurders ook mee dat zij niet over de financiële ruimte beschikken om dergelijke investeringen te doen, ook al verdienen die investeringen zich snel terug. Verbetering van comfort is voor hen een belangrijk voordeel.

Naast de eigenaar-bewoners zijn er vaak een aantal andere actoren betrokken bij renovatie waarin apart aandacht is voor energiebesparing. Dit betreft bijvoorbeeld onafhankelijke adviseurs, zoals gemeente en EPA adviseurs. Zij hebben een belangrijke rol in het adviseren en stimuleren van eigenaar-bewoner. Deze adviseurs kunnen het ambitieniveau van de toegepaste maatregelen stimuleren, maar kunnen ook demotiveren. Een goede eenduidige aanpak is van groot belang om een zo goed mogelijk projectresultaat te realiseren. Een ander belangrijk type actor is de trekker. De trekker heeft een belangrijke rol om een voldoende groot schaalniveau in een project te kunnen realiseren, waardoor er kostenbesparend gewerkt kan worden. Een trekker is iemand met voldoende charisma en invloed in de wijk om ook de 'achterblijvers' te motiveren. Eigenaar-bewoners zijn in tegenstelling tot huurders gevoelig voor de participatie van buurtgenoten en horen graag van anderen over hun ervaringen.

Door het grote aantal actoren dat betrokken is bij renovatie in de koopsector, geldt voor de koopsector in sterke mate dat de verschillende belangen en motieven voor renovatie van actoren interfereren. Dit kan verstrekende gevolgen hebben voor bijvoorbeeld financieringsconstructies en draagvlak. Aandacht vanuit de gemeente voor de wijk maakt financieringsdragers mogelijk (SVN, waardestijging van de wijk en subsidies). Vaak is er sprake van achterstand op het onderhoud. Dit maakt dat de gewenste renovatie ingreep zeer urgent is en omvangrijk (veel onderhoud per huishouden) is. Het belang van urgentie blijkt ook uit de keuze uit het onderzoek onder eigenaar-bewoners dat samen met de VEH is uitgevoerd onder haar leden. Veel van de gedane investeringen betreffen vervanging van bijvoorbeeld CV-ketel en kozijnen. De urgentie van de renovatie en de kostenbesparing die renovatie oplevert, zijn zeer belangrijke motieven. Niet alleen omdat het medepalend is voor iemands houding ten aanzien van de renovatie, maar ook omdat het een bijdrage levert aan het oplossen van een belemmering. Door tijdens het groot onderhoud (renovatie) aandacht te besteden aan energie- en dus ook kostenbesparing, ontstaat een financiële drager voor de noodzakelijke renovatie. Het belang van de casus Rustenburg Oostbroek is dat het zichtbaar maakt wat de voordelen waren geweest als dit van tevoren was gerealiseerd. Energiebesparing had dan bij kunnen dragen aan het realiseren van het hoofddoel van de gemeente, namelijk succesvolle realisatie van woningvergroting. Zowel uit onderzoek naar motieven van individuele eigenaar-bewoners (o.a. enquête VEH 2007), als uit de casestudies (Leeuwenborg, Rustenburg Oostbroek, Waal en Jeker) blijkt dat ook comfort- en gezondheidsmotieven van belang zijn. In de Leeuwenborg kwam de gemeente in eerste instantie met een voorstel voor duurzame energie. In overleg met de buurt is uiteindelijk voor een aanpak van vocht- en schimmelproblemen gekozen, waarbij duurzame energie als optie is meegenomen. In de Waal en Jeker flats zijn nieuwe kozijnen geplaatst met HR++ beglazing en is kierdichting gebeurd om koudeval in de woning te verhelpen (comfortverbetering). In Rustenburg Oostbroek ligt het accent op een andere vorm van comfortverbetering, namelijk woningvergroting.

Uit onderzoek naar motieven voor energiebesparing bij individuele eigenaar-bewoners blijkt dat zorg om het milieu ook een rol speelt. Naast isolatie zou bij mensen met een dergelijke motivatie ook een grotere vraag naar duurzame energie (PV-panelen, zonneboilers) mogen worden verwacht. Uit de VEH-enquête 2009 blijkt wel de belangstelling, maar tot hoge penetratie van dergelijke duurzame energiebronnen heeft dit vooralsnog niet geleid. Niet toevallig hangt deze belangstelling samen met het bekendmaken van een nieuwe subsidieregeling t.t.v. de enquête. Subsidieregelingen leiden tot een zogenaamd meeneemeffect. Voor zonneboilers wordt geschat dat ongeveer 10%-30% van de mensen die een zonneboiler aanschaffen op het moment dat er een subsidieregeling van kracht is, dit ook had gedaan zonder subsidieregeling (Kerssemeeckers et al. 2002). Er zijn dus maar weinig mensen die een zonneboiler aanschaffen zonder subsidie. Het aantal mensen dat een zonneboiler of PV-panelen heeft was zowel in 2007 als in 2009 erg laag. De belangstelling was veel groter. Uit de casestudies blijkt ook telkens dat het intrekken van de subsidieregeling in het verleden (MAP) ertoe heeft geleid, dat dit soort maatregelen bij de uitgevoerde

projecten vaak zijn komen te vervallen. De casus van de Stoere Houtman laat zien dat voor leden van de wijkvereniging duurzaamheid een belangrijke motivatie was. Leden van deze vereniging lijken getypeerd te kunnen worden als 'milieu-idealisten' die bereid zijn om hun gedrag aan te passen. Tegelijkertijd laat dit project zien dat er een kloof is tussen ambitie en wat er gerealiseerd kan worden in de praktijk.

7.1.4 Belemmeringen

Voor woningcorporaties was (is) het probleem van de split incentive, waarbij huurders de baten hebben en de woningcorporaties de lasten, een barrière. Ook de beperkte mogelijkheden om investeringen terug te verdienen via het woningwaarderingssysteem functioneerde in de praktijk als barrière. In het convenant Energiebesparing corporatiesector zijn afspraken opgenomen die het probleem van de split incentive adresseren. Huurders krijgen op wooncomplexniveau een woonlastenwaarborg. Dit houdt in dat de verlaging van de maandelijkse energiekosten als gevolg van de energiebesparende maatregelen groter is dan de huurverhoging. Deze afspraken zullen verankerd gaan worden in wetgeving. Ook zal naar verwachting de energieprestatie van een woning per juli 2010 zal verdisconteerd worden in het WoningWaarderingStelsel (WWS; brief 2/7/9 WWI aan tweede kamer). Daarmee zou door woningcorporaties aan een aantal randvoorwaarden worden voldaan die tot nog toe voor veel woningcorporaties als barrières voor investeringen in energiebesparende maatregelen worden genoemd. Blijft voor woningcorporaties de hoge investeringen die gemoeid zijn met de beoogde energiebesparing. Bij isolatie tot op een niveau waarop de CO₂-uitstoot met nog niet eens 50% vermindert, zijn de geschatte kosten per woning gemiddeld €12.000. Verbeterde ketensamenwerking maakt het mogelijk om de omvang van de investeringen naar beneden bij te stellen. Gesteld dat dit tot een besparing van 30% op de kosten leidt (Menkveld, Boerakker, & Mourik 2005), dan resteert nog een aanzienlijke investering van meer dan €8500, plus extra investeringen in bijvoorbeeld een zonneboiler en een kleine warmtepomp. Deze aanvullende investeringen zijn nodig om de gewenste reductie te bereiken. Dergelijke omvangrijke investeringen maken het voor woningcorporaties des te belangrijker dat dergelijke renovaties complexgewijs kunnen worden gerealiseerd. Dit vergt een goede communicatie met de huurders, hoe redelijk de voorgestelde huurverhoging door acceptatie van onrendabele top, outsourcing of subsidiëring ook mag zijn. Uit werkpakket 3 [8] blijkt dat huurders vanwege huurverhogingen geneigd zijn om niet (makkelijk) akkoord te willen gaan. Bij deze grootte van investeringen is het voorstelbaar, dat het voor woningcorporaties lastiger is om 70% instemming van huurders te verkrijgen. Weliswaar zijn er wettelijke mogelijkheden om renovatie door te voeren, maar dit draagt niet bij aan een goede relatie met huurders. Onderzoek van Siderius (2007) laat zien dat de huishoudens met lage inkomens in verhouding tot de ander doelgroepen relatief duur wonen.

Investeringen in energiebesparingen kunnen niet alleen via de WWS en de woonlastenwaarborg worden opgebracht door de huurders. Huurders besteden al minder aan energiekosten dan eigenaar-bewoners. Desondanks is hun woonquote, het deel van hun inkomen dat zij besteden aan woonlasten, hoger dan dat van eigenaar-bewoners (25%). Het aantal huurders dat tot de oorspronkelijke doelgroep van de woningcorporatie behoort, dus huurders met een inkomen onder een bepaalde inkomensgrens, besteedt een aanzienlijk groter deel (44%) van het inkomen aan woonlasten, dan huurders met een hoger inkomen (31%). Gezien de woonlasten is het maar zeer de vraag of de woonquote niet te groot gaat worden, als de huur om hoog gaat vanwege het voor een deel doorberekenen van investeringen.

Als belangrijkste belemmering voor eigenaar-bewoners geldt de financiering van de renovatie genoemd worden. Uit de casestudies (zie rapportage werkpakket 2) blijkt dat de aanwezigheid van voldoende financiële dragers en een financieringsconstructie die rekening houdt met de draagkracht van de eigenaar-bewoners in hoge mate bijdraagt aan het succes van de grootschalige, lokale aanpak. Het succes van de Leeuwenborg en de Waal- en Jeker wordt gedragen door de aanwezigheid van financiële dragers (besparing energiekosten, onderhoudskosten) en de moeite die is gedaan om een passende financieringsconstructie op te zetten (SVn-lening, afspraken om investeringen buiten de woonquote te

houden). Daarnaast zijn er in de casestudies voorzichtige aanwijzingen te vinden, dat niet alleen eigenaar-bewoners het ontbreekt aan een sterke oriëntatie op energiebesparing, maar dat het hieraan ook bij gemeenten kan ontbreken. Juist omdat energiebesparing als financiële drager kan fungeren, is dat in dergelijke gevallen te beschouwen als een gemiste kans. Een andere aanwijzing die uit de casestudies (zie rapportage werkpakket 2) naar voren komt, is dat wijkgerichte aanpak baat heeft bij het vroegtijdig betrekken van bewonersverenigingen in de planvorming. In de Leeuwenborg kwam de gemeente met een voorstel voor het gebruik van duurzame energiebronnen naar de wijkvereniging toe. In de cases van Rustenburg Oostbroek en De Stoere Houtman werd er een plan voor sloop gepresenteerd. In deze twee cases komen de bewoners in verzet. Onduidelijk is in hoeverre dit heeft bijgedragen aan het geringe succes van de projecten. Daar hebben ook andere factoren een rol in gespeeld. Uit de casus van de Waal en Jeker en de Leeuwenborg blijkt wel het enorme belang dat aan een goede en dus ook tijdige communicatie moet worden toegekend. Een goede communicatie vraagt om vertrouwen en dat kost veel tijd in een vroegtijdige fase. Een goede communicatie lijkt wel bij te dragen aan een snellere doorloop en succesvolle afronding. Bij een goede communicatie hoort dat van tevoren is overlegd, ook tussen afdelingen van de gemeente, dat eigenaar-bewoners een duidelijk aanspreekpunt hebben. Dit punt komt overeen met de bevindingen van Van Hal et al. (2008)

7.1.5 Hoe te verleiden?

In de rapportage over werkpakket 2 wordt onderscheid gemaakt tussen een individuele benadering van eigenaar-bewoners, die ook aan de basis van het MvM-convenant staat, en een grootschalige, lokale benadering van eigenaar-bewoners. Een grootschalige benadering laat anders dan een collectieve benadering, de besluitvorming over aan de individuele eigenaar-bewoner, maar kent een aansturing op lokaal niveau. Het belangrijkste verschil ten aanzien van de belangen, motieven, belemmeringen en de verleidingsstrategieën van eigenaar-bewoners van de beide strategieën, is de financiering. Uit de casestudies blijkt dat de aanwezigheid van voldoende financiële dragers en een financieringsconstructie die rekening houdt met de draagkracht van de eigenaar-bewoners, in hoge mate bijdraagt aan het succes van de grootschalige, lokale aanpak.

