
BIJLAGE AFSTUDEERONDERZOEK

EPC 0.0 WONINGEN IN DE VRIJE SECTOR

Onderzoek naar de haalbaarheid van EPC 0.0 woningen in de vrije sector in 2014

Student	Andres van den Hoorn
ID-nummer	489197
Groep	13.2
Mentor	ing. J.J.P. van Dalen
Co-mentor	ing. Ernest L.M. Boel
Datum	23 augustus 2013
Versie	02
Status	Definitief

Bijlage 1. Literatuur (pag. 2 – 68)

Bijlage 2. Onderzoek (pag. 69 – 143)

Bijlage 3. Proces (pag. 144 – 202)

1. Inhoudsopgave Literatuur

1.	Inhoudsopgave	3
2.	Inleiding.....	6
3.	Samenvatting.....	7
4.	Energieprestatievarianten en berekeningen.....	8
4.1	Energieprestatie woning.....	8
4.1.1	De EPC in de tijd	8
4.1.2	EPC 0.8 – 0.0	8
4.2	Energieprestatieberekening	10
4.2.1	EPG (Energie Prestatie Gebouwen)	10
4.2.2	Bepaling transmissieverlies	13
4.3	Andere energieprestatievarianten	14
4.3.1	Passief.....	14
4.3.2	Rekenmethode PHPP.....	16
4.3.3	Energieneutraal	16
4.3.4	Energieplus	17
4.3.5	Uitgangspunten en toekomst rekenmethode	17
5.	Invloedfactoren op de energieprestatie	18
5.1	Ontwerp.....	18
5.1.1	Compactheid	18
5.1.2	Complexiteit	20
5.1.3	Oriëntatie	20
5.1.4	Beschaduwing en zonwering.....	20
5.2	Vloer.....	22
5.3	Gevel.....	22
5.3.1	Transmissieverlies	22

5.3.2 Thermische isolatie.....	23
5.3.3 Koudebruggen	25
5.3.4 Luchtdichtheid.....	26
5.4 Dak	27
5.5 Kozijnen	28
5.5.1 Naden en kieren	29
5.5.2 Kierdichting	29
5.5.3 Beglazing.....	30
5.5.4 NEN1068.....	32
6. Installatie.....	33
6.1 Balans in een woning	33
6.2 Ventilatie.....	34
6.2.1 Wijze van ventilatie	34
6.2.2 Systeem A	35
6.2.3 Systeem B	36
6.2.4 Systeem C	36
6.2.5 Systeem D.....	37
6.2.6 Combinaties van systemen.....	38
6.2.7 Nachtkoeling.....	38
6.2.8 Ventilatieconcepten referentiewoning Agentschap NL	39
6.3 Verwarming	40
6.3.1 Warmte opwekking	42
6.3.2 Distributie	53
6.3.3 Warmteafgifte	54
6.4 Elektriciteit	60
6.4.1 Domotica	60
6.4.2 PV-systeem	60
6.4.3 Verlichting	63

6.5 Warm tapwater.....	63
6.5.1 Tapwater	63
6.5.2 Douche WTW.....	65
7. Energiemaatregelen geplaatst in de tijd.	66
7.1 LevensCyclusAnalyse (LCA)	66
7.2 Total Cost of Ownership (TCO)	66
8. Conclusie op basis van literatuuronderzoek.	67

2. Inleiding

De literatuurstudie is de start van het afstudeeronderzoek naar de haalbaarheid van EPC 0.0-woningen in de vrije sector in 2014. Door middel van de literatuurstudie wordt onderzocht welke informatie er aanwezig is en kan bijdragen aan het uitvoeren van het empirisch onderzoek wat na de literatuurstudie wordt uitgevoerd.

De literatuurstudie draagt tevens bij aan de kennisverbreding en -verdieping van de student waardoor het mogelijk is gemaakte keuzes bij het empirisch onderzoek te onderbouwen.

3. Samenvatting

Sinds 15 oktober 1995 bestaat in Nederland de energieprestatie-eis. De basis voor het stellen van deze eis is het beleid van de overheid met betrekking tot het klimaat. In de loop der jaren is deze eis meerdere malen aangescherpt met als doel het bevorderen van het gebruik van duurzame energie en het verminderen van het gebruik van fossiele brandstoffen. De huidige energieprestatienorm is opgenomen in NEN7120 Energieprestatie Gebouwen (EPG), welke per 1 april 2013 van kracht is. Deze norm bevat de bepalingmethode voor de Energieprestatie Coëfficiënt (EPC), welke per 1 januari 2011 vastgesteld is op EPC 0.6. Voor 2020 ligt de eis van EPC 0.0.

Gezien de huidige marktsituatie in de vrije sector en de daar bijbehorende sombere vooruitzichten, is het belangrijk de kansen te benutten die de markt biedt. In dit geval is dat de markt van energiezuinige woningen. Hoewel pas in 2020 de norm van EPC 0.0 van kracht gaat, is er in 2013 al een markt voor woningen met deze energieprestatie. In dit onderzoek wordt dan ook onderzocht op welke wijze het mogelijk is zo efficiënt mogelijk de gestelde normering te behalen.

Om een goed beeld te krijgen van alle invloedfactoren op deze energieprestatie en de mogelijkheden die er zijn om dit te behalen, is dit onderzoek gestart met een literatuurstudie. In deze studie wordt gekeken welke factoren de energieprestatie beïnvloeden en wat hun energiereductie is. Op basis van deze literatuurstudie kan een beeld worden gevormd welke maatregelen er moeten worden getroffen om daadwerkelijk een woning te realiseren met een energieprestatie van EPC 0.0.

Een energieprestatieberekening is geen eenvoudige optelsom van getallen en waarden van invloedfactoren. Doordat alle onderdelen elkaar beïnvloeden is het onmogelijk om vanuit een rechtlijnig denken de uitkomst vast te stellen. Het is essentieel om te werken met het softwareprogramma dat de energieprestatie berekend.

De energieprestatie van een woning wordt door tal van factoren beïnvloed. De hoofdzaken zijn: ontwerp, thermische schil (vloer, gevel, dak) en installatie. Deze hoofdzaken kunnen onderverdeeld worden in verschillende kleine onderdelen die elk hun inbreng hebben in de energetische prestatie van een woning. Met name het onderdeel 'Installaties' heeft grote invloed op deze energieprestatie. Aangezien de gebouwgebonden installatie altijd enige mate van energie zal gebruiken, is het noodzakelijk om een woning te voorzien van een energie-opwekkende installatie die het gebouwgebonden energieverbruik compenseert.

In de EPC-berekeningen wordt echter weinig rekening gehouden met de Total Cost of Ownership (TCO). Op basis van TCO wordt gekeken wat de kosten zijn voor een eigenaar op langere termijn. Hierbij wordt de thermische schil ondergewaardeerd ten opzichte van de installatie. Aangezien een installatie na 15-20 jaar dient te worden vervangen, gaat de thermische schil een gebouwleven lang mee. In de berekening is deze TCO-lijn in de waardering niet terug te zien.

4. Energieprestatievarianten en berekeningen

4.1 Energieprestatie woning

4.1.1 De EPC in de tijd

De eis voor een bepaalde energieprestatie is niet van de laatste paar jaar. Op 15 december 1995 kwam de eerste energieprestatie-eis. Deze eis is onderdeel van het Bouwbesluit en vormt een onderdeel waaraan dient te worden voldaan bij de bouw van een woning. Voor het vaststellen van deze prestatie heeft het NEN een norm ontwikkeld. Per 1 april is dit de NEN7120, deze vervangt de NEN 5128 (woningbouw) en NEN2916 (utiliteitsbouw). De basis voor het stellen van deze eis is de noodzaak tot energiebesparing na de energiecrisis. Door eisen te stellen aan de energiezuinigheid van woningen wil de overheid toepassing van duurzame energie bevorderen en het gebruik van fossiele brandstoffen verminderen. Sinds de invoering van de eerste eis is deze meerdere malen aangescherpt. De doorgaande aanscherping van de norm heeft als gevolg dat er steeds meer maatregelen benodigd zijn en dat een energiezuinig ontwerp steeds belangrijker is geworden.

<i>Datum ingang</i>	<i>EPC norm</i>
15 december 1995	1,4
1 januari 1998	1,2
1 januari 2000	1,0
1 januari 2006	0,8
1 januari 2011	0,6
1 januari 2015	0,4
1 januari 2020	0,0

Figuur 1. EPC in de tijd

(Bron: Bouwbesluit Energieprestatie Nieman Raadgevende Ingenieurs, 2013)

4.1.2 EPC 0.8 – 0.0

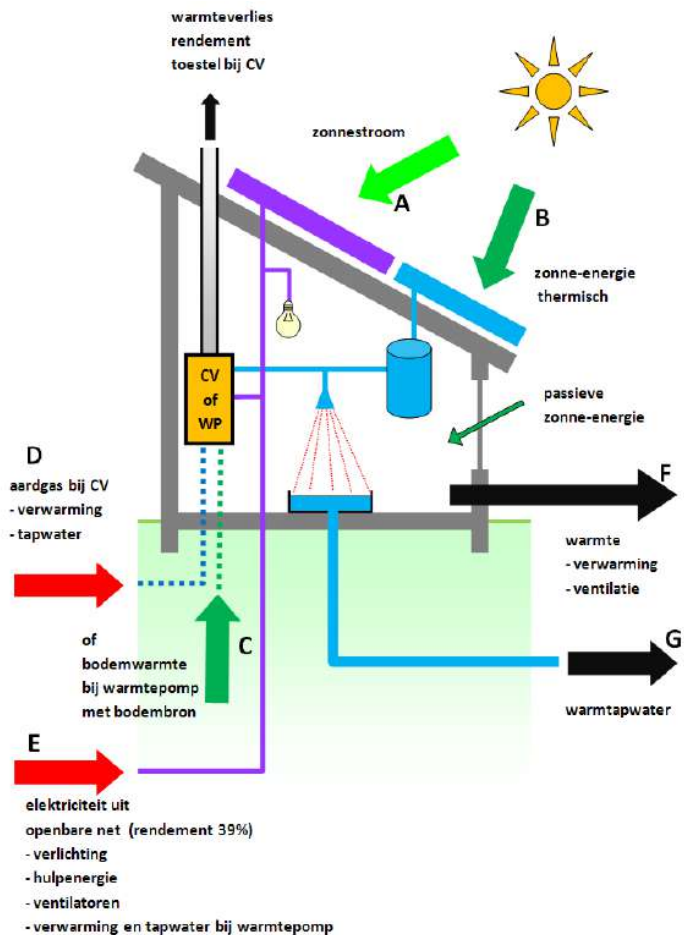
De term EPC staat voor EnergiePrestatieCoëfficiënt. Deze index drukt een waarde zonder eenheid uit dat de energetische prestatie van de woning uniform toetst, gecorrigeerd op verlies- en gebruiksoppervlak. De energieprestatie van de woning gaat alleen over het gebouwgebonden energieverbruik. Onder het gebouwgebonden energieverbruik (ook wel primair energieverbruik genoemd) vallen:

- verwarming
- hulpenergie verwarming (pompen e.d.)
- warmtapwater
- ventilatoren
- verlichting
- zomercomfort en koeling
- bevochtiging

Het onderdeel bevochtiging komt in de woningbouw vrijwel niet voor en wordt daarom in de berekening op 0 gezet. Hoe lager de uitkomst van de berekening, hoe zuiniger de woning. In de berekening wordt geen rekening gehouden met niet-gebouwgebonden energie, zoals elektriciteit voor koken, wassen, computers en ander huishoudelijk apparatuur. Daarnaast wordt ook het niet-gebouwgebonden energieverbruik niet meegenomen dat nodig is voor de winning, productie, transport en afvalverwerking van toegepaste bouwmaterialen.

Wanneer een woning een EPC 0.0 heeft, dan kan gesteld worden dat het genormeerd energieverbruik (in MegaJoule) van de gebouwgebonden onderdelen minimaal gelijk of lager is dan de hoeveelheid energie die de woning zelf duurzaam opwekt (in MegaJoule). Duurzaam opgewekte energie is energie uit zonlicht, wind en water.

De coëfficiënt wordt berekend aan de hand van NEN7120. De EPC wordt berekend door het primaire energieverbruik van de woning te delen door een formule met het gebruiksoppervlak en het verliesoppervlak (de gebouwschil) van de woning. De energie die door de woning zelf duurzaam wordt opgewekt, mag in mindering worden gebracht op het verbruik ten behoeve van de primaire functies.



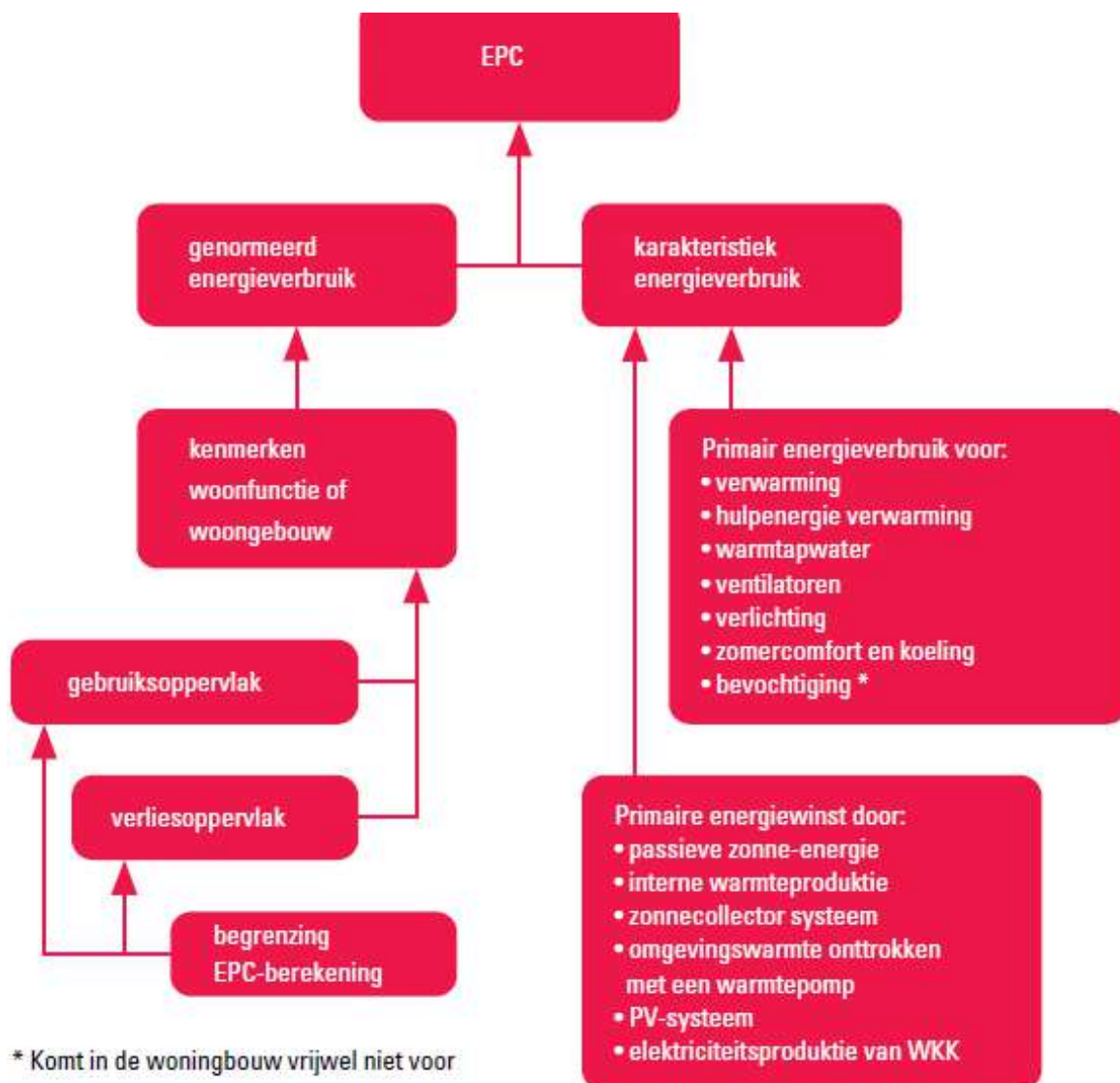
Figuur 2. Warmtebalans in woning. (Bron: Op weg naar minimum energie woningen met EPC ≤ 0)

Om de norm hanteerbaar te maken is de weging van gebruiksoppervlak en verliesoppervlak ingevoerd. Hierdoor kunnen woningen met verschillende oppervlakten maar met gelijke voorzieningen en oriëntatie een (ongeveer) gelijke EPC geven. Een grote woning kan op die manier een gelijke EPC halen dan een kleine woning, met dezelfde voorzieningen en oriëntatie.

4.2 Energieprestatieberekening

4.2.1 EPG (Energie Prestatie Gebouwen)

De berekening van de energieprestatie wordt gedaan met behulp van de norm NEN7120 Energieprestatie Gebouwen (EPG) en gaat alleen over de gebouwgebonden energievraag. Deze norm bevat de bepalingsmethode voor woning- en utiliteitsbouw, zowel voor nieuwbouw als bestaande bouw. Daarnaast is er ook een norm die rekening houdt met energie die buiten de woning wordt opgewekt. Deze is opgenomen in de NEN7125 Maatregelen op gebiedsniveau (EMG). Onder bepaalde voorwaarden mag de buiten het gebied opgewekte energie worden meegenomen in de bepaling van de energieprestatie.



Figuur 3. Principe opbouw EPC-berekening. (Bron: *EnergieVademecum 2010*)

Om tot een bepaalde uitkomst te komen moet er voor elke woning een referentie energiebudget worden vastgesteld. Dit budget wordt bepaald door de grootte van het gebouw (gebruiksoppervlak en schiloppervlak). De EPC wordt berekend door het werkelijke verbruik te delen door het referentiegebruik.

Vanuit de berekeningsmethode wordt de EPC bepaald door het werkelijke energieverbruik in Mega Joules (MJ) te delen door het referentiegebruik. Dit referentiegebruik wordt berekend vanuit de afmetingen en grootte van het oppervlak van een woning: $85 \times$ de verliesoppervlakte (begane grondvloer, gevel en dak) + $310 \times$ de gebruiksoppervlakte. De uitkomst wordt weergegeven in MJ.

$$EPC_{\text{woon}} = \frac{E_{pTot}}{(310 \times A_g + 85 \times A_v + 9000) \times C_{EPC_{\text{woon}}}}$$

EPC_{woon} = energie prestatie coëfficiënt
 E_{pTot} = totale energieverbruik bepaald NEN7120 (MJ)
 A_g = gebruiksoppervlak in m²
 A_v = verliesoppervlakte in m²

De formule onder de deelstreep wordt ook wel het energiebudget genoemd, deze wordt afgekort met $E_{p;adm;tot;nb}$.

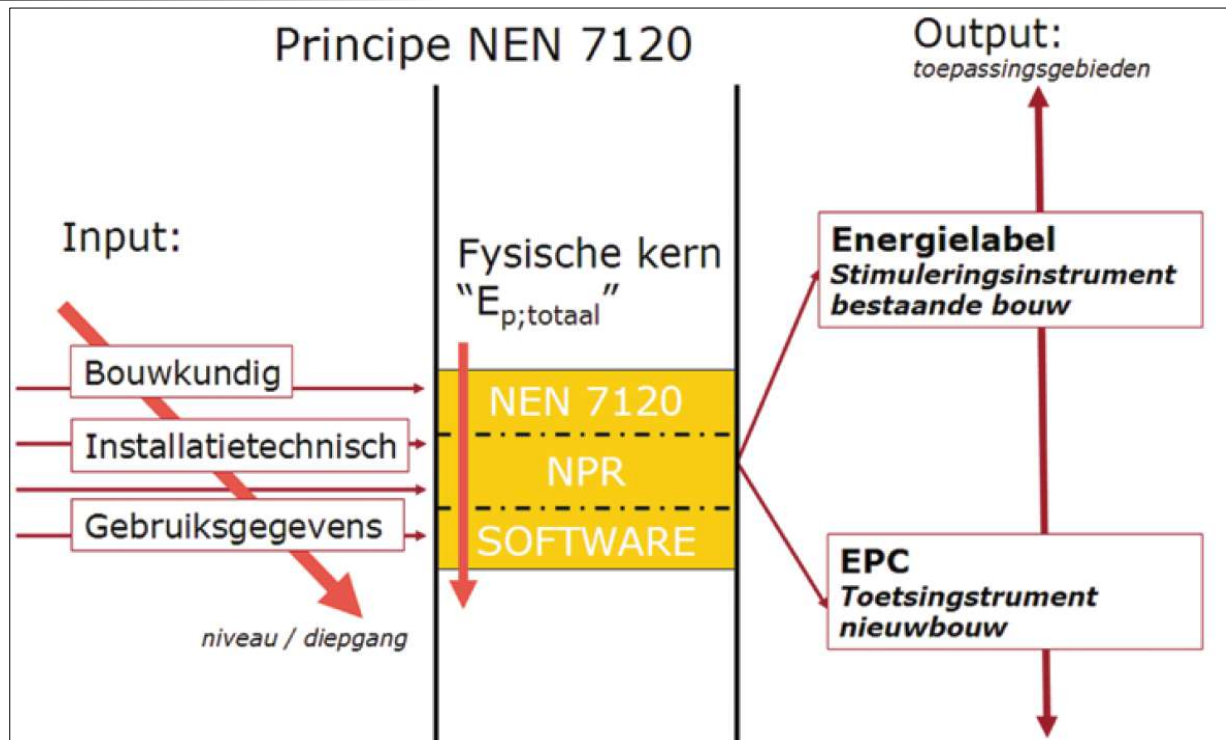
Karakteristiek energiegebruik (E_{pTot})

Karakteristiek wil zeggen dat het niet het werkelijke energiegebruik is, maar een som is van het energiegebruik voor verwarming, koeling, ventilatie, verlichting, warm water, be- en ontvochtiging en verdere hulpenergie. Het karakteristiek energieverbruik mag worden verminderd met de energie dat wordt opgewekt met behulp van fotovoltaïsche zonnecellen, windenergie en elektriciteit uit een gebouwgebonden warmtekrachtcentrale.

Karakteristiek energiebudget ($E_{p;adm;tot;nb}$)

Het karakteristiek energiebudget is gekoppeld aan de gebruiksoppervlakte. Hoe groter dit oppervlak, hoe groter het energiebudget. Aangezien het gebruiksoppervlak wordt vermenigvuldigd met factor 310, is dit oppervlak voor een groot deel bepalend voor de uitkomst.

Het verliesoppervlak is het totaal aan oppervlak waar warmtetransmissie door kan plaatsvinden. Hoe groter het oppervlak, hoe groter het energiebudget. Het is echter niet zo dat een groter ontwerp met veel gebruiksoppervlak en verliesoppervlak ook een goede uitgangspositie geeft voor de energiestaat. De praktijk leert dat het extra energiebudget dat wordt verkregen door hogere oppervlakten niet opweegt tegen het extra energieverlies dat optreedt. Geconcludeerd kan worden dat een compacte bouw de beste uitgangspositie geeft voor een goede energetische prestatie.



Figuur 4. Principe NEN7120. (Bron: *Bouwregels in de praktijk*, juli 2010, Nieman – ing. J.J.P. van Dalen)

Uitgangspunt bij de berekening is een standaard temperatuurverschil tussen binnen en buiten. Wanneer dit anders is, bijv. tussen twee verwarmde ruimtes, dan wordt er een correctiefactor op het verliesoppervlak toegepast.

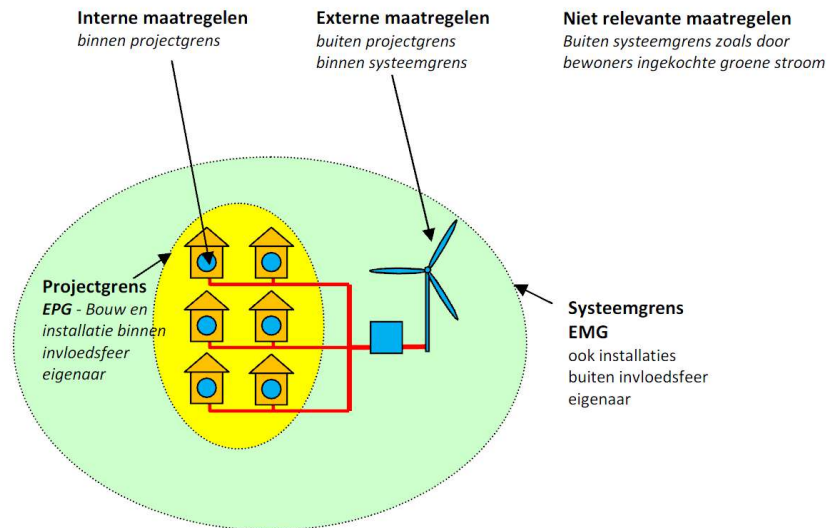
Weegfactor	Type constructie
0%	Constructie tussen twee verwarmde ruimtes. Het is niet nodig van een dergelijke constructie waarden in een EPC-berekening in te voeren.
70%	Constructie tussen een verwarmde ruimte en een kruipruimte of een vloer op de grond.
100%	Constructie die een verwarmde ruimte van de buitenlucht scheidt of aangrenzend aan een onverwarmde ruimte, onverwarmde serre of sterk geventileerde ruimte.