De in de casestudie van de Leeuwenborg (zie rapportage werkpakket 2) beschreven benadering is het Wonen ++ concept, een voorbeeld van een verleidingstrategie welke ook uit het onderzoek van Van Hal et al. (2008) naar voren komt als een voorbeeld van een succesvolle verleidingstrategie. Mensen kunnen ontzorgd worden door de aanbevolen maatregelen door de projectontwikkelaar uit te laten voeren. In het geval van de Leeuwenborg kon de betreffende projectontwikkelaar door schaalvoordelen ook een gunstiger prijs bieden. Zowel het onderzoek van Van Hal et al. als de casestudies benadrukken dat onafhankelijk actoren als de gemeente en EPA-adviseurs een belangrijke uitgangspositie vormen voor een succesvolle verleidingstrategie. Mensen blijken in dit opzicht wantrouwend te staan tegenover advisering door MKB-ers vanwege mogelijke belangenverstrengeling. Een grootschalige, lokale strategie maakt gebruik van de behoefte van eigenaar-bewoners om ervaringen te horen van andere eigenaar-bewoners. Dit sluit aan bij kennis uit gedragsonderzoek dat de sociale omgeving van invloed is op de besluitvorming (Kollmuss & Agyeman 2002). Dit impliceert dat het vooral moet gaan om ervaringen van mensen uit het eigen sociale netwerk. Een grootschalige, lokale benadering maakt hier gebruik van, omdat in elk geval een deel van het netwerk zich in de lokale woonsituatie zal bevinden. Het succes van een dergelijke grootschalige, lokale benadering kan versterkt worden, als er in dit lokale sociale netwerk iemand is die zich als trekker opwerpt. Een trekker is dus een eigenaar-bewoner en niet een professional die moeite wil doen om andere mensen op te zoeken en bij het project te betrekken.

7.2 BESLUITVORMING

Bij de ontwikkeling van hoge ambitie innovatieve renovatieconcepten moet niet alleen rekening wordt gehouden met de energieprestatie van de verschillende innovatieve maatregelen, maar ook met karakteristieken die de acceptatiegraad van een dergelijke innovatief renovatieconcept beïnvloeden. Het is de bedoeling dat de in dit werkpakket beschreven innovatieve renovatieconcepten draagvlak hebben onder de 'gewone mensen'. Deze doelgroep is nodig om het gestelde doel van een CO₂-reductie van 75% te kunnen realiseren. Van groot belang is dat de renovatieconcepten vraaggestuurd zijn en niet top-down worden ontwikkeld.

7.2.1 *Karakteristieken van besluitvorming woningcorporaties*

In werkpakket 3 is verder ingegaan op de karakteristieken van besluitvorming. De literatuur maakt onderscheid tussen demografische, externe (institutionele, economische en sociaal-culturele) en interne factoren. Voor woningcorporaties zijn, meer dan voor eigenaar-bewoners, externe factoren van belang bij besluitvorming. Dat betekent niet dat motivationele factoren geen rol spelen in besluitvorming over duurzame renovatie. Voor woningcorporaties kan dat de reden zijn om energiebesparing als apart doel op te nemen in hun strategische voorraadbeleid. Het convenant Energiebesparing corporatiesector dat tussen AEDES, de woonbond en de ministeries WWI en VROM is gesloten en de aanstaande wetgeving zullen er de komende jaren toe leiden dat energiebesparing altijd deel uitmaakt van het strategische voorraadbeleid. In 2007 vond Siderius dat slechts eenderde van de woningcorporaties energiebesparing als doel had opgenomen in het strategische voorraadbeleid. Dit was nauwelijks meer dan het aantal corporaties dat energiebesparing 6 jaar daarvoor, in 2000, had opgenomen in het strategische voorraadbeleid. Veranderingen van het strategische voorraadbeleid kosten tijd. Het convenant dat met AEDES is gesloten en de aanstaande wetgeving zullen hier wel verandering in brengen, maar dit zal tijd kosten. Voor professionele verhuurders zijn grootschalige investeringen in energiebesparende maatregelen rationele keuzes, die gemaakt worden aan de hand van de doelstelling van de organisatie (commercieel of maatschappelijk). De in dit werkpakket ontwikkelde innovatieve renovatieconcepten vergen grote investeringen met een lange afschrijvingstermijn. Uit onderzoek van Siderius (2006) en Thissen (2007) blijkt dat niet-energetische karakteristieken voor woningcorporaties het grootste gewicht in de schaal leggen in besluitvorming over renovaties. Voor een woningcorporatie is bij dergelijke beslissingen vooral van belang of de verhuurbaarheid, leefbaarheid, terugverdientijd verbeterd; of de door te voeren renovatiemaatregelen het wonen voor de bewoners niet onaantrekkelijk maakt en of het tot lage onderhoudskosten leidt. Andere karakteristieken als energiekosten, de hoogte van de investeringen (orde van grootte: €20.000), verbetering van gezondheidskwaliteit en comfort, rendement (profitability), complexiteit van het renovatieproces en de plattgrondkwaliteit van de woning) doen er duidelijk minder toe.

Als onderdeel van werkpakket 3 is voor woningcorporaties een rekenmodel ontwikkeld ter ondersteuning van de besluitvorming inzake energiebesparende innovatieve renovatieconcepten of maatregelen. Om de diversiteit van het bezit van woningcorporaties zo goed mogelijk te kunnen faciliteren, is een dynamisch rekenmodel ontwikkeld waarvoor de invoergegevens zijn vastgelegd in dit werkpakket (werkpakket 4'. Deze gegevens zijn aangevuld met beschikbare gegevens van SenterNovem. Op dit moment zijn in de achterliggende rekenbladen gegevens opgenomen over investeringskosten en energiebesparingpotentieel van diverse maatregelen. Aan de hand van invoerparameters wordt de cashflow (kasstroom) en de netto contante waarde berekend. De netto contante waarde is de waarde van toekomstige kasstromen uitgedrukt in euro's van nu. Deze is afhankelijk van de nieuw verwachte exploitatieduur. De exploitatieduur van de woning wordt door de woningcorporatie bepaald in haar strategische voorraadbeleid. Voor eenvoudige maatregelen en de concepten (zie [2]) is het mogelijk om de gevolgen voor de woonlasten (voor de bewoner), de netto contante waarde (voor de corporatie), de energie-index (gekoppeld aan

EPBD-label), het percentage besparing in (primaire) energieverbruik door te rekenen. In het convenant Energiebesparing bestaande bouw zijn afspraken gemaakt over een woonlastenwaarborg. Dit moet een oplossing bieden voor het probleem van de split incentive (ref, huurder heeft baten, woningcorporatie heeft lasten). Afgesproken is dat de huur door het toepassen van energiebesparende maatregelen niet sterker zal stijgen dan de besparing op de energiekosten. In het rekenmodel zijn 3 strategieën opgenomen om de investeringskosten door te berekenen naar de bewoner. Dit betreft verrekening via de WWS (1), verdeling opbrengsten corporatie, bewoner (2) en betrokkenheid energiediensten (3). Via de WWS kunnen alleen kosten voor isolatie (glas, isolatie) en de kosten voor installatie (bv HRketel, thermosstatische radiatorknoppen) worden doorberekend. Innovatieve installaties (PV, zonneboiler, warmtepomp, micro-WKK, etc) zijn nog niet verwerkt in de WWS (zie werkpakket 2). Tenslotte bestaat de mogelijkheid om subsidie voor eerstejaarsinvesteringskosten door te berekenen. Verdere doorberekening van subsidies is niet opgenomen vanwege de variëteit en onzekerheid van beschikbare subsidies.

7.2.2 Karakteristieken van besluitvorming in eigenaar-bewoners

Op basis van het vignettenonderzoek uit werkpakket 3 kunnen een aantal belangrijke conclusies worden getrokken voor de verdere ontwikkeling van de renovatieconcepten ten behoeve van eigenaar-bewoners. Daarbij moet van tevoren de kanttekening worden geplaatst dat slechts 6 factoren zijn betrokken in het vignettenonderzoek, namelijk isolatie (light, medium, high basisbouwsteen), technologische maatregelen (zonneboiler, zonering, en warmtepomp), terugverdientijd (3-7 jaar, 7-14 jaar, 14-21 jaar), overlast (1 maand in rommel thuis, 1 maand uit huis), comfort (geen woningvergroting, dakkapel, uitbouw over 2 verdiepingen) en gedragsverandering (geen gedragsverandering, vervanging van witgoed door A++ witgoed, vermindering van apparatuur door de droger weg te doen). Gelet op de grootte van de effecten is één van de belangrijkste conclusies dat financiering van de renovatieconcepten een dusdanig groot probleem is, dat als dit probleem niet voldoende wordt opgelost, het draagvlak voor implementatie van dergelijke hoogwaardige renovatieconcepten ontbreekt. Daarmee is niet gezegd dat de eigenaar-bewoner geen enkele investering wil doen. 50% van de mensen wil in de komende 5 jaar voor een bedrag van ten hoogste €2500 tot €5000 aan energiebesparende maatregelen wil investeren in hun woning. Nog eens 14% wil tot een bedrag van €5000 - €10000 gaan. De hoogte van deze investeringen komt ook redelijk overeen met wat men zowel in 2007 als in 2009 heeft geïnvesteerd, maar het gaat hier wel om eigenaar-bewoners van wie slechts een deel een woning bezit uit de periode 1945-1976. Probleem is dat eigenaar-bewoners van de doelgroepwoningen niet tot de hogere inkomensgroepen behoren. Uit de casestudies in werkpakket 2 blijkt dat veel mensen moeite hebben met verkrijgen van leningen, waardoor het lastig is om de benodigde investeringen op te kunnen brengen. In het vignettenonderzoek is niet de hoogte van de investering systematisch gevarieerd, maar is de terugverdientijd gevarieerd. De hoogte van de investering kan een factor van betekenis zijn, de terugverdientijd wordt in de praktijk vaak gebruikt om eigenaar-bewoners te overtuigen. Bovendien is de grootte van de investeringen niet goed in te schatten, omdat het om renovatieconcepten gaat die pas over een aantal jaren implementeerbaar zouden moeten zijn (randvoorwaarde SenterNovem EOS LT). Om te zorgen dat terugverdientijd onafhankelijk van werkelijke kosten beoordeeld zou worden, is gesteld dat door middel van subsidies deze terugverdientijd als reëel beschouwd kon worden. Uit de twee meest gekozen concepten blijkt duidelijk dat naast een terugverdientermijn van 3-7 jaar, ook een terugverdientermijn van 7-14 jaar onder bepaalde voorwaarden acceptabel is. De hoogte van het inkomen is niet van invloed op wat als een acceptabele terugverdientijd wordt beschouwd. Uit dit onderzoek komt duidelijk naar voor dat een terugverdientijd van meer dan 14 jaar niet acceptabel is.