Figuur 5. Weegfactor constructie tussen verschillende ruimtes. (Bron: *Bouwbesluit Energieprestatie Nieman Raadgevende Ingenieurs*, 2013)

Op het verliesoppervlak wordt een standaard correctiefactor toegepast die in de software van het rekenprogramma is opgenomen. Voor de woningbouw is ook een correctiefactor 'C EPC woon' opgenomen. Deze factor moet er voor zorgen dat de uitkomsten vergelijkbaar zijn met voorgaande versies van de norm.

$$EPC_{woon} = \frac{E_{pTot}}{(310 \times A_g + 85 \times A_v + 9000) \times C_{EPCwoon}}$$

Bij de EPG kan alleen worden gerekend met energieposten die binnen de perceelgrens liggen. Liggen deze buiten het perceel, dan kunnen deze in de EPC worden meegerekend met behulp van de EMG. Deze 'extern' duurzaam opgewekte energie kan bestaan uit een collectieve zonnestroominstallatie, een windmolen specifiek voor de woning of woonwijk of een biomassacentrale die warmte en elektriciteit levert. Wanneer een bewoner kiest voor 'groene stroom', dan kan dit niet worden aangemerkt als 'extern duurzaam opgewekte energie'. De reden hiervan is dat het niet specifiek voor deze woning wordt opgewekt. Er mag alleen gebruik worden gemaakt van de EMG als er specifiek voor een woning of wijk een duurzame energie-opwekking plaatsvindt. Dit kan in de vorm van een veld zonnepanelen of een windmolen.



Figuur 6. Systeemgrens voor de bepaling van de EPC met behulp van de normen NEN 7120 (EPG) en NEN 7125 (EMG). (Bron: *Op weg naar minimum energie woningen met EPC ≤ 0*)

4.2.2 Bepaling transmissieverlies

Voor het bepalen van transmissieverlies is het mogelijk om gebruik te maken van twee methodes. Er is een uitgebreide methode en een forfaitaire methode. Het verschil tussen deze methodes is de manier waarop het warmteverlies als gevolg van lineaire koudebruggen wordt bepaald. Bij de forfaitaire methode wordt er gewerkt met een toeslag op de U-waarde. Bij de uitgebreide methode wordt er per koudebrug de zogenaamde lineaire warmtedoorgangscoefficiënt worden ingevoerd en de daarbij behorende lengte.

De bepaling van het transmissieverlies volgens NEN1068 wordt gebruikt om de energieprestatie van een gebouw te bepalen. De uitkomsten van de verschillende methodes kunnen gevolgen hebben voor de uitkomst. Hoe nauwkeuriger de berekening, hoe groter de kans is op een gunstige uitkomst. In de onderstaande tabel is het effect weergegeven bij de verschillende methoden op de uitkomst van de EPC bij een tussenwoning.

Bepalingsmethode ψ -waarde	EPC-resultaat
Forfaitaire methode, conform hfst. 13 NEN1068	0,56
Uitgebreide methode invoer ψ -waarden. Database ψ -waarden; hfst 8 NPR 2068	0,56
Uitgebreide methode invoer ψ -waarden. Database ψ -waarden; hfst 8 NPR2068 SBR-details + 25% conform,	0,52
Uitgebreide methode invoer ψ -waarden. Database ψ -waarden; numerieke bepaling conform hfst 13 NEN1068	0,51

Figuur 7. Verschil in uitkomsten EPC op basis van verschillende rekenmethode.
(Bron: *Bouwbesluit Energieprestatie Nieman Raadgevende Ingenieurs, 2013*)

4.3 Andere energieprestatievarianten

4.3.1 Passief

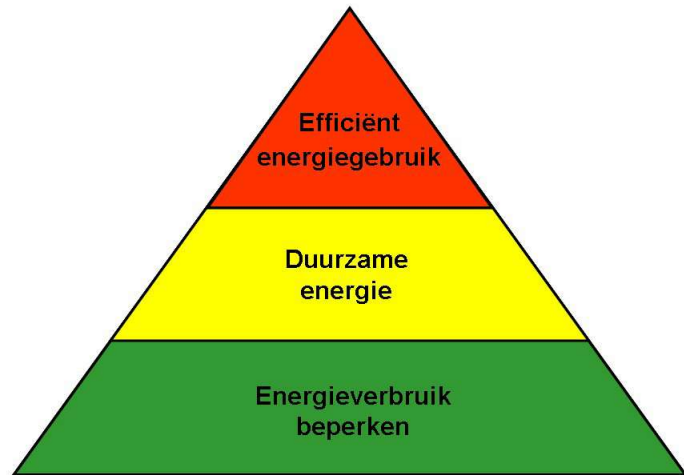
De term 'Passief bouwen' komt voort uit het doel van het concept: het passief (zonder inspanning) gebruik van energie. Dit geldt met name voor zonne-energie en warmte van bewoners en hun apparatuur. Deze energie wordt zo optimaal benut dat de extra energie die nodig is voor (bij)verwarming en koeling tot het minimum wordt beperkt.

Passief bouwen heeft in principe hetzelfde doel als bij de EPC, maar er zijn in de basis wel degelijk verschillen. De normering van een passief huis is van een andere orde dan bij de EPC. Een woning kan worden betiteld als 'passief huis' als voor het gebied van 40°-60° noorderbreedte geldt dat:

- De totale energievraag voor ruimteverwarming en koeling (excl. hulpenergie voor pompen en ventilatoren) beperkt blijft tot 15 kWh/m²/jaar geklimatiseerde gebruiksoppervlakte.
Deze waarde komt ongeveer overeen met een gasverbruik van 1,5 m³ gas/m² gebruiksoppervlak.
- De maximale primaire energiebehoefte voor ruimteverwarming, koeling, tapwater en elektriciteit (zowel voor installatie als huishoudelijk gebruik) 120 kWh/m²/jaar. Deze waarde komt overeen met een gasverbruik van circa 12,5 m³ aardgas.
- De luchtdichtheid van de schil is minimaal 0.6/h bij een drukverschil van 50 Pa.

Dit alles onder de voorwaarden die in het rekenmodel van een passieve woning zijn opgenomen.

Het concept 'Passief' is sterk gericht op de Trias Energetica. Nog meer dan het EPC-concept. Dit om dat er bij Passief meer wordt gewerkt met de gedachte: 'De energie die er niet uit kan, hoeft je ook niet op te wekken'. Gevolg is dat de woningen die worden gebouwd via het Passief-concept vaak zeer hoogwaardig zijn geïsoleerd en goede kierdichting hebben. Hierdoor wordt zoveel mogelijk voorkomen dat energie verloren gaat. Daar waar het bij de EPC-varianten vooral gaat om de balans tussen



Figuur 8. De Trias Energetica. (Bron: www.nieman.nl)

energieverlies en energieopbrengst, gaat het

bij Passief vooral om het voorkomen van onnodig energieverlies. Hierbij wordt het onderdeel kosten voor hoogwaardige isolatie grotendeels buiten beschouwing gelaten, terwijl het bij de EPC varianten vaak gaat om het financieel zo gunstig mogelijk behalen van de gestelde normen. Het concept 'Passief' kan daarom beter worden gezien als een invulling van een persoonlijke overtuiging dan een vorm van het voldoen aan overheidseisen.

Een passieve woning wordt berekend op basis van een Duits rekenmodel dat fungeert onder de naam PHPP (PassiefHuis ProjectenrekenPakket). Dit is een berekeningsprogramma dat speciaal is ontwikkeld om in de ontwerpfase de energiezuinigheid van het gebouw te bepalen op basis van vastgestelde voorwaarden. Het rekenmodel heeft geen officiële status.

Om de passieve energie optimaal te benutten worden er bepaalde uitgangspunten gehanteerd:

- **oriëntatie op de zon.** In de winter kan deze warmte de woning verwarmen. In de zomer dient er echter zonwering te worden toegepast om overhitting van de woning te voorkomen.
- **hoge isolatiewaarden van de schil.** De gedachte hierachter is: als je voorkomt dat energie verloren gaat via de schil, dan hoeft je dat ook niet op te wekken.
- **voorkomen van koudebruggen.** Deze veroorzaken veel transmissieverlies.
- **goede kierdichting.** Via kieren wordt veel warmte verloren.
- **efficiënte verwarming.** Veelal lage temperatuurverwarming met een bijpassende tapwaterverwarming
- **warmteterugwinning uit het ventilatiesysteem**
- **combinaties met duurzame energiebronnen,** bijv. zonne-energie.

Een PHPP-berekening is geen vervanging van de EPC berekening. Een 'passieve woning' moet ook worden berekend volgens de rekenmethode van de normale EPC. De uitkomst van een 'passieve woning' ligt meestal rond de EPC 0,4.

4.3.2 Rekenmethode PHPP

Het PassiefHuisProjectenrekenPakket (PHPP) is ontwikkeld door het Passiv Haus Institut in Darmstadt. Dit rekenpakket staat los van de verplichte EPC-berekening en is enkel een aanvulling. De internationale eis die wordt gesteld aan passieve woningen is in deze berekening gedefinieerd. Het grote verschil tussen een PHPP berekening en een EPG berekening is dat er bij een PHPP berekening wordt gewerkt met fysische parameters en het is mogelijk om meer specifieke waarden in te voeren. Hierdoor wordt de berekening meer specifiek dan bij een EPG berekening. In een EPG berekening wordt er veel gewerkt met normatieve waarden en correctiefactoren. De uitkomst bij een PHPP berekening bestaat uit twee waarden, namelijk een waarde voor de netto warmtevraag voor ruimteverwarming per jaar (max. 15 kWh/m²/jaar) en een waarde voor de totale primaire energievraag van het totale energieverbruik (max. 120 kWh/m²/jaar)

4.3.3 Energieneutraal

Onder een energieneutrale woning wordt een woning verstaan die in staat is om naast de gebouwgebonden energie ook de huishoudelijke energie op te wekken. Een energieneutrale woning heeft meerdere benamingen: nulwoning, balanswoning, energiebalanswoning, nul-energiewoning, CO₂ neutraal.

Een energieneutrale woning is een stap verder dan een woning met een EPC 0.0. Een woning is energieneutraal als er op jaarbasis netto geen energie vanuit het openbare net wordt gebruikt. Dat wil niet zeggen dat er geen gebruik wordt gemaakt van het openbare net. Het kan zijn dat er in de winter energie van het openbare net wordt afgenomen, en dat er in de zomer aan het openbare net wordt geleverd. Op jaarbasis moet dit in evenwicht zijn en het resultaat moet nul zijn. De energie die duurzaam wordt opgewekt mag ook op een andere plaats specifiek voor deze woning worden opgewekt.

Het opwekken van voldoende huishoudelijke energie wordt bepaald door het gebruikersgedrag. Uitgangspunt hierin is dat globaal 2300 Wattpiek aan extra PV-panelen nodig zijn om het huishoudelijk verbruik te compenseren. In de praktijk betekent dat ongeveer 20-25m² pv-panelen. Wanneer er sprake is van een steenachtige woning dient er nog 10m² extra te worden berekend. Voor een energieneutrale woning wordt gebruik gemaakt van een uitgangspunt dat vergelijkbaar is met een passief huis, zoals extreem goed geïsoleerd, goede kierdichting, zon georiënteerd. Daarnaast worden er nog meerdere maatregelen genomen om de energieprestatie van de woning te verbeteren.

4.3.4 Energieplus

Een energieplus woning levert netto meer energie op dan er op jaarbasis wordt afgenomen van het openbare net. Hoeveel de teruggave op jaarbasis is, is niet belangrijk. Het is aan de opdrachtgever hoeveel 'plus' de woning moet opleveren. Hieraan kan een bepaalde doelstelling zijn gekoppeld, zoals het opladen van een elektrische auto.

Een energieplus woning is weer een stap verder dan een energieneutrale woning. De grootte van het verschil tussen een energieneutrale woning en een energieplus woning wordt bepaald door de doelstelling van de opdrachtgever. Een energieplus woning is wel aangesloten op het openbare net. Het kan zo zijn dat in de winter relatief veel energie van het openbare net wordt afgenomen, maar dat er in de zomer meer wordt terug geleverd, bijv. door de aanwezigheid van veel pv-panelen die in de zomer meer energie opleveren dan in de winter.

4.3.5 Uitgangspunten en toekomst rekenmethode

Bij een PHPP berekening worden andere uitgangspunten hanteert dan een EPG-berekening. Zo is bijvoorbeeld het uitgangspunt voor interne warmtelast bij een PHPP berekening 2.1W/m² en bij de EPG 6.0W/m². In dit onderzoek wordt niet verder op deze verschillen in gegaan omdat wij ons volledig richten op de NEN7120 Energieprestatie Gebouwen (EPG).

Elk land hanteert een eigen bepalingsmethode voor energiezuinigheid van gebouwen. Afgezien het feit dat een PHPP berekening van een andere orde is dan een EPG-berekening, moet worden gezegd dat er op Europees niveau gewerkt wordt aan nieuwe energieprestatienormen. In deze nieuwe generatie normen heeft de Nederlandse NEN een belangrijke rol, want zij voert het secretariaat hiervan. Het is de verwachting dat rond 2015 de nieuwe richtlijnen er zijn en in de daaropvolgende jaren in de landelijke normen worden opgenomen. Aangezien ook Duitsland, waar de PHPP berekening vandaan komt, haar energieprestatienormen zal aanpassen naar de Europese normen, is het de vraag wat de waarde van de PHPP berekening dan nog zal zijn omdat de Europese EPG richtlijnen en die van de PHPP behoorlijk verschillen. Het energieprestatieconcept 'Passief' zal dan ook meer een invulling zijn/worden van persoonlijke overtuiging dan het voldoen aan overheidseisen.

5. Invloedfactoren op de energieprestatie

5.1 Ontwerp

De vormgeving van een woning speelt een belangrijke rol in de energetische prestaties. Het is van groot belang dat de ontwerper zich bewust is van de gevolgen van bepaalde vormen. Wanneer een architect een gebouw ontwerpt dat ongunstig is voor de energieprestatie, dan zal er extra moeten worden geïnvesteerd in de installatie om het ongunstige ontwerp te compenseren. Is de architect zich wel bewust van de voorwaarden voor een ontwerp met een goede uitgangspositie voor de energieprestatie, dan kan er op kosten worden bespaard. De belangrijkste punten voor het ontwerp zijn:

- compactheid
- complexiteit
- daglicht
- mogelijkheden installaties

5.1.1 Compactheid

Hoe compacter een woning, hoe minder transmissieverlies door de bouwkundige schil. Met deze compactheid wordt bedoeld dat er relatief veel vloeroppervlak is en relatief weinig buitenoppervlak. De referentiewoning van Agentschap NL kan daarbij als voorbeeld worden gehouden. De compactheid van een woning mag niet ten koste gaan van het hoofddoel van de woning: een prettige leefomgeving. Het is belangrijk dat er ondanks een compacte vorm er ook bruikbare ruimtes in de woning aanwezig zijn. De ruimtes moeten ook zijn voorzien van voldoende daglicht. Het zoeken van de juiste verhouding tussen glasoppervlakten en dichte geveldelen is daarbij een belangrijk punt.

In reacties van deskundigen is te lezen dat de compactheid van de vrijstaande referentiewoning van Agentschap NL niet realistisch is. Over het algemeen zijn de vrijstaande woningen meer voorzien van erkers, serres of andere, voor de EPC ongunstige, uitbouwen. Gevolg van de compactheid van de referentiewoning is dat de maatregelen die worden doorberekend gunstiger uitpakken dan bij een 'normale' vrijstaande woning. Hierdoor is het bij de referentiewoning van Agentschap NL mogelijk om met een beperkt aantal aanpassingen de gevraagde energieprestatie te behalen.



Figuur 9. Conceptmodel vrijstaande woning Agentschap NL. (Bron: www.agentschapnl.nl)

5.1.2 Complexiteit

De complexiteit van een woning is een lastig onderdeel in het ontwerp. Hier botsen vorm en functie vaak met elkaar. De complexiteit van een ontwerp wordt bepaald door aan- en uitbouwen. Hoe meer deze aanwezig zijn, hoe lastiger het is om een goede energieprestatie te realiseren. Gevolg van deze aan- en uitbouwen is dat het aantal aansluitingen toeneemt, waarbij ook de kans op koudebruggen en luchtlekken toeneemt. Deze laatstgenoemden hebben een negatief resultaat op de energieprestatie. Daarnaast hebben aan- en uitbouwen veel gevel/dakoppervlak ten opzichte van het vloeroppervlak, vergeleken met het 'interne' vloeroppervlak.

5.1.3 Oriëntatie

De oriëntatie in combinatie met de vormgeving van de woning vormen samen de hoofdpunten van de invloedfactoren van het ontwerp. Deze twee zaken zijn echter direct gerelateerd aan de opdrachtgever en de aangekochte bouwkaal. Het is een lastig onderdeel omdat er in de eerste plaats niets kan worden gedaan aan de oriëntatie van de kavel en in de tweede plaats de smaak van de opdrachtgever in grote mate bepalend is voor de vormgeving.

De indeling van woning is nauw verbonden met de glasoppervlaktes in de gevel. Over het algemeen zijn de glasoppervlakten in de woonkamer groter dan bij de keuken. In een woonkamer worden vaak grote raampartijen toegepast in combinatie met bijv. openslaande deuren. Het heeft de voorkeur het meeste glas toe te passen op zuidgeoriënteerde gevels. Dit heeft als doel gebruik te maken van passieve zonnewarmte. Daarbij moet wel de opmerking worden geplaatst dat deze raampartijen in de zomer voor overhitting kunnen zorgen. Dit wordt verder behandeld in het onderdeel 'zonwering'. In het verlengde uitgangspunt van zuidgeoriënteerd glasoppervlak, dient er op het noorden zo min mogelijk glas te worden toegepast. Veel raamopeningen in de gevel zorgen er voor dat er meer kans is op transmissieverlies. Raamopeningen hebben een lagere isolatiewaarde dan een dichte gevel en de kans op warmtetransmissie is extra groot als gevolg van aansluitpunten tussen gevel en kozijn. Daar is kans op warmtetransmissie door slechte kierdichting. Voor de dakvlakken is de oriëntatie ook erg belangrijk. Dakvlakken bieden bijvoorbeeld plaats aan zonnecollectoren en pv-panelen. Het scheppen van mogelijkheden op dit onderdeel is essentieel voor het behalen van de energieprestatie. Woningen met een plat dak hebben hier een voordeel. Op het platte dak kunnen collectoren en panelen exact op de ideale stand worden neergezet voor een optimaal rendement.

5.1.4 Beschaduwning en zonwering

Zoals in het onderdeel 'Oriëntatie' is aangegeven, is zonwering een middel om oververhitting in de zomer te voorkomen. Het gebruik van passieve zonnewarmte is gunstig voor de energieprestatie, maar het kan ook te veel zijn, en dat veroorzaakt oververhitting. Dit kan worden tegengegaan met koeling, maar dat kost energie. Het is dan ook het meest efficiënt om oververhitting te voorkomen met behulp van zonwering. Aangezien zonwering flexibel kan worden toegepast, is het mogelijk in de winter volledig gebruik te maken van de passieve zonnewarmte en in de zomer dit op basis van behoefte te doen.

Er kan per raam worden aangegeven of er wel of geen gebouwgebonden zonwering wordt toegepast. Wanneer er wel zonwering wordt toegepast, dient dit van binnenuit bedienbaar te zijn. Het moet daarnaast bij oplevering te zijn aangebracht. Zonwering aan de binnenzijde, zoals lamellen of jaloezieën worden niet beschouwd als gebouwgebonden zonwering. Buitenzonwering is de beste zonwering die kan worden toegepast (Energie Vademecum p. 108) omdat de straling buiten het glas wordt opgevangen. Gesteld wordt dat buitenzonwering twee keer zoveel zon weert als binnenzonwering. Onder buitenzonwering kan worden verstaan: uitvalschermen, screens, buitenjaloezieën en markiezen. Het meest gunstig is een dicht weefsel en een lichte kleurstelling.

Beschaduwning door overstekken of andere belemmeringen kunnen in grote mate de zoninstraling bepalen. In de zomer kan dit een gunstig effect hebben op de EPC, in de winter is dit ongunstig. In de zomer voorkomt het oververhitting, in de winter weerhoudt het opwarming van de ruimte.

In de EPC zijn er drie niveaus waarop de beschaduwning door overstekken en belemmeringen kan worden berekend:

- eenvoudigste methode
- vereenvoudigde methode
- uitgebreide methode

Eenvoudigste methode

Bij de eenvoudigste methode wordt gebruik gemaakt van de invoeroptie 'meest ongunstig'. Hierbij wordt uitgegaan van de meest ongunstige beschaduwning, wat als gevolg heeft een maximale opwarming in de zomer en minimale opwarming in de winter. Deze methode kan worden toegepast in het Voorlopig Ontwerpfase wanneer er nog te weinig gegevens bekend zijn en er een indicatieve EPC-berekening nodig is. In een later stadium kan overgegaan worden op een andere methode wanneer er meer gegevens bekend zijn van overstek en oriëntatie.

Vereenvoudigde methode

Hierbij wordt gewerkt met een aantal standaard uitgangspunten. Deze uitgangspunten voorkomen dat elke invalhoek moet worden berekend en ingevoerd. Gevolg hiervan is dat er snel kan worden bepaald met welke belemmeringsfactor kan worden gerekend. Dit versnelt het rekenproces en de uitkomsten zijn redelijk nauwkeurig.

Uitgebreide methode.

De uitgebreide methode staat beschreven in NEN7120, paragraaf 21.3.8. Deze methode wordt echter niet veel toegepast omdat het arbeidsintensief is en de uitkomsten nauwelijks afwijken van de 'vereenvoudigde methode'. Het effect op de uitkomst van de EPC met een uitgebreide methode is dan ook nihil.

5.2 Vloer

De vloer is het deel waar het minste transmissieverlies optreedt. Een vloer grenst aan de grond of kruipruimte. Op het gebied van temperatuur zijn dit zeer stabiele factoren. De temperatuur van de bodem wisselt niet of nauwelijks. Dat houdt in dat in het stookseizoen de bodem warmer is dan de buitenlucht, en in de zomer koeler is dan de buitenlucht. In principe is dit gunstig voor het klimaat van de woning. Daarbij komt het feit dat warmte stijgt. Warmte zal zich dan ook niet in de eerste plaats via de vloer de woning verlaten, maar eerder via de gevel of het dak. Om deze redenen wordt over het algemeen gekozen voor een Rc-waarde van 3,5 voor de vloer, dat is de minimum Rc-waarde die het huidige Bouwbesluit eist voor de gebouwschil. Ook in de EPC berekening heeft de isolatiewaarde van de vloer weinig invloed op de uitkomst. Om financiële redenen wordt daarom de vloer op de minimum eis ingesteld. Bij passiehuizen wordt er gewerkt vanuit het principe dat alle warmte die verloren gaat moet worden tegengegaan. Daarom wordt daar meestal gewerkt met een Rc-waarde voor de vloer van $6.0\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$.

5.3 Gevel

De gevel is een belangrijke factor in de energiezuinigheid. Naast het dak vormt de gevel het grootste oppervlak waar transmissieverlies door kan optreden. De mate van transmissieverlies wordt bepaald door meerdere factoren, namelijk:

- thermische isolatie
- koudebruggen
- luchtdichtheid

5.3.1 Transmissieverlies

Warmtetransmissie kan op drie manieren optreden. Dit kan door geleiding, convectie of straling.

Geleiding

Transmissieverlies als gevolg van geleiding van het materiaal. De mate van geleiding is afhankelijk van het warmtegeleidingscoëfficiënt. Deze waarde geeft aan in welke mate het materiaal warmte geleidt. Hoe hoger deze waarde, hoe meer geleiding. Goede isolatiematerialen hebben dan ook een zeer lage warmtegeleidingscoëfficiënt. Ook de dikte van het materiaal speelt een rol. Hoe dikker het materiaal, hoe minder warmtegeleiding. Zo is de isolatiewaarde van een plaat van 100mm lager dan van 140mm. Een bekende vorm van transmissieverlies door geleiding zijn spouwankers.

Convectie

Transmissieverlies als gevolg van convectie komt voor bij een overgang van lucht naar constructie. Wanneer een constructie warmer is dan de lucht, zal de lucht ter plaatse van de constructie opwarmen. Wanneer deze lucht wordt afgevoerd, vindt er warmtetransport door convectie plaats. De vorm van transmissieverlies is terug

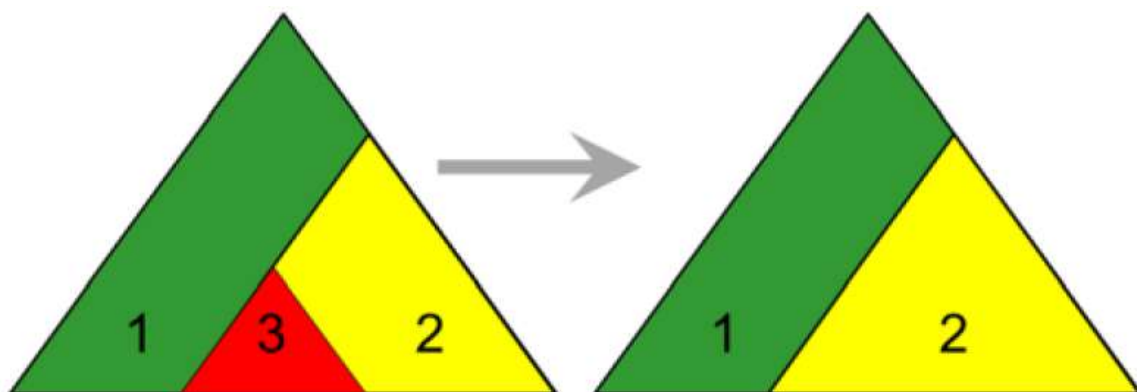
te vinden in de overgangsweerstanden bij een constructie. De mate van transmissie is afhankelijk van het temperatuurverschil tussen de constructie en de omliggende lucht en de luchtsnelheid.

Straling

Straling komt voor bij een overgang van een constructie naar lucht. Hoe hoger het verschil in temperatuur tussen twee voorwerpen, hoe meer straling. De energie die het ene materiaal verliest, neemt het andere materiaal weer op. Ook de emissiefactor speelt een rol. Hoe kleiner deze factor, hoe minder stralingsuitwisseling. Deze vorm van transmissieverlies komt bijvoorbeeld voor bij een radiator die warmte uitstraalt naar een binnenspouwblad. Dit kan voorkomen worden door stralingsfolie tussen de radiator en het binnenspouwblad aan te brengen. Straling wordt op deze manier weerkaatst en het verlies wordt beperkt.