Een tweede belangrijke uitkomst van het vignettenonderzoek is, dat technologische maatregelen als zonneboiler en warmtepomp de voorkeur krijgen boven zonering. Mensen met hogere inkomens hebben ook een sterkere voorkeur voor de warmtepomp dan de laagste inkomensgroepen. Een mogelijke verklaring is, dat zonering niet zozeer als een technologische oplossing is ervaren. Daarmee zouden de

resultaten van dit onderzoek aansluiten bij eerder onderzoek van Poortinga et al (2003) en het NIBUD onderzoek uit 2007. In zonering ligt meer dan bij de andere 2 maatregelen (zonneboiler, warmtepomp) de nadruk op isolatie van de tussenvloer. Mogelijk is zonering minder als een technologische oplossing beoordeeld en meer beschouwd als een vorm van isolatie. De overgrote meerderheid van eigenaar-bewoners heeft ook gekozen tegen een vorm van isolatie tot op het niveau van passief huis waarbij de gevel vervangen zou worden door een compleet nieuwe gevel en waarbij ook het dak volledig vervangen zou moeten worden. De concepten die het meest gewaardeerd worden, bevatten of isolatie van de spouw in combinatie met dakisolatie aan de binnenzijde (basisbouwsteen light) of isolatie van de buitengevel in combinatie met dakisolatie aan de binnenzijde (basisbouwsteen medium). Het is wel zo dat het verschil in waardering tussen medium en high isolatie niet bijzonder groot is. Mogelijk speelt bij de negatieve beoordeling van isolatie tot op passief huis niveau mee, dat dergelijke maatregelen veel ingrijpender zijn. Op dezelfde manier zou voor zonering kunnen gelden, dat de daarbij behorende maatregelen aanzienlijk ingrijpender zijn voor bewoners dan het plaatsen van een zonneboiler of een warmtepomp. Beide maatregelen omvatten werkzaamheden die een veel lokale ingreep betreffen. Daarmee zou overeenkomen met het vrij grote gewicht dat overlast als karakteristiek in de schaal legt. Dat overlast een rol speelt in de besluitvorming is ook gevonden in het NIBUD-onderzoek (2007). Echter, in ons onderzoek heeft het aanzienlijk meer gewicht dan in het NIBUD-onderzoek. Waarschijnlijk speelt in dit verband ook mee dat het NIBUD-onderzoek uit is gegaan van een situatie zonder overlast en een situatie waarbij men niet altijd overal bij kan. Beide situaties zouden in ons onderzoek onder één categorie, namelijk matige overlast vallen, terwijl de andere categorie, een maand lang niet thuis kunnen wonen buiten het bestek van het NIBUD-onderzoek valt. De door ons voorgelegde situaties zijn aanzienlijk ingrijpender dan die uit het NIBUD-onderzoek. De verwachte energiebesparing is ook veel groter. Uit de vignetten die de meest gewenste situatie benaderen, blijkt dat het vergroten van de woning, in beide gevallen woningvergroting over 2 verdiepingen, een renovatieconcept aantrekkelijker maakt. Vergroting van comfort kan daarmee de impact van een aantal andere als negatief beoordeelde karakteristieken van een renovatieconcept compenseren. De waardering voor woningvergroting hangt wel samen met de levensfase (huishoudsamenstelling, leeftijd en inkomen) waarin men verkeert. Comfort is voor jongere mensen, gezinnen met kinderen belangrijker dan voor de hogere leeftijdsgroepen die geen thuiswonende kinderen meer hebben.

Algemeen kan gesteld worden dat mensen best geneigd zijn om hun gedrag aan te passen door hun witgoed te vervangen door een pakket witgoed met A+++-label. Men vervangt liever het witgoed, dan dat men niets doet. Duidelijk is ook dat mensen liever hun gedrag niet aanpassen dan dat ze apparatuur als een droger wegdoen. Alleen bij mensen die blij geven van een persoonlijke norm waarbij klimaat zwaarder weegt dan welvaart, neemt de bereidheid om een apparaat als de droger uit huis te doen toe naarmate de norm meer naar de kant van klimaat verschuift. Echter, bij hogere terugverdiertijden neemt de bereidheid van mensen af om een droger uit huis te doen af.

Op basis van de gevonden waarden kan een advies worden gegeven over welke concepten verder uit gewerkt zouden kunnen worden op basis van het in dit onderzoek gebruikte beslismodel. De uiteindelijke keuze is de resultante is van een afwegingsproces waarin interne factoren (waardering van overlast, gedrag en comfort, persoonlijke norm, milieubewustzijn), economische factoren (terugverdiertijd, inkomen), demografische factoren (opleiding, leeftijd) en technologische factoren (isolatie, technologische maatregelen) een rol spelen. Andere factoren zijn niet onderzocht, maar kunnen evenzeer van belang zijn. Voor de karakteristieken isolatie, technologische maatregelen (bouwstenen), overlast, comfort, terugverdiertijd en gedrag zijn kengetallen voor waardering (utiliteiten) vastgesteld. Er is een kwalitatief beslismodel opgesteld, omdat met de huidige magere kennis over besluitvorming rond duurzame renovatie, een rekenmodel niet te rechtvaardigen is. Teveel onderzoek heeft zich gericht op het belang van afzonderlijke factoren in besluitvorming. Naar onze mening zou eerst verder aanvullend onderzoek moeten worden gedaan naar de mate waarin andere interne factoren, andere financieringsconstructies en

andere technologische en niet-technologise factoren van invloed zijn op complexe besluitvorming, voordat een rekenmodel wordt opgesteld.

7.3 CONCLUSIE EN REFLECTIE

7.3.1 Wijk aanpak

Naoorlogse eengezinswoningen van voor 1975 zijn vaak gelegen in aandachtsgebieden voor gemeenten. De focus van gemeenten ligt nu op de naoorlogse woningen. De bereidheid van de uitvoerende partners is duidelijk aangegeven door Bouwend Nederland, die een renovatiegolf willen opzetten waar bij er 300.000 woningen per jaar worden gerenoveerd. Voor een dergelijk groot volume is een voldoende groot schaalniveau noodzakelijk (wijk, buurt of woning blok).

Grootschalige vraagbeperking is als thema sterk door gevoerd in de trias energetica. Dikke pakken isolatie zorgen voor rigoureuze aanpak van buitenschil. Deze gevelaanpak heeft niet alleen veel gevolgen voor de eigenaar-bewoner maar ook voor de burens en de wijk.

Voor de wijk verandert het aanzicht van de woning en dat kan weerstand oproepen bij de welstandcommissie en vereist in ieder geval een vergunningstraject bij de gemeente. Maar ook de naaste burens of misschien wel het hele woonblok zullen moeten rekening houden met een verspringsing in de rooilijn wanneer de maatregelen op individueel niveau plaatsvinden. Verspringsing in rooilijn zal geen issue zijn wanneer het totale woonblok meedoet met de maatregelen.

Succes op een groter schaalniveau wordt echter alleen bereikt als er veel aandacht wordt besteed aan de communicatie met de individuele bewoners. Het bestedingsvermogen van de bewoners in deze wijken is in het algemeen laag. De hypotheeklasten zijn hoog en eigenaar-bewoners in deze wijken zitten dan ook vaak aan het maximum van het woonquotum. Toepassen en het voorfinancieren van dure installaties zijn voor deze groep geen optie.

Collectieve wijk (buurt) aanpak zal flexibel en gedifferentieerd uitgevoerd kunnen worden, waarbij het van belang geacht wordt dat de individuele eigenaar-bewoner zijn gekozen concept moet kunnen toepassen (isolatie in de spouw of een nieuwe buiten gevel).

7.3.2 Duurzaamheid

De doorgaans goede ligging ten opzichte van stedelijke centra en de betaalbaarheid van deze eengezinswoningen biedt veel gezinnen een goede woonomgeving. In deze wijken zijn meerdere herstructureringsprojecten gaande, waartegen het verzet vanuit de wijk vaak groot is. Dit wordt versterkt door de lage nieuwbouwcapaciteit, waardoor de behoefte naar betaalbare woningen hoog is.

De bouwtechnische kwaliteit van de naoorlogse eengezinswoningen van voor 1976 is over het algemeen niet goed. In de tijd dat deze woningen werden gebouwd, is er veel gebruik gemaakt van laagwaardige producten voor het maken van de kozijnen en als afwerking van de gevel. Bij een deel van deze woningvoorraad zijn al tijdens een eerdere renovatie delen geïsoleerd of installaties verbeterd, maar desondanks blijft de thermische achterstand in deze woning groot. Uit LCA onderzoek (L. Itard, 2006) komt duidelijk naar voren dat een energiebesparende renovatie een positieve impact heeft op de energiebalans. Isolatie is in dit opzicht de meest milieuefficiënte maatregel. De algemene maatregelen die worden genomen in de basisbouwsteen zijn dan ook zeer effectief. Er is natuurlijk wel een grenswaarde in het rendement van de dikte van de isolatie, waardoor de laatste centimeters niet of nauwelijks positief bijdragen aan de LCA.

7.3.3 Urgentie renovatie

Energiebesparende renovatie met een hoog ambitie niveau komt nog steeds niet veel voor. Doorgaans wordt de voorkeur gegeven aan het realiseren van een nieuwe badkamer of keuken. Uit de enquête onder leden van de VEH in 2007 en 2009 (zie werkpakket 2) bleek dat de meeste maatregelen worden uitgevoerd bij vervanging (HR ketel, dubbel glas of isoleren van het dak). Grootschalige renovatie wordt pas uitgevoerd bij 'urgentie'. Deze urgentie kan betekenen dat de levensduur van de woning wordt bedreigd, of dat de kosten van het klein onderhoud zijn gestegen. De oplopende energierekening wordt pas als een probleem gezien, wanneer er tevens een andere reden voor renovatie wordt aangedragen. Als de urgentie voor renovatie hoog genoeg is (slechte thermische, comfort en of gezondheidsklachten), kan een renovatie gericht op energie functioneren als financiële drager. Dit is vooralsnog wel problematisch, omdat de reductie van de energie momenteel een kleine drager is. Bij oplopende energieprijzen kan dit een belangrijkere financiële drager worden.

7.3.4 Communicatie

Grootschalige renovatieprojecten in de particuliere sector kennen een groot aantal actoren. Centraal in het proces staat de 'bewoner'. De invloed van de huiseigenaar en de bewoners in het proces is van groot belang. Dat is ook de reden dat renovatieconcepten die overwegend gebaseerd zijn op techniek slechts een beperkt marktaandeel kennen.

Voor succesvolle renovatie is het essentieel dat de communicatielijnen vanaf het begin af aan duidelijk zijn. De vraag naar goede begeleiding gedurende het renovatie traject is groot, vooral wanneer het gaat om vergunningen (aanpassen van de voorgevel en het verhogen van het dak), het verkrijgen van subsidies of het selecteren van een aannemer. Detaillering en uitvoering is van groot belang om de gezondheid van de bewoners te waarborgen. Daarom staat deskundigheid, onafhankelijkheid en betrouwbaarheid van de procesorganisatie voorop. Uit de casestudies is gebleken dat het belangrijk is dat één persoon als projectleider optreedt. Deze is verantwoordelijk voor duidelijke en voldoende informatievoorziening aan de bewoners. Dit kan via post, telefoon, aan de deur, bijeenkomsten, voorlichtingsavonden, buurtwinkel en of voorbeeldwoning. Directe communicatie tussen projectleiding en bewoners is cruciaal voor het welslagen van het project.