5.3.2 Thermische isolatie

De gebouwschil vormt de 'jas' van het gebouw. Hoe warmer de jas, hoe minder energie het gebouw kan verlaten via de gebouwschil. De mate van isolerend vermogen wordt weergegeven in een Rc-waarde, uitgedrukt in $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$. Hoe hoger de Rc-waarde, hoe hoger het isolerend vermogen, hoe minder transmissieverlies via de gebouwschil. Op dit moment eist het Bouwbesluit een minimale Rc-waarde van $3,5\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$. Het is belangrijk dat de thermische isolatie een gesloten geheel vormt rond de binnenste schil. Onderbrekingen in de isolatie zorgen voor 'koudebruggen'.



Figuur 10. Trias Energetica. 1. Beperk energievraag. 2. Toepassen duurzame bronnen. 3. Efficiënt gebruik fossiele brandstoffen.

Het einddoel weergegeven van thermische isolatie: d.m.v. het hoogwaardig isoleren het voorkomen van gebruik van fossiele brandstoffen. (Bron: *Praktijkgids Energieprestatie*, Nieman Raadgevende Ingenieurs, 2013)

Op basis van een logische beredenering zou kunnen worden geconstateerd dat een zeer hoge spouwisolatie een voorwaarde is van een goede energetische prestatie. Dit is slechts ten dele waar. Naarmate de thermische

isolatiewaarde van de gebouwschil stijgt, neemt het effect op de EPC af. Gevolg van deze rekenwijze is dat het alsmaar meer isoleren van een gevel op den duur financieel niet meer rendabel is. Op basis van de praktijk kan gesteld worden dat een Rc-waarde van 5.0m²K/W het kantelpunt is voor een rendabele investering. In 2015 wordt deze waarde de nieuwe minimum isolatiewaarde. Wanneer de gevel meer wordt geïsoleerd, zal dit meer

kosten dan dat het opbrengt. De kosten die gemaakt worden voor meer isolatie, kunnen beter in bijv. de installatie worden gestoken. Hierbij is de levensduur van de installatie niet meegenomen. Op dit onderdeel wordt dieper ingegaan in het onderzoekdeel van deze scriptie.

Agentschap NL geeft aan in 'Concepten EPC 0.4' dat de eerste stap naar een betere energieprestatie voor een woning begint bij het optimaliseren van de thermische schil. Dit bestaat uit het verhogen van de Rc-waarden voor vloer, gevel en dak en het verlagen van U-waarden van ramen en deuren. Toch wordt ook hier gelijk aangegeven dat het effect op de energieprestatie minder wordt naarmate de isolatiewaarde stijgt. Om praktische en economische redenen wordt uitgegaan van een Rc-waarde van 5.0m².K/W, zoals ook eerder is aangegeven.

In theorie is het zeer hoogwaardig isoleren van de gevel niet rendabel, maar in de praktijk ligt dit genuanceerd. Dit concludeerden ing. F.A. Deuring en ir. H.J.J. Valk van Nieman Raadgevende Ingenieurs (*Onderzoek hoogwaardige thermische schil. Onderzoek naar praktische realisatiemogelijkheden van een Rc van 5 en hoger, febr. 2013*). Volgens het onderzoek is niet de berekening bepalend voor het energieverbruik van de woning, maar de bewoner zelf. De maatregelen die worden genomen om de gestelde energieprestatie te behalen worden geselecteerd op de kosten. Bij de thermische isolatie is daar een bepaald punt waar het financieel niet rendabel meer is, terwijl het in de praktijk wel degelijk nut heeft om een hogere isolatiewaarde te realiseren. Daarbij komt dat de in de praktijk belangrijke kosten voor het energieverbruik buiten beschouwing worden gelaten. Volgens de onderzoekers van het genoemde onderzoek is het moeilijk te bepalen wat de opbrengsten voor hogere isolatiewaarden zijn, omdat de energieprijzen onzeker zijn en dus niet tegenover de meerkosten van extra thermische isolatie kunnen worden gezet. Toch geeft het onderzoek aan dat de extra kosten ten behoeve van hogere thermische isolatie van de gebouwschil wel moeten worden weggezet tegen de levensduur. Een vergelijking tussen de kosten voor hoogwaardige isolatie en opzichte van een installatie zou moeten gebeuren op basis van 'Total Cost of Ownership' (TCO). In deze vergelijking zou de thermische schil gunstiger komen te staan dan in de huidige berekening. Verderop in dit literatuuronderzoek wordt op dit TCO dieper ingegaan.

5.3.3 Koudebruggen

Een koudebrug is een relatief klein deel van de constructie dat een stuk minder geïsoleerd is dan de rest van de constructie. Gevolg van deze kleine delen is dat ze het effect verminderen van de isolatie rondom de koudebrug. Het is dus van groot belang deze koudebruggen zoveel mogelijk te voorkomen. Koudebruggen komen vooral voor bij aansluitingen tussen verschillende geveldelen, zoals gevel-dak, gevel-vloer, gevel-kozijn. Koudebruggen kunnen ook in de constructie zelf aanwezig zijn, zoals een stalen kolom in de spouw of een houten regel bij een houtskeletwand. Beide hebben een (veel) lagere waarde dan de omliggende constructie en vormen zo een koudebrug.

Het onderwerp koudebruggen krijgt steeds meer aandacht omdat ze veel invloed hebben op de energieprestatie en het comfort van de woning. Om die reden is er tijdens de bouw veel aandacht voor het voorkomen van deze warmtelekken. Daarnaast wordt er ook naderhand gecontroleerd of er nog koudebruggen aanwezig zijn. Deze controle wordt uitgevoerd met behulp van een infraroodcamera die feilloos de warmtelekken lokaliseert. Op de afbeeldingen van de infraroodcamera kan met kleuren worden gezien waar de warmtelekken zitten.



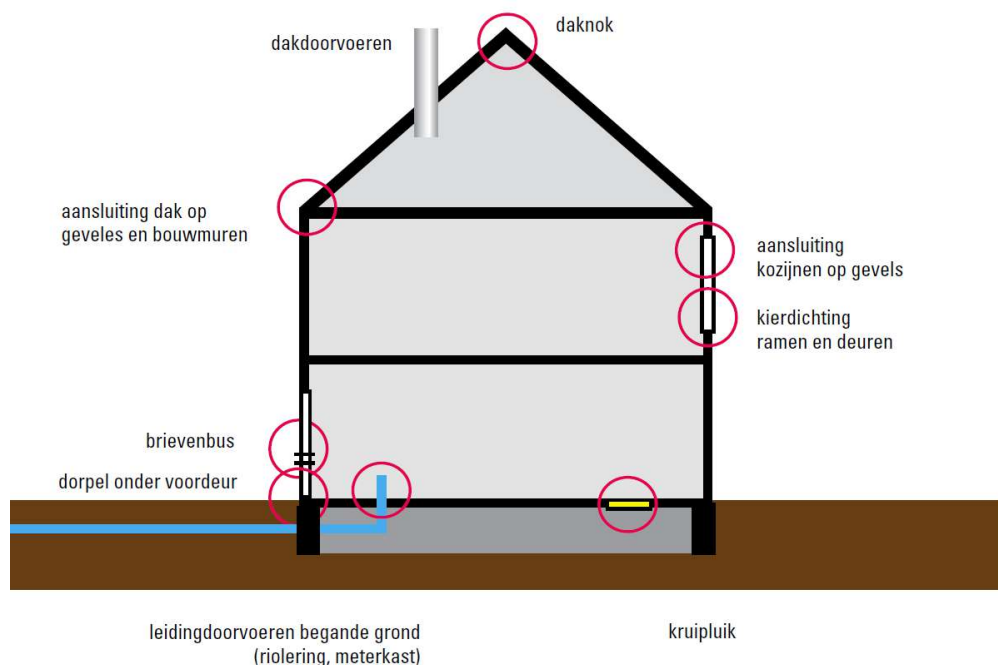
Figuur 11. Beelden van infraroodcamera en normale camera. (Bron: www.duurzaambouwloket.nl)

In figuur 11 is te zien hoe infrarood werkt. Het is een kozijn met enkel glas. In de kleurenbalk aan de onderzijde van de infraroodfoto is te zien wat een kleur betekent. Als het donkerblauw is, dan is de infraroodstraling minimaal, dus weinig transmissieverlies. Is de kleur rood of bijna wit, dan is er veel infraroodstraling, dus veel transmissieverlies. Op deze foto is dan ook goed zichtbaar wat isolatie in de gevel doet en wat het gevolg is van enkele beglazing.

5.3.4 Luchtdichtheid

Luchtdicht bouwen is één van de onderwerpen die nauw zijn verbonden met de energieprestatie van de woning. Luchtdicht bouwen is in feite het voorkomen van ongewenste luchtstromen die er voor zorgen dat energie ongecontroleerd de woning kan verlaten. Deze kieren zijn aanwezig bij draaiende delen en bij aansluitingen tussen verschillende bouwdelen. Ventilatie in een woning is zeker van belang, maar dat zijn bewuste luchtstromen. Ventilatie als gevolg van slechte luchtdichtheid, is ongewenst en is niet beheersbaar. De ventilatie die nodig is voor een prettig wooncomfort wordt geregeld door de installatie. Luchtdicht bouwen is gericht op het verhinderen van in- en exfiltratie (warmtetransport van buiten naar binnen en andersom). De luchtdichtheid aan de warme zijde van de constructie voorkomt dat koude en vochtige buitenlucht in aanraking komt met de warme en droge lucht binnen. Hierdoor wordt onder andere condensatie voorkomen. Daarnaast zorgt de luchtdichtheid voor het beperken van geluiden van buitenaf, dus meer wooncomfort binnen.

Volgens Nieman Raadgevende Ingenieurs (*Adviezen en metingen luchtdichtheid utiliteitsbouw*) is luchtdicht bouwen voor de bouwpraktijk nogal ongrijpbaar. De theorie erachter wordt als complex gezien en vaak leidt een gebrek aan luchtdichtheid niet direct tot klachten. Bovendien leeft de gedachte dat luchtdicht bouwen niet bevorderlijk is voor een gezond en comfortabel binnenmilieu. Dit is volstrekt onjuist, echter het is van belang te beseffen dat Luchtdicht Bouwen uit gaat van een goed ventilatiesysteem.



Figuur 12. De kritieke punten met betrekking tot luchtdichtheid. (Bron: Energiedemecum 2010)

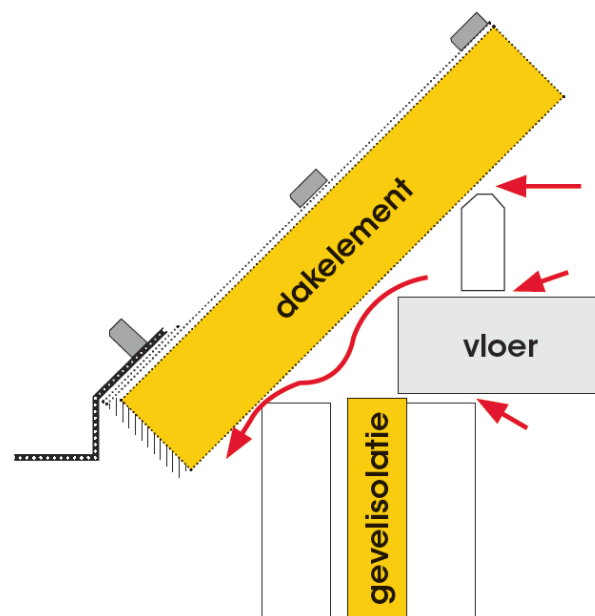
Door de prefabricage van veel bouwdelen is de luchtdichtheid erg verbeterd. Volgens ing. P. Kuindersma van Nieman-Kettlitz (*Luchtdicht bouwen = kwalitatief bouwen, febr. 2013*) gaat het vaak nog steeds fout bij de aansluitingen, doorbrekingen en doorvoeringen. Dit komt deels door de geringe afstemming van bouwelementen op elkaar waardoor (te) grote toleranties ontstaan. Maar ook door logistiek en de organisatie op de bouwplaats. Er wordt volgens Kuindersma te weinig gerealiseerd wat de gevolgen zijn van bepaalde keuzes.

5.4 Dak

Het dak vormt samen met de gevel het grootste oppervlak waar transmissieverlies door kan optreden. Waar bij de gevel er al snel beperkingen zijn met betrekking tot isolatiedikte en detaillering, is er bij het dak meer mogelijk. Daken zijn relatief eenvoudig te isoleren. De dikte van het isolatiepakket bij hellende daken is bijna grenzeloos. Bij platte daken zijn er wel beperkingen omdat er moet worden gewerkt met opstanden. Bij hellende daken wordt de isolatiewaarde negatief beïnvloed door de houten sporen in de doosconstructie die de isolatie onderbreken. Het goed laten doorberekenen van de totale isolatiewaarde van de complete constructie is een vereiste.