7.3.5 Financieringssteun

De kosten voor de in dit werkpakket voorgestelde renovatieconcepten zullen niet gering zijn. De emotionele meerwaarden van dergelijke maatregelen worden door de meeste bewoners niet direct onderkend, zoals wel het geval is bij een badkamer- of keukenrenovatie. Uit de casestudies (WP2 deel 1) komen twee strategieën naar voren om de renovatieconcepten aan te bieden:

De eerste is door een pakket van financiële dragers aan te bieden. Deze kunnen divers van aard zijn, maar zijn allen gericht op het betaalbaar maken van de te maken kosten. Uit de casestudies komen 2 financieringsmethoden naar voren: revolving fund (SVn) leningen en het maken van afspraken met financiers om een deel van de kosten buiten de woonquote te houden.

De tweede strategie is door de renovatie een emotionele meerwaarde te geven (beweegredenen). Mogelijke beweegredenen zijn behalve de kosten: woningvergroting, vergroting van de levensduur van de woning, energiebesparing als maatschappelijk belang en verbetering van gezondheidskwaliteit van de woning (binnenmilieukwaliteit).

Een en ander neemt niet weg dat te maken kosten een belangrijke belemmering vormen. Uit de casestudies blijkt dat ook het rijks overheidsbeleid ten aanzien van subsidies een beperkende factor kan



zijn. Door het plotseling stopzetten van subsidieregelingen is het ambitieniveau van de renovaties in een deel van de cases naar beneden bijgesteld.



DEEL TWEE, BASISBOUWSTENEN

8 INTRODUCTIE BASISBOUWSTENEN

In dit hoofdstuk worden de achtergronden van de in de volgende hoofdstukken gepresenteerde basisbouwstenen toegelicht.

8.1 INLEIDING

Zoals in de inleiding reeds is vermeld zullen alle uiteindelijke Rigoureux concepten in meer of mindere mate opgebouwd zijn uit een combinatie van 0-maatregelen. Theoretisch zijn er vele combinaties mogelijk maar in deze rapportage is geprobeerd om een drietal combinaties, die basisbouwstenen worden genoemd, nader uit te werken.

Deze basisbouwstenen bevatten een logisch pakket aan (met name) isolerende maatregelen voor verschillende besparingsniveaus.

Hiermee wordt beoogd:

- te demonstreren hoe met de hiervoor gepresenteerde 0-maatregelen kan worden omgegaan (m.a.w. hoe kom je van 0-maatregelen tot een bouwsteen);
- de bandbreedte te laten zien die mogelijk is in het combineren van maatregelen;
- keuzevrijheid te bieden door naast puur op extreme energiereductie gerichte concepten ook alternatieven uit te werken die goed scoren op andere beoordelingscriteria.

Benadrukt wordt dat de drie hier gepresenteerde basisbouwstenen niet de enige of beste uitwerking zijn. In de praktijk zal het voorkomen dat, bijvoorbeeld projectspecifiek, voor een andere combinatie van 0-maatregelen wordt gekozen.

Grofweg kan worden gesteld dat in hoofdstuk 9 een pakket aan 0-maatregelen is gekozen overeenkomend met passiefhuis maatregelen. In hoofdstuk 10 wordt een pakket overeenkomend met nieuwbouw woningbouw gepresenteerd. Hoofdstuk 11 geeft tenslotte een basisbouwsteen met maatregelen zoals die in de renovatie woningbouw worden getroffen.

De verschillende basisbouwstenen zullen hierna dan ook respectievelijk advanced, medium en light basisbouwsteen worden genoemd.

Onderstaande tabel geeft de verschillen schematisch weer, welke nog verder zullen worden besproken in de desbetreffende hoofdstukken.

Tabel 23: belangrijkste parameters basisbouwstenen

parameters		referentie-woning	advanced	medium	light
transmissie dichte delen gevel (metselwerk)	RC [m ² *K/W]	0,36	6	3	1,3
transmissie dichte delen gevel (deur/panelen)	RC [m ² *K/W]	0,25	6	3	2,5
transmissie dichte delen dak	RC [m ² *K/W]	1,97	6	4	1,97
transmissie dichte delen vloer	RC [m ² *K/W]	0,15	6	3	2,5
transmissie open delen BG, ramen	U [W/m ² *K]	3,1	0,8	1,5	1,5
transmissie open delen BG, deuren	U [W/m ² *K]	5,1	0,8	1,5	1,5
transmissie open delen verd.	U [W/m ² *K]	5,1	0,8	1,5	1,5
elektriciteits verbruik (gebruikers)	kWh	3671	3671	3671	3671
infiltratie	dm ³ /s	421	30	150	200
koudebruggen	U [W/m ² *K]	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1
ventilatie	systeem	-	natuurlijk toe gebalanceerd		zelfregelend, mechanische
	rendement WTW	%	en af WTW	climarad	afvoer
	hulpenergie	W/h/m ³	0	74	?
zonneboiler	m ²	0	0	0,4	?
		0	0	0	0
PV-panelen	m ²	0	0	0	0
warmte koude opslag		0	0	0	0
installatie ruimteverwarming		VR ketel	HR107	HR107	HR107
installatie tapwater		VR-combiketel	HR107	HR107	HR107

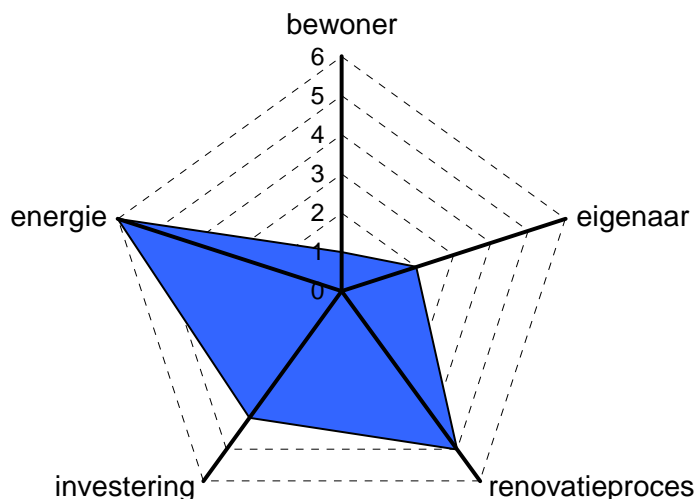
8.2 ONDERSCHIEDEND VERMOGEN

In hoofdstuk 2 is aangegeven dat er binnen Rigoureux gewerkt wordt met 11 geselecteerde beoordelingscriteria. Een concept dat op al deze 11 criteria volledig voldoet lijkt een utopie. Voor de uitwerking van de basisbouwstenen is dan ook gekozen voor keuzevrijheid. Dit sluit ook aan bij de bevindingen in werkpakket 3 ("beslissingsmodellen") waaruit blijkt dat dit een van de succesfactoren is voor energiezuinig renoveren [8].

In de basisbouwsteen advanced ligt de nadruk op energiebesparing. Dit zal waarschijnlijk, bijvoorbeeld omdat de hele gevel wordt gesloopt en vervangen, resulteren in een renovatie die gepaard gaat met relatief de meeste overlast voor de bewoners. In het basisbouwsteen light wordt ervan uitgegaan dat de bestaande gevel in tact blijft en dat "slechts" de bestaande spouw wordt nageïsoleerd. De basisbouwsteen medium zal tussen beide varianten in zitten.

Vanuit deze keuzevrijheid is ervoor gekozen om de resultaten van de uitwerking van de basisbouwstenen, bouwstenen en concepten te presenteren in de vorm van een radarplot, zoals te zien in onderstaande figuur.

voorbeeld radarplot



Figuur 15: voorbeeld radarplot

Op deze manier kan in een oogopslag een bouwsteen of concept beoordeeld en veel belangrijker, gekozen worden afhankelijk van de specifieke situatie. Om tot een dergelijke figuur te komen zijn de 11 beoordelingscriteria gecomprimeerd tot de 5 hoofdaspecten bewoner, eigenaar, renovatieproces, kosten en energiebesparing.

8.2.1 *Bewoner*

Onder deze kop zijn alle zaken die voor de gebruiker van belang zijn: comfort, gezondheid, gebruiksvriendelijkheid, bruikbaarheid, ruimtebeslag van de woning.

8.2.2 *Eigenaar*

Voor een eigenaar kunnen andere zaken van belang zijn: onderhoud bijvoorbeeld. Ook verkoop en/of verhuurbaarheid is voor de eigenaar van belang

8.2.3 *Renovatieproces*

De snelheid en complexiteit van het proces worden onder deze kop meegenomen

8.2.4 *investering*

De kosten voor het realiseren van de maatregel(en)

8.2.5 *Energie*

Evident: de bespaarde energie.

Al deze aspecten zullen relatief gescoord worden. Dat wil zeggen dat er geen kwalitatieve waarden gebruikt worden. Dit is ook niet mogelijk bij de meeste van de criteria. Daarbij geldt bij allen dat een hoger



cijfer meer positief is. Een 6 bij energie is een grote energiebesparing, bij kosten een lage investering. Idealiter zal een bouwsteen dus een 6 op alle aspecten scoren.

9 BASISBOUWSTEEN ADVANCED

9.1 INLEIDING

Deze basisbouwsteen is gebaseerd op de isolerende maatregelen van het passiefhuis. Het passiefhuis is eind jaren 80 begin jaren 90 in Zweden en Duitsland ontwikkeld door o.a. Bo Adamson en Wolfgang Feist. De kern van dit concept is een zeer hoge isolatiewaarde van de gebouwschil, extreem dichte kierdichting, in combinatie met een ventilatiesysteem met hoog rendement warmteterugwinning. Dit wordt gecombineerd met een zuid oriëntatie van de woning om, indien gewenst zon in te vangen en (met name 's zomers) de zon buiten te houden. Deze combinatie moet tot een energiezuinig, comfortabel en gezond binnenklimaat te leiden. Het concept beperkt in sterke mate de warmtevraag voor ruimteverwarming tot een niveau voor nieuwbouw van maximaal 15 kWh/m²/a en voor renovatie van maximaal 25 kWh/m²/a. [1] In de basisbouwsteen advanced zijn de transmissiebeperkende maatregelen geoptimaliseerd, om een zo groot mogelijke energiebesparing te realiseren. De mogelijke voordelen van de specifieke oriëntatie (zoninvang) van de woning zijn niet meegenomen aangezien deze oriëntatie in de bestaande voorraad een vaststaand gegeven is.

In bijlage 2 zijn de principedetaileringen voor de basisbouwstenen gegeven.

9.2 MAATREGELEN

9.2.1 *Transmissie dichte delen*

Een pijler van het passiefhuis is de beperking van de energieverliezen door transmissie. Dit gebeurt hier met hoge isolatiewaarden van ongeveer RC 6 m²*K/W. De reden dat er vaak nog hoogwaardigere isolatiewaardes worden gebruikt is omdat passiefhuizen met luchtverwarming verwarmd worden. Het vermogen dat met lucht getransporteerd kan worden is beperkt waardoor de warmteverliezen zeer klein moeten zijn. Als niet voor luchtverwarming gekozen wordt (zoals hier) maken de zeer hoge isolatiewaardes weinig verschil meer.

9.2.1.1 *Gevel*

De gevel wordt volledig verwijderd en vervangen door een nieuw geprefabriceerd element. De isolatiewaarde van dit element wordt 6 m²*K/W. De oppervlakte hiervan is gelijk aan de oppervlaktes van metselwerk en panelen.

9.2.1.2 *Deuren*

De deuren worden vervangen door geïsoleerde passiefhuis deuren. De U-waarde van de dichte delen daarvan worden op 0,8 W/m²K gesteld. Het oppervlak blijft gelijk.

9.2.1.3 *Dak*

Het dak wordt volledig verwijderd en vervangen door een nieuw dak. Het nieuwe dak zal een isolatiewaarde van 6,0 m²*K/W krijgen. Voor het geheel vervangen wordt gekozen omdat met gedeeltelijke vervanging het behalen van lage infiltratiewaardes niet realistisch is.

9.2.1.4 *Vloer*

Door een isolatiedeken met een isolatiewaarde van $6,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ aan te brengen onder de vloer wordt voldaan aan de passiefhuis eisen.

9.2.2 *Transmissie open delen*

De open delen zijn de volgende verliespost die in de advanced basisbouwsteen aangepakt wordt. Met driedubbele beglazing en speciale 'passiefhuiskozijnen' wordt het verlies hier ook gereduceerd. De U-waarde van het totale kozijn inclusief glas wordt gesteld op $0,8 \text{ W/ m}^2\text{K}$.

9.2.3 *Infiltratie*

De tweede pijler, naast het reduceren van de transmissieverliezen, is het beperken van verliezen door infiltratie en ventilatie. Sterke reductie van infiltratie zorgt voor een verminderde warmtevraag. Dubbele of driedubbele kierdichtingen in combinatie met een zorgvuldige uitvoering moet zorgen voor een zeer lage infiltratiegraad van 0,6 maal het omsloten volume per uur bij een overdruk van 50 Pa [1]. Bij deze basisbouwsteen advanced wordt uitgegaan van $30 \text{ dm}^3/\text{s}$ voor de gehele woning. Dit is ongeveer een factor twee slechter dan de passiefhuis standaard (circa $15 \text{ dm}^3/\text{s}$ bij nieuwbouw) maar bij deze renovatie een factor 5 beter dan de huidige toestand.

Dit komt overeen met een $244 \text{ m}^3/\text{h}$ bij een overdruk van 50 Pa . In Qv10 waardes (zoals in Nederland bekend) is dit $11 \text{ dm}^3/\text{s}$.

Uit metingen van TNO (zie [14]) bleek dat bij nieuwbouwwoningen in de jaren '90 voor het behalen van infiltratiewaarde lager dan $100 \text{ dm}^3/\text{s}$ het nodig was de woning onder druk te zetten en met rook de 'lekken' te zoeken. Het gestelde niveau is dus ambitieus.

9.2.4 *Ventilatie*

Om de energieverliezen door ventilatie te beperken is een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmte terugwinning (WTW) volgens referentie [1] een vereiste. Hier wordt de ondergrens van een volgens het passiefhuis instituut toelaatbare waarde aangehouden: een rendement van 74% en een energiegebruik van $0,4 \text{ W/h/m}^3$.

Om de woning 's zomers koel te houden is het effectief om zomernachtventilatie toe te passen. De ramen dienen derhalve normaal geopend te kunnen worden zodat natuurlijke ventilatie in de zomer gewoon mogelijk is. In de koude wintermaanden is het verstandiger om de frisse lucht door het ventilatiesysteem te regelen en de ramen gesloten te houden.

9.2.5 *Ruimteverwarming*

Voor de verwarming wordt een HR 107 ketel in combinatie met radiatoren op een ontwerptemperatuur $55 \text{ }^\circ\text{C}$ geplaatst. De ketel wordt op zolder geplaatst. Het gehele systeem wordt opnieuw aangelegd om ook de leidinglengtes te kunnen optimaliseren.

9.2.6 *Warm tapwater*

Warm tapwater wordt door de bij ruimteverwarming beschreven combiketel geleverd.

9.3 BOUWTECHNISCH RENOVATIEPROCES

9.3.1 Inleiding

De voorgestelde maatregelen vragen om een zeer grondige renovatie. Bewoners en inventaris zullen niet in de woning kunnen blijven tijdens de renovatie en dit soort renovatie lijkt alleen op blokniveau (en dus niet voor een individuele woning) uitvoerbaar door een (gespecialiseerde) aannemer. Het gehele bouwtechnische renovatieproces zal minimaal 5 weken in beslag nemen, waarin is meegenomen dat ook de inventaris uit de woning verwijderd moet worden. Het terugplaatsen van de inventaris, schilder/behangwerk etc. is niet meegenomen omdat wordt aangenomen dat dit door de bewoner wordt gedaan.

In bijlage 2 zijn een aantal principedetails opgenomen behorende bij de advanced basisbouwsteen

9.3.2 Voorbereidingen

De voorbereidingen betreffen in de eerste plaats de ontwerp- en werkvoorbereidingen. Dit omvat ook het aanvragen van de benodigde vergunningen (o.m. sloop- en bouwvergunning); zie paragraaf 9.4. Bovendien dienen ook de bewoners, inclusief inboedel, tijdelijk elders ondergebracht te worden.

9.3.3 Sloopwerkzaamheden

Gestart wordt met het slopen van het dak bestaande uit de dakpannen, panlatten en het dakbeschot. In het geval van een kap op gordingen kunnen deze behouden blijven mits in goede staat.

Indien nodig voor de stabiliteit worden de woningscheidende wanden gestabiliseerd. Nu kunnen de voor en achtergevel van boven naar beneden worden verwijderd. Hierbij dient met zorg het binnenblad verwijderd te worden zodat de woningscheidende wanden en vloeren niet of minimaal beschadigen.

Om ruimte te maken voor de kanalen voor de gebalanceerde ventilatie wordt de bestaande leidingschacht opgehaakt en worden extra doorvoeren in de vloer geboord.

Eventueel bestaand leidingwerk voor CV wordt verwijderd evenals eventuele bestaande ventilatiekanalen.

9.3.4 Ruwbouw

De woningscheidende wanden en vloeren worden aangeheeld en de gevelementen worden geplaatst. De horizontale aansluiting met de woningscheidende wand en de verticale aansluitingen met het dak en fundering zijn de meest kritische aansluitingen in het kader van de infiltratie.

Uitgegaan is van een geprefabriceerd binnenspouwblad (wind en waterdicht) waar in het werk nog een buitenspouwblad voor wordt gemetseld. Dit zou ook een beplating kunnen zijn. De keuze hiervoor wordt mede bepaald door de fundering. Door het dikkere pakket van de isolatie en binnenblad kan het zijn dat het buitenblad niet meer op de fundering kan staan. Een gevelafwerking van beplating ligt in dat geval meer voor de hand. Ook zou gekozen kunnen worden voor een volledig geprefabriceerd gevelement (sandwich).

Radiatoren en leidingen zijn reeds aangebracht aan het binnenspouwblad evenals voorzieningen voor elektra.

Tegen de onderkant van de vloer wordt een laag isolatie gespoten. Dit gebeurt ook op de opstanden van de fundering in de kruipruimte.

Het dak wordt als geprefabriceerd element aangevoerd waar alleen nog dakpannen op aangebracht hoeven te worden. Het dak wordt afhankelijk van de bestaande situatie uitgevoerd als een sporen- of gordingkap.

De aan- en afvoerleidingen voor de balansventilatie worden (gedeeltelijk in bestaande kanalen) aangebracht. Om de leidingen naar de ventilatie-unit te kunnen verslepen wordt een verhoogde vloer op de zoldervloer aangebracht.

9.3.5 *Afbouw*

Als de woning wind en waterdicht is wordt de infiltratie aangepakt door de aansluitingen met conventionele middelen (pur, kit, tape) af te dichten. Belangrijk hierbij is de aansluiting tussen gevel en dak. Met een luchtdichtheidstest wordt gekeken of het niveau gehaald wordt en waar de eventuele lekken zijn. De CV-installatie en de mechanische ventilatie worden aangesloten en ingeregeld.

Daarna kan de woning worden afgewerkt tot het gewenste afwerkingniveau.

9.4 NIET BOUWTECHNISCH RENOVATIEPROCES

Vanuit het oogpunt van de 'Trias Energetica' is deze renovatie een logische stap in de reductie van CO₂ uitstoot in de bestaande voorraad. Zoals er is aangegeven in werkpakketten twee en drie [7], [8] zijn er naast de technische aspecten ook een groot aantal niet bouwtechnisch motieven die voor de eigenaar-bewoner van belang zijn voor het tot stand komen van de renovatie.

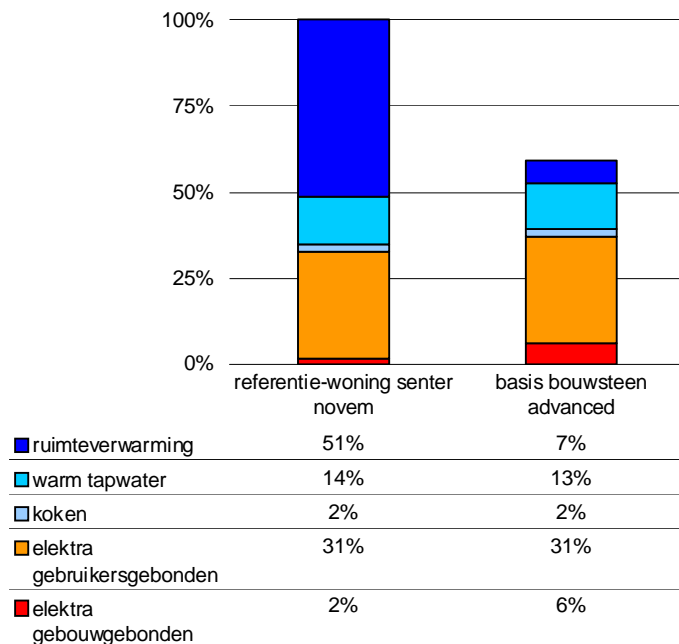
9.4.1 *De impact van basisbouwsteen advanced.*

Zoals duidelijk wordt in paragraaf 9.2 en 9.3 heeft het renoveren tot dit niveau nogal wat te betekenen voor bewoners en de eigenaren van de woningen. Maar ook op het vlak van LCA kunnen er vraagtekens gezet worden. Deze inzichten hebben er toe geleid dat de 'Trias Energetica' in de renovatie niet altijd de leidende rol zal hebben in het ontwikkelen van renovatieprojecten en renovatieprocessen. Uit het onderzoek zoals beschreven in het eerste deel van WP2, komt er naar voren dat er zeven clusters zijn, die aangeven wat de huidige knelpunten en aandachtsthema's zijn in het renovatieproces bij het realiseren van energiebesparing in de particuliere sector. Uit het onderzoek in het tweede deel van wp2 blijkt dat er voor de corporatiesector andere factoren zijn om te investeren in energiebesparende renovaties. De consequenties van de knelpunten en overwegingen voor de 3 basisbouwstenen worden in de volgende paragrafen nader toegelicht.

Renovatie tot passiefhuis vergt veel bouwkundige ingrepen, zoals het vervangen van de gevels en het dak, waarbij veel weerstand verwacht kan worden. De verbouwing zal door een bouwkundige ontworpen en gecoördineerd moeten worden (detaillering en begeleiding). Ook zal er een aanvraag ingediend moeten worden bij de welstandscommissie. Dit kan in sommige gevallen een langdurig proces zijn (case, Rustenburg Oostbroek). Hierdoor wordt de verbouwing een complex, kostbaar en gespecialiseerd proces.