Warme lucht stijgt. Het dak is dan ook de plaats waar het meeste transmissieverlies optreedt. Toch is dit niet helemaal waarheid, omdat we ook te maken hebben met verdiepingsvloeren die voorkomen dat alle warmte rechtstreeks naar de kap stroomt. Volgens ing. A. van der Ham van Nieman Raadgevende Ingenieurs (*Warmte-isolatie van daken: kansrijk en beheersbare risico's, mei 2011*) gaat naar schatting 30% van de warmte verloren via het dak. Daarentegen biedt het dak juist veel mogelijkheden om goede isolatiewaarden realiseren.

De dakconstructie heeft echter ook veel aansluitpunten waardoor de kans op luchtlekken erg groot is. Met name de aansluitingen bij de nok, de dak-elementen, de zoldervloer en de gevel zijn risicovol.

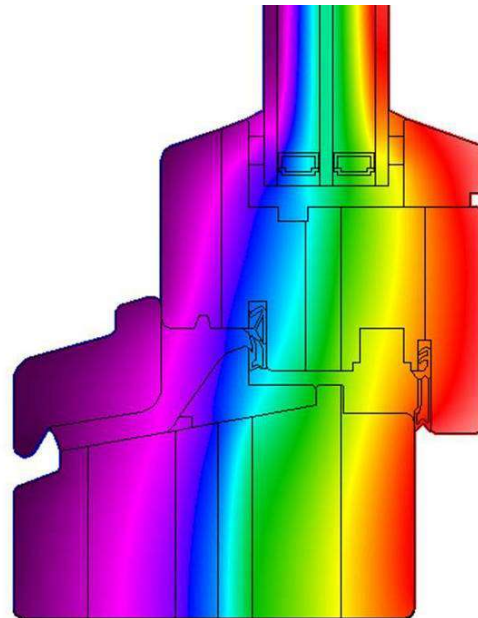


Figuur 13. Transmissieverlies als gevolg van luchtlekken.
 (Bron: *EnergieVademecum, 2010*)

5.5 Kozijnen

Door de steeds strenger wordende energieprestatienorm is het steeds meer noodzakelijk een gevel goed te isoleren. Spouwmuuren krijgen vaak een R_c -waarde van $5,0\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ of hoger. En de kozijnen, die blijven meestal zoals ze waren. Toch gaat het warmteverlies door ramen en deuren steeds zwaarder wegen. Ze vormen een zwakke schakel in de thermische schil. Het transmissieverlies door de kozijnen is per m^2 aanzienlijk groter dan de rest van de schil bij een R_c van $5,0\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$. Wanneer de gevel een R_c heeft van $5,0\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$, dan komt dat neer op een U -waarde van $0,19\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$, maar voor een kozijn ligt dat nog maar op maximaal $1,65\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$.

De eis voor de transparante delen is begin 2013 aangepast naar $>1,65\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$. Dat houdt in dat de isolatiewaarde van een kozijn ruim 8,5x lager is dan een dicht geveldeel. Volgens Nieman Raadgevende Ingenieurs (*Onderzoek hoogwaardige thermische schil. Onderzoek naar praktische realisatiemogelijkheden van een R_c van 5.0 en hoger, febr. 2013*) is de reden van dit verschil vanzelfsprekend omdat kozijnen een bijzondere functie hebben: daglicht, uitzicht, toegang, etc. Hoewel deze bijzondere functies erg belangrijk zijn, is het geen vrijstelling om niet mee te werken aan het verhogen van de isolatiewaarde van de thermische schil. Het belang van het energieverlies bij de transparante delen is groot. Een reden om de isolerende werking van de kozijnen te verhogen tot een acceptabel niveau. Het extra isoleren van houten kozijnen is mogelijk met een koudebrugonderbreking in de houten kozijnen. Dit kan gedaan worden met PUR-schuim of met geëxpandeerde kurk.

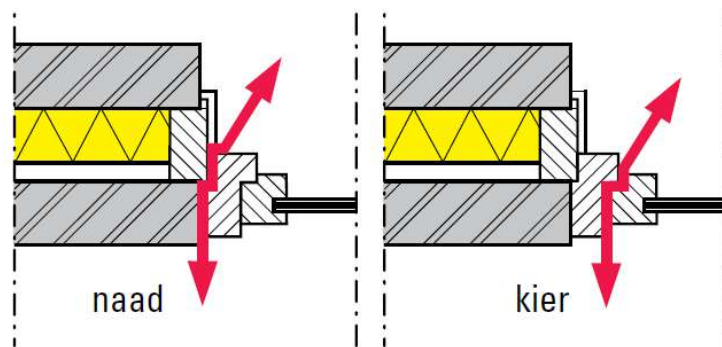


Figuur 14. Infraroodbeeld van warmtetransmissie door kozijn.
 Betreft hier energiezuinig kozijn.
 (Bron: www.passiefhuismarkt.nl)

Deuren vormen door hun oppervlak, en het feit dat het een draaiend deel is, een bijzonder zwak punt in de thermische schil. Bij het berekenen van de U -waarde van de deur moet ook het kozijn worden meegenomen. Volgens NPR2068 wordt een deur met $>65\%$ glas beschouwd als een raam. Voor overige deuren met transparante delen geldt dat een deur als 2 delen moet worden beschouwd, namelijk het vaste deel van de deur, en de beglazing.

5.5.1 Naden en kieren

Bij draaiende delen is het erg belangrijk dat kieren en naden worden voorkomen. Hiermee wordt energieverlies als gevolg van ongewenste ventilatie voorkomen en wordt de geluidsisolatie verbeterd. Belangrijk verschil



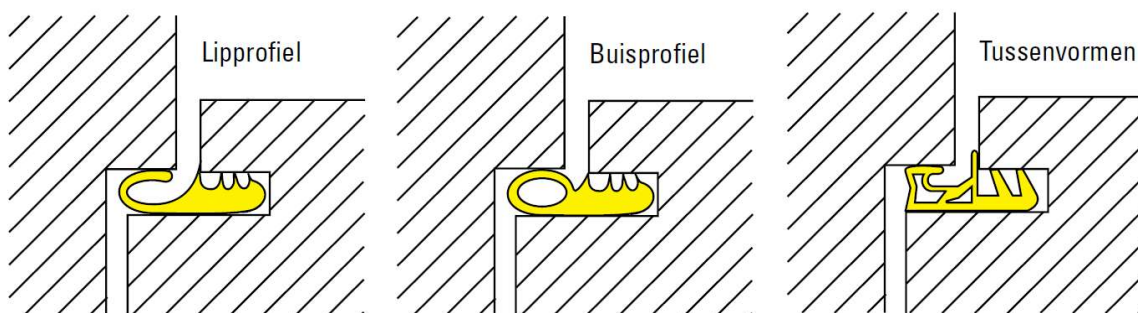
Figuur 15. Kritieke plaatsen voor luchtdichtheid.
(Bron: EnergieVademecum, 2010)

tussen naden en kieren is de plaats waar de ongewenste luchtstromen plaatsvinden. Naden zijn aansluitingen tussen vaste delen. Kieren zijn aansluitingen tussen draaiende delen. Goede kierdichting is essentieel voor een luchtdicht kozijn.

Volgens de EnergieVademecum zijn met name de volgende zaken van belang bij een luchtdicht kozijncomponent:

- gebruik van in de hoeken gelaste profielen (kaderprofielen)
- voldoende scharnieren en sluitingen om kromtrekken te voorkomen
- gebruik van knevelsluitingen
- nastelbare scharnieren en sluitplaten
- overweeg dubbele kierdichting
- brievenbus met buitenklep en stugge tochtborstel

5.5.2 Kierdichting



Figuur 16. Mogelijke vormen van kierdichting bij draaiende delen. *(Bron: EnergieVademecum, 2010)*

Voor draaiende delen worden verschillende soorten kierdichting toegepast.

- Lipprofiel: geeft een goede kierdichting. Werkt erg soepel en is makkelijk in gebruik omdat het weinig kracht vraagt om het draaiende deel te sluiten.
- Buisprofiel: geeft een hogere kierdichtingswaarde dan het lipprofiel, maar is ook gevoeliger omdat het

meer druk vraagt bij het sluiten. Daarnaast is het gevoelig voor maattoleranties omdat het stugger is dan het lipprofiel. In de praktijk is bij dit type knevelende sluiting nodig om de kierdichting goed te laten functioneren.

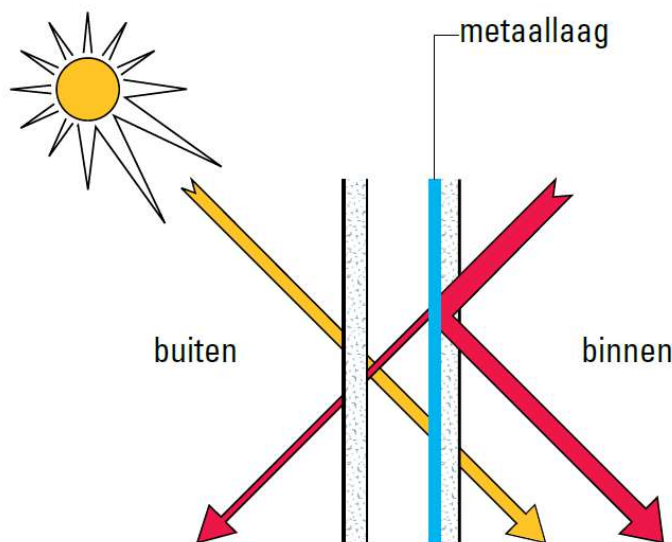
-Tussenvormen: combinaties van lipprofiel met buisprofiel. Door het gebruik van beide voordelen is het mogelijk om een praktisch goed werkende kierdichting te realiseren.

5.5.3 Beglazing

Bij beglazing hebben meerdere zaken invloed op de isolerende waarde, namelijk:

- warmteverlies (U-waarde)
- zontoetreding (ZTA-waarde)
- daglichttoetreding (LTA-waarde)

Beglazing vormt over het algemeen een groot deel van het oppervlak van een kozijn. Hierdoor heeft het glas grote invloed op de isolerende waarde van het geheel (kozijn + glas).



Figuur 17. Weergave van effect LTA en ZTA.
(Bron: EnergieVademecum, 2010)

Het principe bij HR++ glas is dat de warmtestraling van binnenuit wordt weerkaatst door de metaal-laag. Warmte wordt op deze wijze zoveel mogelijk behouden. Zonlicht daarentegen wordt wel doorgelaten. De ZTA-waarde geeft de verhouding weer tussen binnenkomende en opvallende zonnestraling, zowel directe als diffuse straling. Voor

HR++ glas ligt deze waarde tussen de 0.6 en 0.7. Hoe hoger de ZTA-waarde, hoe meer zonlichttoetreding. Dit kan in de winter gunstig zijn omdat er gebruik van de zonnewarmte kan worden gemaakt. In de zomer kan dit ongunstig zijn omdat er dan

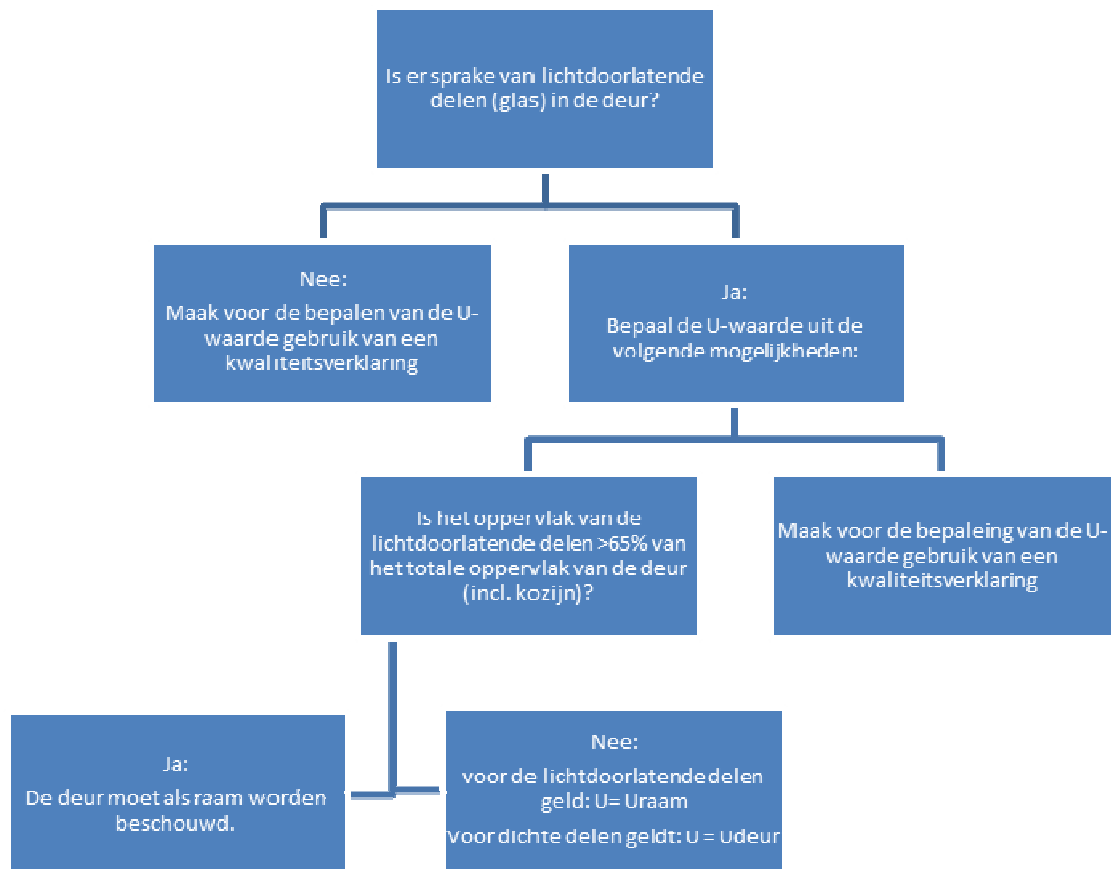
meer kans is op overhitting. De LTA-waarde geeft de lichttoetreding weer. Dat is de verhouding tussen binnenkomende en opvallende zichtbare zonnestrallen bij een loodrechte invalshoek. Bij HR++ glas ligt deze waarde tussen de 0.7 en 0.8.