9.5 ENERGIEBESPARING

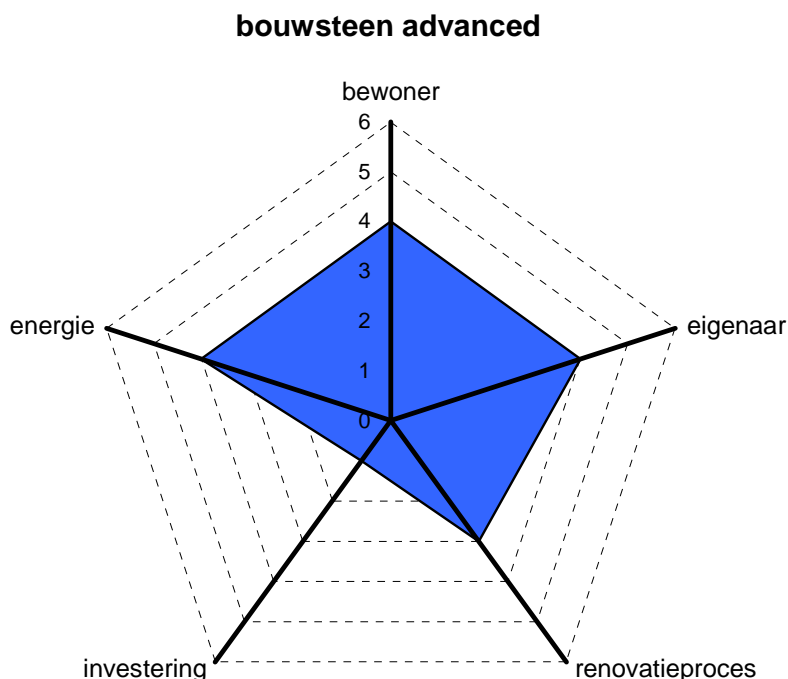
Om het energiebesparingspotentieel van de basisbouwsteen advanced te bepalen zijn berekeningen in PHPP uitgevoerd. De basisbouwsteen is hierbij vergeleken met de SenterNovem referentiewoning.



Figuur 16: besparing van basisbouwsteen advanced: 41%

Ten opzichte van de referentiewoning wordt een grote besparing (41%) behaald in primaire energie. De post ruimteverwarming wordt zoals verwacht zeer sterk gereduceerd en het gebruikersgebonden elektriciteitsgebruik wordt, samen met het warm tapwater, de grote energiegebruiker.

9.6 BEOORDELINGSCRITERIA



Figuur 17: radarplot basisbouwsteen advanced

De advanced bouwsteen levert een comfortabele en energiezuinige woning op die een gelijk of beter onderhoudsniveau en uitstraling heeft als een nieuwbouwwoning. Voor de eigenaar is dit positief. Het proces is mede dankzij de hoogwaardige luchtdichtheid minder efficiënt. Indien voor een niet prefab bouwmethode wordt gekozen is het proces slechter.

De investeringen in deze maatregel zijn fors.

9.7 TOEKOMSPERSPECTIEF

Eenvoudiger en sneller renoveren zijn belangrijke struikelblokken die bij deze basisbouwsteen nog wegenomen zouden moeten worden. In de huidige variant zal de overlast ook een struikelblok zijn. Als de kosten van de renovatie te verlagen zijn zal dat vanzelfsprekend ook voor een grotere interesse zorgen. Lichtere hoogwaardige prefab oplossingen zouden hier aan bij kunnen dragen. Voor verdere reductie dient ook naar andere maatregelen gekeken te worden dan naar het beperken van de ruimtevrage omdat deze al fors is verminderd.

10 BASISBOUWSTEEN MEDIUM

10.1 BESCHRIJVING

Met een “gemiddelde” renovatie wordt beoogd de energetische prestaties van de woning in de buurt van een nieuwbouwwoning te krijgen. De maatregelen houden het midden tussen ingrijpend en eenvoudig. Hieronder zullen de maatregelen post voor post worden besproken. In bijlage 2 zijn de principedetaileringen gegeven.

10.2 MAATREGELEN

10.2.1 *Transmissie dichte delen*

Er wordt gemikt op nieuwbouwniveau of iets daar boven.

10.2.1.1 *Gevel*

Het buitenblad van de gevel kan worden verwijderd maar kan ook behouden blijven. Wordt voor sloop van het buitenblad gekozen dan is de overlast weliswaar groter maar is het beter mogelijk om een metselwerk buitenblad terug te plaatsen aangezien de dikte van de gevel beperkt blijft. Wordt het buitenblad niet gesloopt maar een isolatielaag en gevelafwerking tegen het oude buitenblad geplaatst, dan ligt een keuze voor beplating of stucwerk meer voor de hand. In de tekeningen is gekozen voor een variant met beplating, echter slopen en behouden van het buitenspouwblad zijn beide reële opties.

Eerst wordt een dampremmende folie aangebracht, waarna een regelwerk en isolatiedekens met een RC van 3,0 m²*K/W worden aangebracht. Hierna volgt een dampopen folie en een regelwerk welke een luchtsponw achter de beplating verzorgt.

10.2.1.2 *Deuren*

De deuren worden vervangen door nieuwe deuren en kozijnen met een dubbele kierdichting. Het oppervlak blijft gelijk.

10.2.1.3 *Dak*

Het dak wordt vanuit de binnenzijde nageïsoleerd. Een waarde van 4 m²*K/W is dan mogelijk aangezien er reeds een laag van +/- 2,0 m²*K/W aanwezig is.

10.2.1.4 *Vloer*

Door een isolatiedeken met een isolatiewaarde van 3,0 m²*K/W aan te brengen onder de vloer wordt dit energielek gedicht.

10.2.2 *Transmissie open delen*

De bestaande kozijnen worden verwijderd en vervangen door nieuwe houten kozijnen met HR++ glas.

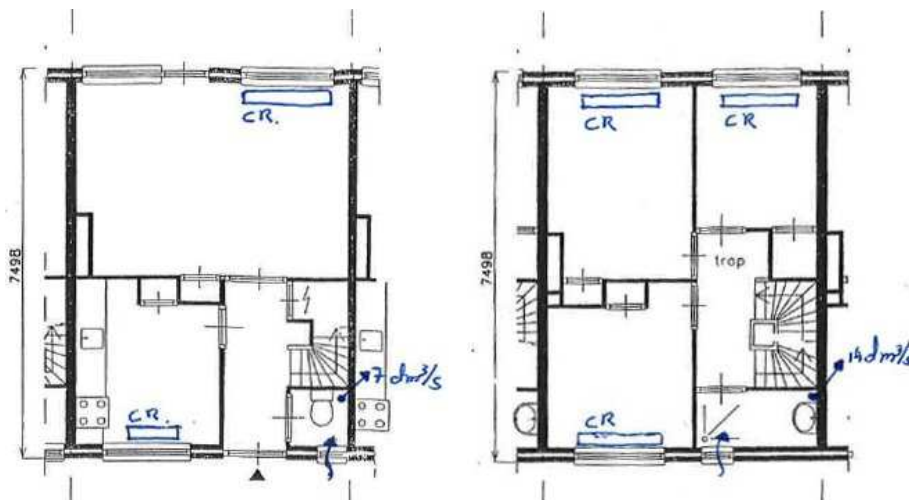
10.2.3 *Infiltratie*

De infiltratie wordt gereduceerd tot 150 dm³/s met behulp van afdichtingbanden, kit en tape.

10.2.4 Ventilatie

Voor de ventilatie wordt gekozen voor een decentraal WTW-systeem zoals een Climarad. Dit wordt in de woonkamer, keuken en de slaapkamers geplaatst. Naast deze vijf decentrale units komt er een mechanische afvoer/natuurlijke toevoer in de wc en badkamer. Dit deelsysteem moet wettelijk een debiet van 21 dm³/s hebben. Leidingwerk in de woning wordt tot een minimum beperkt de energieverliezen via de (meestal onverwarmde) sanitaire ruimtes is gering.

Afhankelijk van het gebruik van de kleinste slaapkamers kan er ook voor worden gekozen deze te voorzien natuurlijk toevoer en mechanische afvoer via de badkamer.



Figuur 18: schema van ventilatie: Climarads in de verblijfsruimte. Mechanische afzuiging voor de natte ruimtes.

10.2.5 Ruimteverwarming

De installatie voor ruimteverwarming is grofweg gelijk aan de installatie van het advanced basisbouwsteen. Er wordt een nieuwe ketel HR107 geplaatst die, zoveel als mogelijk, via het bestaande leidingnet op de decentrale verwarming/WTW worden aangesloten.

10.2.6 Warm tapwater

Warm tapwater wordt door de bij ruimteverwarming beschreven combiketel geleverd.

10.3 BOUWTECHNISCH RENOVATIEPROCES

10.3.1 Inleiding

De voorgestelde maatregelen vragen om een grondige renovatie. Afhankelijk van de situatie zullen bewoners wel of niet in de woning kunnen blijven tijdens de renovatie. Doordat altijd het binnenspouwblad behouden blijft lijkt een tijdelijke verhuizing van bewoners en inventaris niet noodzakelijk. Wel zullen tijdelijke voorzieningen getroffen moeten worden voor bijvoorbeeld douchen. Uitgangspunt moet zijn dat het verwijderen van het oude kozijn en het plaatsen van het nieuwe kozijn binnen een werkdag geschiedt zodat de woning niet een nacht "open" staat.

De technische mogelijkheid bestaat om de renovatie op woningniveau uit te voeren. Hierbij dient dan wel een afwijkend gevelbeeld geaccepteerd te worden. Voordelen van een uitvoering op blokniveau zijn duidelijk aanwezig. Door de dikkere isolatie zal het buitenblad zo'n 100 mm naar buiten worden geplaatst en zal het verschil met het bestaande buitenblad aanzienlijk zijn.

Het gehele renovatieproces zal minimaal drie weken per woning in beslag nemen. Hierbij is ook geen rekening gehouden met het weer stofferen van de woning ná de renovatie. In dit geval zal dit echter minder tijd in beslag nemen dan in de advanced basisbouwsteen omdat het binnenblad behouden blijft. Rondom de kozijnen zal er echter wel met herstelwerkzaamheden aan de binnenzijde rekening moeten worden gehouden.

10.3.2 Voorbereidingen

De voorbereidingen betreffen in de eerste plaats de ontwerp- en werkvoorbereidingen. Dit omvat ook het aanvragen van de benodigde vergunningen (o.m. bouwvergunning); zie ook paragraaf 9.4.

10.3.3 Sloopwerkzaamheden

Het sloopwerk kan redelijk beperkt blijven in vergelijking tot de advanced basisbouwsteen. Kozijnen moeten verwijderd worden, dit zal één dag met het plaatsen van het nieuwe kozijn gebeuren. Bestaande installatie en radiatoren worden verwijderd, doorvoeren voor de decentrale WTW's worden gemaakt.

10.3.4 Ruwbouw

Als de kozijnen zijn geplaatst kan ook de nieuwe gevel aangebracht worden. Voordat de dampdichte folie en achterconstructie worden aangebracht moet het buitenblad goed droog zijn. Dan kan de isolatie en gevelbeplating worden aangebracht.

10.3.5 afbouw

Als de woning wind en waterdicht is wordt de infiltratie aangepakt door de aansluitingen met conventionele middelen (pur, kit, tape) af te dichten. De CV-installatie en de mechanische ventilatie worden aangesloten. De lokale wtw-units worden geplaatst en daarna kan de woning worden afgewerkt tot het gewenste afwerkingniveau. Hier zal met name het aftimmeren van de dagkanten van de kozijnen nodig zijn.

10.4 NIET BOUWTECHNISCH RENOVATIEPROCES

De ingrepen die in deze aanpak worden beschreven hebben een geringe impact op de bewoner van de woning. Dat zal de bereidheid tot grootschalige renovatie vergroten. Toch zal de doelgroep niet heel anders zijn dan die van de advanced basisbouwsteen. De verschillen zijn te gering en de gevolgen voor de bewoner te groot. Er ligt veel nadruk op de eerste treden van de 'Trias Enigetica'.

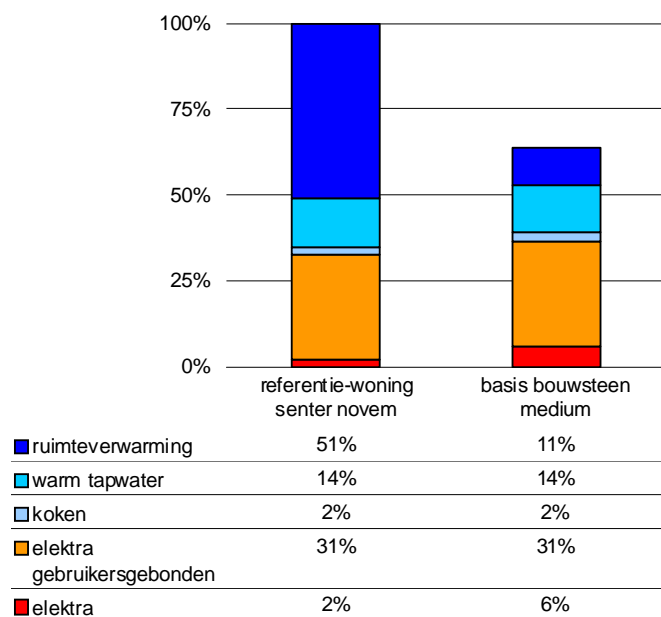
10.4.1 Eigenaar-bewoner

Bij een hoge urgentie van renovatie is deze aanpak zeer geschikt. De kozijnen worden vervangen en het dak wordt geïsoleerd. Bij een slechte kwaliteit van het binnenklimaat (veel vocht) is met name een gebalanceerd ventilatiesysteem een goede oplossing. De aanpak van de buitengevel zal meer sturing en coördinatie met zich mee brengen. De aanpassing van het gevelbeeld zal bij voorkeur op blokniveau moeten plaats vinden. Een mogelijkheid is om deze maatregelen gefaseerd uit te laten voeren, waardoor de financiering en de belasting op de bewoners gespreid kan worden.

10.4.2 Huur

Voor woningcoöperaties is de medium basisbouwsteen een grote ingreep waarbij de woningen weer als nieuwbouw kwaliteit op de markt gezet kunnen worden. Deze maatregelen zullen met name mogelijk zijn tijdens mutatie van woningen. Bij leegstand wordt de woning totaal aangepakt voor de nieuwe huurder. De extra kosten kunnen door middel van een opslag en een verdeelsleutel worden doorgerekend aan de toekomstige huurder. Deze heeft de mogelijkheid om hier mee akkoord te gaan of te kiezen voor woningen die niet tot op deze kwaliteit zijn gerenoveerd. De gevel moet wel collectief worden aangepakt.

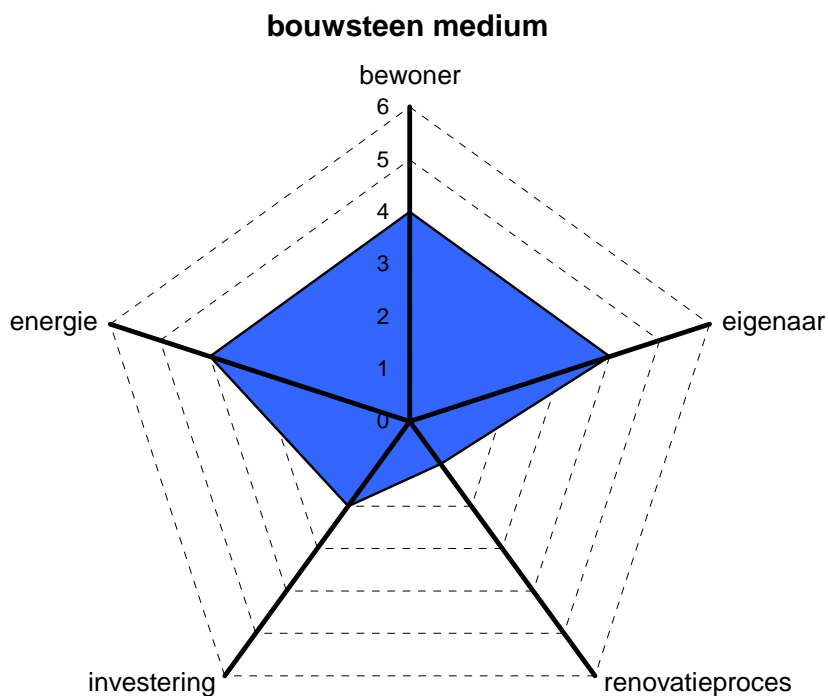
10.5 ENERGIEBESPARING



Figuur 19: besparing van basisbouwsteen medium: 36%

Energetisch zijn de verschillen tussen de advanced en medium basisbouwstenen niet al te groot. De totale besparing is 36% in bij medium tegen 41% bij advanced. De posten warm tapwater en gebruikersgebonden elektra blijven groter dan het energiegebruik voor ruimteverwarming. De drie posten komen in dezelfde orde van grootte bij de medium basisbouwsteen.

10.6 BEOORDELINGSCRITEIA



Figuur 20: radarplot basisbouwsteen medium

Het comfort in de woning neemt toe, en doordat de buitenschil wordt aangepakt wordt het onderhoudsniveau verbeterd. Het proces zal ambachtelijk en tijdrovend zijn en kundigheid van de uitvoerders eisen omdat een deel van de bestaande toestand behouden blijft. Door het intensieve proces wordt de investering ook hoger. De energiebesparing is redelijk.

10.7 TOEKOMSPERSPECTIEF

De perspectieven zijn grotendeels gelijk aan die van het basisbouwsteen advanced. Slimme prefab oplossingen waarin (een deel van) de installaties zijn verwerkt zouden ook hier uitkomst bieden.

11 BASISBOUWSTEEN LIGHT

11.1 BESCHRIJVING

De 'light' variant beoogd met minimale overlast voor de bewoners de woning te renoveren en de energetische kwaliteit te verbeteren.

In bijlage 2 zijn de principedetaileringen voor deze basisbouwsteen gegeven

11.2 MAATREGELEN

11.2.1 Transmissie dichte delen

Uitgangspunt is het maximaal haalbare zonder ingrijpende maatregelen.

11.2.1.1 Gevel

Met behulp van spuit of blaastechniek wordt isolatiemateriaal in de spouw geblazen. Dit brengt de isolatiewaarde van de totale constructie rond de $1,3 \text{ m}^2\text{K/W}$.

11.2.1.2 Deuren

De deuren worden vervangen door nieuwe deuren en kozijnen met een dubbele kierdichting. Het oppervlak blijft gelijk.

11.2.1.3 Dak

Het dak blijft in de huidige, reeds nageïsoleerde, staat behouden.

11.2.1.4 Vloer

Door een isolatiedeken met een isolatiewaarde van $2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ aan te brengen onder de vloer wordt dit energielek gedicht.

11.2.2 Transmissie open delen

De bestaande kozijnen worden verwijderd en vervangen door nieuwe houten kozijnen en HR++ glas.

11.2.3 Infiltratie

De infiltratie wordt met conventionele middelen gereduceerd tot $200 \text{ dm}^3/\text{s}$.

11.2.4 Ventilatie

Voor de ventilatie wordt gekozen voor natuurlijke toevoer en mechanische afvoer. De roosters zijn zelfregelend en passen zich dus automatisch aan aan hogere windsnelheden. Afvoer vindt plaats in keuken, WC en badkamer door middel van mechanische afzuiging op zolder.

11.2.5 Ruimteverwarming

De installatie voor verwarming is gelijk aan de vorige twee basisbouwstenen; een HR107 combiketel. In zoveel mogelijk gevallen zullen de bestaande radiatoren en het bestaande leidingwerk gehandhaafd blijven.

11.2.6 Warm tapwater

Warm tapwater wordt door de bij ruimteverwarming beschreven combiketel geleverd.

11.3 BOUWTECHNISCH RENOVATIEPROCES

11.3.1 Inleiding

Deze renovatie is goed op woningniveau en mogelijk gedeeltelijk door bewoners zelf uit te voeren. De woning blijft bewoond. Voor deelopdrachten als het vullen van de spouw zullen gespecialiseerde bedrijven de werkzaamheden komen uitvoeren. Als er voor volledig door derden uitgevoerde werkzaamheden wordt gekozen is het minimale tijdsbeslag twee weken.

11.3.2 Sloopwerkzaamheden

De voornaamste sloopwerkzaamheden zijn het verwijderen van de kozijnen. De woning dient aan het eind van de werkdag weer wind en waterdicht te zijn. Van een echte sloopfase is geen sprake meer.

11.3.3 Ruwbouw

Het binnenblad (de neggekanten) zal mogelijk aangeheeld moeten worden na plaatsing van de nieuwe kozijnen. Vervolgens wordt de isolatie in de spouw geblazen. Deze techniek is reeds sinds de jaren '70 in gebruik en kent weinig problemen, mits goed aangebracht.

11.3.4 Afbouw

De binnenzijde van de kozijnen (dagkanten en vensterbank) dienen afgewerkt te worden. Vervolgens moet de infiltratie van de woning worden aangepakt. Door het vervangen van de kozijnen is dit al gedeeltelijk gedaan, mits deze goed zijn geplaatst. De overige grote lekken (van oudsher doorvoeren en de aansluiting tussen gevel en dak) met behulp van conventionele dichtingsmiddelen (kit/PUR) dichten.

11.4 NIET BOUWTECHNISCH RENOVATIEPROCES

De basisbouwsteen light zal de minste weerstand ondervinden, maar de mate van besparing is ook het geringst. Door snelle en doeltreffende ingrepen wordt er veel resultaat behaald. De energie rekening daalt en het thermisch comfort in de woning verbetert. De belasting van de renovatie voor de bewoner is laag, maar de kosten voor de eigenaar zijn aanzienlijk, al valt in deze basisbouwsteen meer aan doe-het-zelf werkzaamheden te verrichten dan in andere basisbouwstenen. Ondanks de doe-het-zelf mogelijkheden zijn er grote investeringsposten (kozijnen, verwarming).

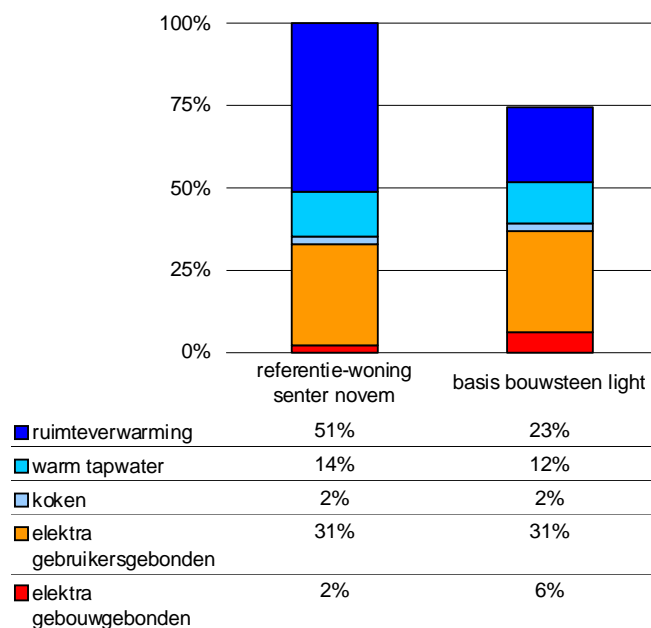
11.4.1 Huur – eigenaar-bewoner

De kosten en het renovatie proces zijn minder complex dan de twee andere basis bouwstenen. Dit betekent dat de risico's en de organisatiegraad eenvoudiger zijn te overzien. De investeringen hebben een

korte terugverdientijd en bieden extra comfort. Dit maakt de light variant aantrekkelijk voor beide vormen van eigendom.