ramen	U-waarde (in W/m ² K)	LTA-waarde	ZTA-waarde
blank enkel glas	5,8	0,90	0,80
blank dubbel glas	2,8	0,80	0,70
HR ⁺⁺ -glas (niet zonwerend)	1,0 - 1,2	0,70 - 0,80	0,60 - 0,70
drievoudige beglazing (niet zonwerend)	0,5 - 1,0	0,60 - 0,75	0,50 - 0,70
daklichtkoepels (inclusief geïsoleerde dakopstand, transparant)			
dubbelwandig kunststof	2,8	0,85	0,80
driewandig kunststof	1,9	0,80	0,75
HR ⁺⁺ -glas met kunststof enkelwandige koepel	1,4	0,70 - 0,75	0,50 - 0,55

	Uglas	kozijntype A (hout of kunststof; Ukozijn ≤ 2,4 [W/m ² .K])	kozijntype B (thermisch onderbroken metaal; Ukozijn ≤ 3,8 [W/m ² .K])
HR Glas	2,0	2,3	2,8
HR ++	1,2	1,8	2,2
HR ++	1,0	1,6	2,1
HR ++	0,9	1,5	2,0
drievoudig HR ++	0,7	1,4	1,9
drievoudig HR ++	0,5	1,3	1,7

Figuur 18. Overzicht verschillende typen glas in combinatie met LTA/ZTA waarden en bijbehorende typen kozijnen. (Bron: EnergieVademecum, 2010)

Nieman Raadgevende Ingenieurs heeft in de Praktijkgids Energieprestatie 2013 een stappenplan opgenomen op welke wijze de warmtedoorgangscoefficiënt kan worden bepaald van een deur. Daarbij de opmerking dat de U-waarde die een fabrikant opgeeft van een deur, veelal een waarde is zonder het kozijn. Om de U-waarde inclusief kozijn te krijgen moet gebruik worden gemaakt van methode 2 van NEN1068 voor de bepaling van de U-waarde van een raam. In dat geval wordt U-glas gebruikt voor de waarde van U-deur.



Figuur 19. Stappenplan bepaling warmtedoorgangscoefficiënt van een deur. (Bron: *Bouwbesluit Energieprestatie, Nieman Raadgevende Ingenieurs, 2013*)

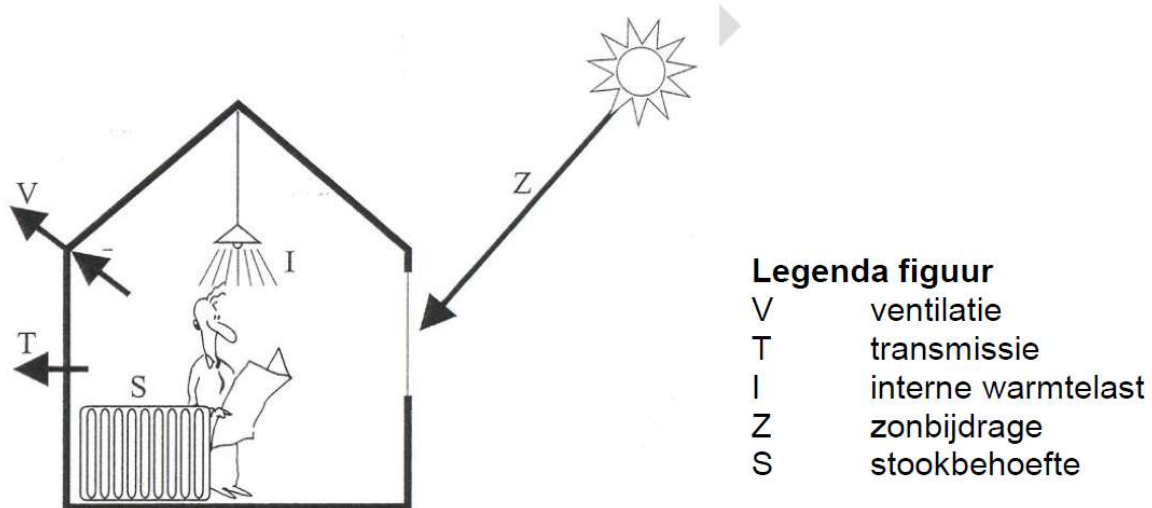
5.5.4 NEN1068

De NEN1068 geeft de rekenmethode weer voor de bepaling van de warmteverliescoëfficiënt door transmissie van gebouwen of delen daarvan. Daarbij ook van afzonderlijke scheidingsconstructies. Hierbij worden de volgende uitgangspunten aangehouden:

- temperatuur binnenruimte heeft uniforme temperatuur
- er heerst een thermische stationaire situatie
- warmteverliezen door ventilatie worden geacht buiten het toepassingsgebied te vallen, afgezien van via forfaitaire of 'opgelegde' waarden te bepalen ventilatieverliezen in onverwarmde ruimten

6. Installatie

6.1 Balans in een woning



Figuur 20. Balans in een woning. (Bron: *Bouwbesluit Energieprestatie, Nieman Raadgevende Ingenieurs, 2013*)

Het principe van de installatie in een woning is weergegeven in de bovenstaande figuur 20. De posten geven schematisch de warmtebalans weer in een woning. In de winter kan dit resulteren in een stookbehoefte, en in de zomer in koelbehoefte. Dit resultaat wordt bepaald door 2 factoren, namelijk de hoeveelheid warmtewinst en warmteverlies. Daarnaast speelt de benuttingsfactor een rol. In welke mate warmtewinst wordt benut, heeft dit gevolgen voor de warmtebehoefte in de winter.

Warmtewinst treedt op via 'interne warmteproductie'. Deze interne warmteproductie wordt veroorzaakt door warmtebronnen, elektrische apparaten, verlichting en personen. Warmtewinst via de zon komt vooral voor via transparante delen, maar ook gedeeltelijk via dichte delen die opwarmen in de zon en dit naar binnen uitstralen. Warmteverlies treedt op via transmissie en via ventilatie. Transmissie treedt op via de gebouwschil. Hoe beter deze schil, hoe minder transmissieverlies. Via ventilatie treedt eveneens verlies op. Of wanneer warme lucht de woning verlaat of om nieuwe lucht op te warmen of te koelen.

De benuttingsfactor is nodig omdat behoefte en beschikbaarheid niet altijd gelijk op lopen. Wanneer het beschikbaar is, is het niet altijd nodig. En wanneer het nodig is, is het niet altijd beschikbaar. De benuttingsfactor geeft weer in welke mate behoefte en beschikbaarheid elkaar opheffen. Hoe hoger de factor, hoe meer gebruik wordt gemaakt van warmtewinst om stookbehoefte te reduceren. Dit geldt andersom ook voor koelbehoefte.

6.2 Ventilatie

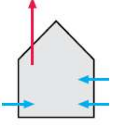
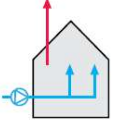
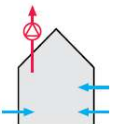
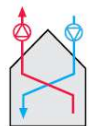
Ventilatie is essentieel voor een prettige klimaat in een woning. Het heeft grote invloed op de kwaliteit van de binnenlucht en is derhalve belangrijk voor de gezondheid van de bewoners. Volgens onderzoek van Nieman Raadgevende Ingenieurs (*Eindrapportage Woonkwaliteit Binnenmilieu in Nieuwbouwwoningen, november 2007*)' blijkt dat in veel nieuwbouwwoningen de ventilatie niet voldoet aan de gestelde eisen. De reden hiervan is dat er veel te weinig wordt geventileerd. Wanneer het ontwerp en de bouw goed zijn afgestemd kan dit bijdragen aan een goed ventilatiesysteem.

Hoewel goede ventilatie noodzakelijk is voor een prettige klimaat in de woning, kan via deze weg ook veel energie verloren gaan. Ventilatieverliezen zijn namelijk bijna net zo groot als de transmissieverliezen. Wanneer er gebruik wordt gemaakt van een wtw-systeem, kan dit energieverlies terug worden gebracht tot de helft van de transmissieverliezen. Het is van groot belang om een goede balans te vinden tussen ventilatie en energieverbruik. De waarde van de manier van ventilatie wordt ook door Agentschap NL aangegeven. In de uitwerking van 'Concepten EPC 0.4' wordt als 2^e stap in de opstellen van een concept de keuze voor de wijze van ventilatie gesteld.

Goede luchtkwaliteit wordt ten dele bepaald door de mate van ventilatie. Ook de hoeveelheid 'vuile bronnen' is bepalend voor de luchtkwaliteit. Daarnaast spelen de kwaliteit van de toegevoerde lucht en de capaciteit van het ventilatiesysteem een rol. Wanneer er een degelijk ventilatiesysteem in een woning aanwezig is, is het essentieel dat deze ook wordt onderhouden, bijvoorbeeld door het tijdig vervangen of reinigen van de filters in de ventilatie-unit.

6.2.1 Wijze van ventilatie

De wijze waarop een ventilatiesysteem werkt kan onderscheiden worden in twee delen: toevoer en afvoer. De NEN1087 onderscheidt 4 systemen, zoals weergegeven in figuur 21. Hierbij wordt gebruik gemaakt van verschillende combinaties. Binnen deze 4 systemen zijn er nog diverse varianten mogelijk. Bij de nieuwste ontwikkelingen wordt vooral gewerkt vanuit de gedachte: 'natuurlijk als het kan, mechanisch als het moet'.

ventilatiesysteem	toevoer	afvoer	aanduiding NEN 107
	natuurlijk	natuurlijk	A*
	combinatie natuurlijk/mechanisch	mechanisch	B*/**
		natuurlijk	C
	gebalanceerd (met wtw)	mechanisch	D

* Niet toegestaan indien de vloer van de bovenste woonlaag 13 m of meer boven het maaiveld ligt.

** Wordt weinig toegepast wegens hoge kosten (twee kanalenstelsels nodig).

Figuur 21. De 4 ventilatieconcepten. (Bron: EnergieVademecum, 2010)

6.2.2 Systeem A

Bij systeem A wordt er gewerkt met natuurlijke aan- en afvoer. Dit kan alleen plaatsvinden als er drukverschil aanwezig is als gevolg van wind en/of temperatuurverschil. De toevoer geschiedt via ventilatieroosters of klepramen. De afvoer kan via één of meerdere kanalen. Elke gebruikruimte dient te zijn voorzien van toevoervoorzieningen zodat elke ruimte afzonderlijk is te regelen. Via overstroomvoorzieningen (spleten onder deuren of roosters) kan de lucht van de ene naar de andere ruimte. Wanneer er geluidsbelasting aanwezig is, kan er gebruik worden gemaakt van geluidswerende ventilatieroosters.

De voordelen van dit systeem zijn:

- geluidsarm
- vraagt geen elektriciteit
- eenvoudig voor de gebruiker
- nachtelijke koeling eenvoudig te realiseren
- combinatie met zonwering mogelijk

De nadelen zijn:

- afhankelijkheid van wind en temperatuur
- tocht
- door ontbreken van mechanische stuwings zijn grotere openingen nodig om voldoende ventilatie op te wekken.
- geen warmteterugwinning mogelijk

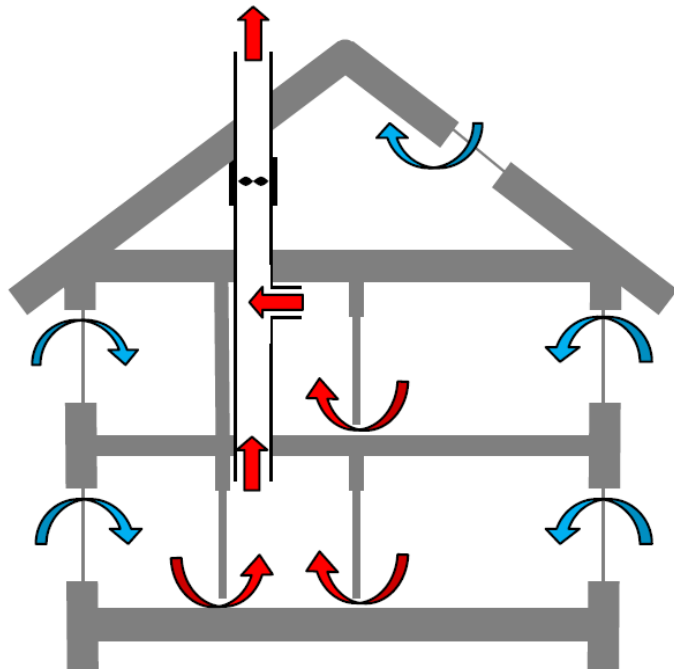
6.2.3 Systeem B

Op systeem B wordt in dit onderzoek niet verder ingegaan omdat het in de praktijk niet of nauwelijks wordt toegepast i.v.m. beperkingen van het systeem en de hoge kosten die nodig zijn voor installatie.