De extra maatregelen die genomen moeten worden om de beoogde reductie te behalen is een belemmering voor veel 'doorsnee Nederlanders'. Veel (eigenaar-)bewoners zullen zich dan ook beperken tot de bouwtechnische maatregelen, waardoor de ambitie afneemt.

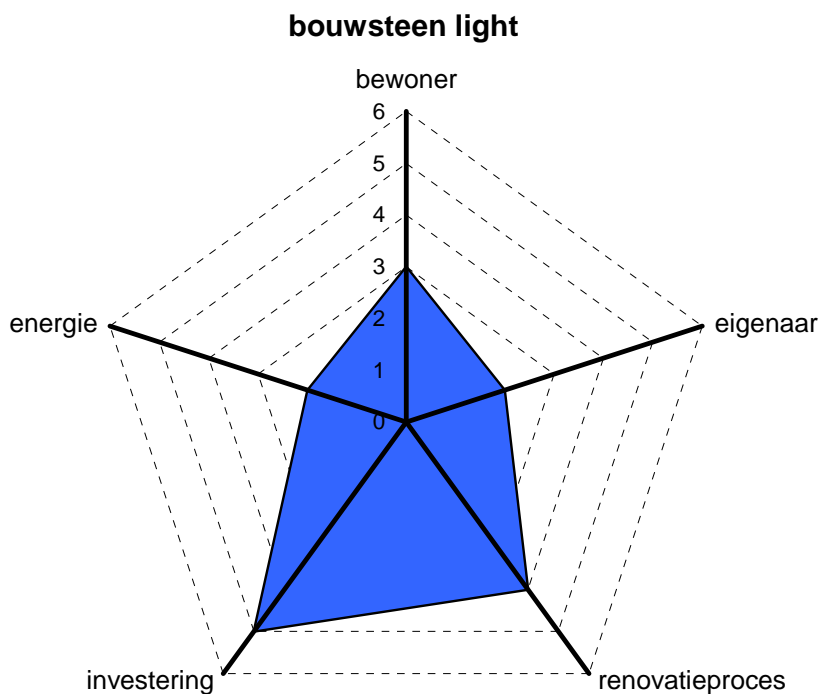
11.5 ENERGIEBESPARING



Figuur 21: besparing van basisbouwsteen light: 26%

In de light basisbouwsteen is de ruimteverwarming nog de dominante factor. Door de beperkte isolatie is de warmtevraag nog (vrij) groot. De totale besparing is 26%. Het behalen van de rigoureuus doelstelling vereist nog verdere maatregelen.

11.6 BEOORDELINGSCRITERIA



Figuur 22: radarplot basisbouwsteen light

Energetisch scoort deze maatregel matig door de beperkte ingreep. De kosten zijn dan ook navenant laag.

11.7 TOEKOMSPERSPECTIEF

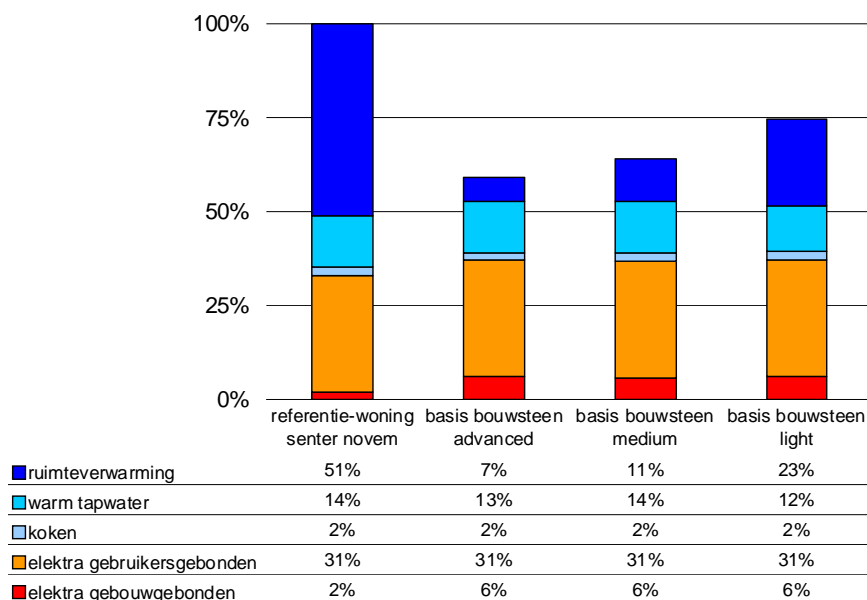
Naast prijs van de maatregelen is eenvoud en robuustheid bij deze maatregelen ook zeker van belang. Als mensen zelf in staat zijn de maatregelen uit te voeren worden de kosten en overlast door bewoner anders ervaren. Daarnaast is in deze basisbouwsteen de post ruimteverwarming nog dusdanig dat verbeterde isolatie nog wel degelijk effect heeft.

12 ENERGETISCHE VERGELIJKING BASISBOUWSTENEN

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste bevindingen van de drie basisbouwstenen gegeven en worden de drie basisbouwstenen onderling vergeleken.

Benadrukt wordt nogmaals dat de drie uitgewerkte basisbouwstenen zeker niet de enige drie mogelijkheden zijn. In de praktijk zal projectspecifiek een combinatie van 0-maatregelen worden geselecteerd. Met dit hoofdstuk wordt vooral beoogd een idee te geven van mogelijke bandbreedtes qua de reductie van ruimteverwarming. In de voorgaande hoofdstukken is bovendien ingegaan op het verschil in toepasbaarheid c.q. acceptatie van verschillende basisbouwstenen.

Van evident belang is de energiereductie die deze basisbouwstenen halen. Onderstaand schema geeft de belangrijkste gegevens.



Figuur 23: vergelijking energiebesparing basisbouwstenen.

In de referentiewoning is zeer duidelijk de dominantie van de post ruimteverwarming te zien. Met name deze post wordt in alle drie de basisbouwstenen sterk verminderd, hoewel daar natuurlijk nog grote verschillen tussen zitten. Alle drie de basisbouwstenen voldoen nog niet aan de eis van de 75% reductie. Voor de advanced basisbouwsteen is dit 41%, voor medium 36% en voor light 26%. De bandbreedte die hier in zit is 15%.

In alle basisbouwstenen is te zien dat de dominantie van de post ruimteverwarming sterk afneemt maar dat 75% energiereductie nog ver weg is.

Dit laat zien dat om de doelstelling te halen ook op de andere vlakken dan alleen vraagbeperking van de ruimteverwarming gekeken moet worden naar de mogelijkheden om energie te besparen. Hierop wordt in de volgende rapportages verder ingegaan.

13 CONCLUSIES 0-MAATREGELEN EN BASISBOUWSTENEN.

In het kader van het EOS-LT onderzoek Rigoureux wordt door ECN, DHV, TUDelft en TNO samengewerkt aan de ontwikkeling van hoogwaardige renovatieconcepten voor rijtjeswoningen uit de bouwperiode 1945 – 1975. Doelstelling is het realiseren van een reductie van 75% op het primaire energiegebruik.

In deze rapportage wordt verslag gedaan van de 0-maatregelen die, gezien de hoge ambities t.a.v. energiereductie, altijd in meer of mindere mate aanwezig zullen zijn. Ook worden enkele basisbouwstenen, opgebouwd uit de 0-maatregelen gepresenteerd.

De belangrijkste conclusies van dit onderzoek zijn:

het is mogelijk om met combinaties van 0-maatregelen verschillende concepten samen te stellen waarmee keuzevrijheid ontstaat om concepten te ontwikkelen die, naast puur op extreme energiereductie, gericht zijn op specifieke beoordelingscriteria

met de drie in deze rapportage gepresenteerde basisbouwstenen wordt een energiereductie gerealiseerd van respectievelijk 26%, 36% en 41%.

Om 75% energiereductie te bereiken zal op meer dan één vorm van energiegebruik (ruimteverwarming, warm tapwater, elektriciteitsgebruik, koken) voor vertederingen gezorgd moeten worden. De sterke focus op ruimteverwarming in vele visies op energiebesparing is maar ten dele gerechtvaardigd. Naarmate de ruimteverwarming beperkter wordt gemaakt worden warm tapwater en (gebruiksgebonden) elektriciteitsgebruik zeer aanzienlijke energieposten.

14 REFERENTIES

- [1] Passivhaus Institut, www.passiv.de
- [2] Rigoureux WP 4: Rapportage 0-maatregelen en basisbouwstenen
- [3] Voorbeeldwoningen bestaande bouw 2007, SenterNovem.
- [4] Referentiewoningen bestaande bouw, novem, april 2001
- [5] passief renoveren 'productdeel' afstudeerscriptie M.J. Frensch 2008, DHV.
- [6] Rigoureux WP 1, Verkenning nationale en internationale ontwikkelingen.
- [7] Rigoureux WP 2,
- [8] Rigoureux WP 3, beslismodellen
- [9] PHPP 2004, passive house planning package PassivHausInstitut, Dr Feist, 2004
- [10] Renovatie-Innovatie in de Gebouwde Omgeving & Reductie Energiegebruik door Unieke Systeemintegratie, Projectplan, augustus 2006
- [11] Hoogwaardig Energetisch Woningverbeteringconcept, J. van Eekelen, V. Pouwer en P. Jacobs, afstudeerverslag Avans Hogeschool Tilburg, April 2006
- [12] Energy performance of a drainwater heat recovery system, R. schuitema e.a., paper presented at CISBAT, Lausanne, 2005
- [13] Lokale klimatisering, Een laboratoriumonderzoek met proefpersonen naar de mogelijkheden van locale verwarming. TNO rapport XXXXXXXXXXX
- [14] Overzicht luchtdoorlatendheidsgegevens eensgezinswoningen, TNO rapport 97-BBI-RI2, ing. H.J.M. Cornelissen, 1997
- [15] TNO rapport 'beoordeling van de warmteweerstand van Actis isolatiematerialen' nr 200-D-R0529/B CJJ Castenmiller.
- [16] Onderzoek naar luchtdoorlatendheid van de woningen in Ecolonia, TNO rapport 94-BBI-R1631, ing. W.F. de Gids.
- [17] Naar een duurzame elektriciteitsvoorziening, SenterNovem
- [18] Warmwater uit afvoerputje goed te gebruiken, R Schuitema, artikel in VV+, maart 2006
- [19] EPW – NPR 5129 V 2.02, DGMR/ Nederlands Normalisatie instituut
- [20] PHPP – 1998-2007 passivhaus institut Version 1.0
- [21] NEN 5128 (nl) Energieprestatie van woonfuncties en woongebouwen – Bepalingsmethode
- [22] Rigoureux WP 4, renovatieconcepten voor 75% energiebesparing





15 COLOFON

Opdrachtgever	: SenterNovem
Project	: Rigoureux WP 4
Dossier	: UEOSS0671332
Omvang rapport	: 91 pagina's
Auteur	: Stan Klerks (TNO), Rogier Donkervoort (TNO), Frans Koene (ECN), Clarine van Oel (TUdelft), Ragna Cloquet (DHV)
Bijdrage	: TNO, TUdelft, ECN, DHV
Projectleider	:
Projectmanager	:
Datum	: oktober 2009
Naam/Paraaf	:





BIJLAGE 1 beoordeling 0-maatregelen





BIJLAGE 2 principedetailleringen

- Detaillering basisbouwsteen advanced
- Detaillering basisbouwsteen medium
- Detaillering basisbouwsteen light