6.2.4 Systeem C

Bij Systeem C wordt gebruik gemaakt van natuurlijke toevoer en mechanische afvoer. Dit systeem wordt breed toegepast in de woningbouw. De ventilatie wordt gerealiseerd met een centrale elektrische unit. De toevoer van lucht vindt plaats via roosters en komt direct van buiten. Elke gebruiksruimte dient deze toevoer te hebben, zodat het afzonderlijk is te regelen. Overstroomvoorzieningen zorgen er voor dat het van de ene ruimte naar de andere kan. De afvoer geschiedt door middel van een kanalsysteem dat is aangesloten op de elektrische ventilatie-unit. De afzuiging vindt plaats via afzuigventielen. Over het algemeen worden die minimaal in toilet, badkamer en keuken geplaatst. Daarnaast zijn er nog meer mogelijkheden, naar de eisen van de bewoners. Het systeem is voorzien van verschillende standen van mate van ventilatie zodat het naar wens is te regelen.

De aanvoer van verse lucht kan via verschillende varianten. Naast de normale standaard roosters zijn er ook zelfregelende roosters. Bij dit systeem blijft de capaciteit onafhankelijk van het drukverschil



tussen binnen en buiten. Wanneer het drukverschil toeneemt zal bij een normaal rooster de toevoer toenemen. Bij een

Figuur 22. Schematische weergave Systeem C.
(Bron: Op weg naar minimum energie woningen met EPC ≤ 0)

zelfregelend rooster zal dit gelijk blijven omdat het zichzelf dicht-stuurt zodat de toevoer altijd gelijk blijft. De roosters kunnen ook gekoppeld worden aan CO₂ of tijdsturing. Bij CO₂ wordt de waarde van deze stof de maatstaf voor de toevoer. Wanneer de concentratie te hoog wordt gaan de roosters (verder) open staan zodat de concentratie zal dalen tot op gewenst niveau,

De voordelen van Systeem C

- goed beheersbaar
- geluidsarm
- eenvoudig te bedienen

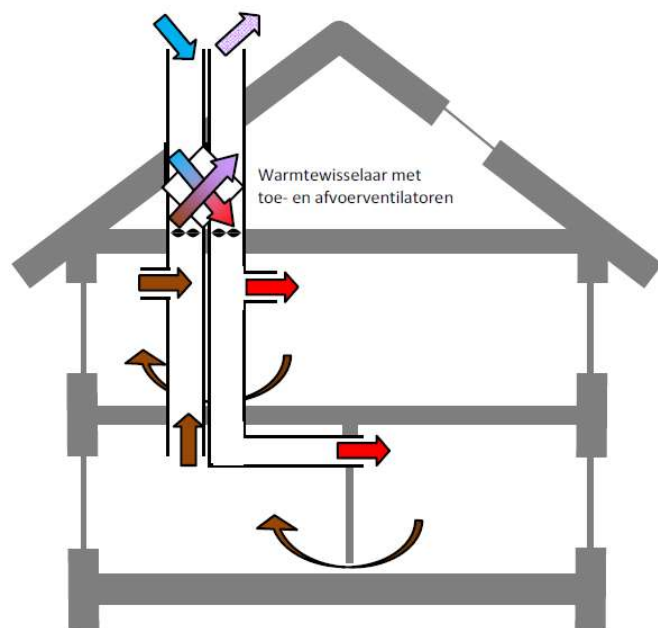
- nachtkoeling mogelijk door natuurlijke aanvoer
- installatie relatief eenvoudig
- warmteterugwinning is mogelijk

Nadelen:

- voldoende natuurlijke aanvoer is voorwaarde
- elektrische energie nodig
- kans op tocht door roosters aanvoer
- elektrische unit maakt bijgeluid. Kan hinderlijk zijn.

6.2.5 Systeem D

Gebalanceerde ventilatie met wtw is een systeem dat door de strenger wordende eisen voor energieprestatie steeds meer wordt toegepast. Het systeem werkt met een mechanische toe- en afvoer waardoor het in principe altijd in balans is. Daarnaast wordt de warmte die de 'vuile' lucht bij zich heeft gebruikt om 'verse' lucht voor te verwarmen. Door middel van overstroomvoorzieningen wordt lucht van de ene ruimte naar de andere ruimte gebracht. Ook bij dit systeem zijn afvoervoorzieningen standaard in toilet, badkamer en keuken



aangesloten. Daarnaast zijn er meerdere opties, zoals de berging. Toevoer wordt

Figuur 23. Schematische weergave Systeem D.
(Bron: Op weg naar minimum energie woningen met EPC ≤ 0)

minimaal toegepast in slaapkamers en woonkamer. Net als bij Systeem C is het mogelijk het systeem te bedienen met meerdere standen. Ook bij dit systeem is het mogelijk om de aanvoer via zelfregelende roosters te doen. Met deze regeling is het mogelijk optimale ventilatie te bereiken die afgestemd is op de vraag.

Voordelen voor dit systeem:

- ventilatie altijd in balans en goed beheersbaar
- verse lucht wordt voorverwarmd, wat het comfort verhoogd
- bespaart energie door opwarming verse lucht te beperken
- geluidsbelasting op gevel heeft geen invloed op systeem
- filters schonen de verse lucht, dus schonere lucht binnen

Nadelen

- unit maakt geluid. Dit kan hinderlijk zijn.
- de unit vraagt relatief veel onderhoud (filters)
- kans op warme slaapkamers is groter dan bij andere systemen
- unit gebruikt energie
- ingewikkeld systeem. Deskundigheid is vereist.
- luchtdichte woning is noodzakelijk
- minder flexibel met ruimte-indeling omdat kanalen aanwezig zijn.

6.2.6 Combinaties van systemen

Door de voordelen van verschillende systemen met elkaar te combineren, is het mogelijk een gunstig ventilatiesysteem te ontwikkelen. Dit kan bijvoorbeeld door Systeem A (natuurlijk aan- en afvoer) te combineren met Systeem C (natuurlijk aanvoer, mechanisch afvoer). Bij deze combinatie spreekt men van een hybride systeem. Zolang het drukverschil zorgt voor voldoende ventilatie, dan zal deze vorm voor de ventilatie zorgen. Is dit drukverschil te klein en als gevolg daarvan de ventilatie te laag, dan gaat het mechanische deel inwerking. Hierdoor wordt het drukverschil opgewekt en zal de toevoer toenemen. Op deze wijze wordt energie uitgespaard om altijd mechanisch af te voeren, maar is het altijd mogelijk voldoende ventilatie te creëren als het via de natuurlijke weg niet kan.

6.2.7 Nachtkoeling

Nachtkoeling is een vorm van ventilatie waarbij er in de zomer 's nachts wordt geventileerd om de woning te koelen. In feite is het een manier van gratis koelen. Omdat 's nachts de lucht afkoelt, is het gunstig om deze lucht vrij toe te laten in de woning. Hierdoor kan energie worden bespaard om de woning via een energie-vragende manier te koelen. Nachtkoeling vraagt nauwelijks energie. Het kan echter niet vergeleken worden met airco, want daarvoor is het effect te klein.

Om nachtkoeling efficiënt te gebruiken, moet er wel voldoende toestroom mogelijk zijn. Het liefst een overcapaciteit zodat de koele lucht vrij kan toestromen. Wel moeten de roosters zijn voorzien van insectengaas zodat er geen insecten mee naar binnen gaan. Nadeel kan wel zijn dat buitengeluiden makkelijk in de woning hoorbaar zijn.

Wanneer er mechanisch met nachtkoeling wordt gewerkt, moet er gebruik worden gemaakt van Systeem D met een bypass. De bypass zorgt ervoor dat de aangevoerde lucht niet de wisselaar passeert en dus niet wordt opgewarmd met de lucht vanuit de woning.

6.2.8 Ventilatieconcepten referentiewoning Agentschap NL

De invloed van het ventilatiesysteem op de energiestaat wordt duidelijk in de berekening die Agentschap NL maakt bij de vrijstaande referentiewoning. Na de bouwkundige aspecten komt als eerste het ventilatiesysteem naar voren. Daarbij komen ook de 2 uitgangspunten aan de orde: natuurlijk en mechanisch ventileren. Volgens Agentschap NL komen beide principes in de praktijk veel voor. In figuur 24 is zichtbaar dat beide ventilatiesystemen prima passen in een concept EPC 0.4.

Bij het onderdeel natuurlijke ventilatie wordt uitgegaan dat de woning via roosters in de gevel wordt voorzien van buitenlucht. In de keuken, badkamer en toilet is mechanische afzuiging aanwezig. Bij dit concept wordt wel uitgegaan van vraag-gestuurde natuurlijke ventilatie door middel van CO₂ meting in de ruimtes. De roosters zijn winddruk-gestuurd en zorgen voor de juiste hoeveelheid aanvoer van verse buitenlucht.

Bij gebalanceerde ventilatie wordt de woning geventileerd met behulp van een ventilatie-unit en roosters. Deze installatie voorziet de ruimtes van buitenlucht. Ook hier worden keuken, badkamer en toilet voorzien van afzuiging. Uitgangspunt bij de referentiewoning is ventilatie met warmteterugwinning. Hierbij wordt uitgegaan van een rendement van 95%. Daarnaast is de ventilatie-unit voorzien van een 100% bypass ten behoeve van koele ventilatie in de zomer.

Ventilatie	Warmte	Zonneboiler	Zonnepanelen	EPC
Natuurlijke ventilatie	HR-ketel	Ja	19.5 m ²	0.40
	Warmtepomp	Ja	7.5 m ²	0.39
	Externe warmtelevering	Ja	13.5 m ²	0.40
Mechanische ventilatie	HR-ketel	Ja	13.5 m ²	0.39
	Warmtepomp	Ja	3.0 m ²	0.40
	Externe warmtelevering	Ja	7.5 m ²	0.40

Figuur 24. Conceptwoning Agentschap NL. Weergave effect ventilatieconcept in combinatie met overige installatie. (Bron: www.agentschapnl.nl)

6.3 Verwarming

Warmtecomfort is moeilijk uit te drukken in een gemiddelde. Het is erg gebonden aan persoonlijke wensen. Wat voor de een comfortabel is, is voor de ander niet comfortabel. De eis voor het verwarmingssysteem is dan ook dat het instelbaar moet zijn naar persoonlijke wensen. Binnen de uiterste waarden van persoonlijk comfort dient het verwarmingssysteem op een energiezuinige manier te werken.

De verwarmingsvraag van een woning wordt bepaald door meerdere factoren:

Comfortbehoefte Ieder persoon heeft een eigen 'comfortprofiel'. Over het algemeen wordt de temperatuur van 20°C als comfortabel ervaren. Bij oudere mensen ligt dat vaak wat hoger.

Warmteverlies Hoe meer warmteverlies, hoe meer er moet worden gestookt. Warmteverlies kan optreden door transmissie, ventilatie en infiltratie. Wanneer een woning goed is geïsoleerd, luchtdicht is gebouwd, en voorzien is van een energiezuinig ventilatiesysteem wordt dit warmteverlies tot het minimum beperkt.

Warmtebijdrage Warmte-bijdrage kan op meerdere manieren plaatsvinden, namelijk door:

- warmtebijdrage door personen, verlichting, apparaten en koken
- zonnewarmte die de woning binnen komt

De mate van warmtebijdrage wordt bepaald door de activiteiten van de personen. Hoe meer activiteit, hoe meer bijdrage omdat deze personen zelf aanwezig zijn en ook gebruik maken van verlichting en apparaten, waardoor de bijdrage alleen maar toeneemt. Daarnaast speelt ook de oriëntatie en het ontwerp van de woning een belangrijke rol. Is er veel glas op het zuiden, dan zal de warmtebijdrage aanzienlijk zijn. Is dat niet het geval, dan is de bijdrage te verwaarlozen.

Het gevoel van comfort bij een mens wordt bepaald door:

Persoonlijke activiteit De persoonlijke activiteit van de bewoner bepaald het comfortgevoel van het moment. Wanneer de bewoner met een inspannende activiteit bezig is, zal de temperatuur snel te hoog zijn in de woning. Wanneer er 's avonds echter tv wordt gekeken, dan wordt al snel een koude-val ervaren wanneer de verwarming uit gaat. Binnen deze uitersten dient het verwarmingssysteem op een energiezuinige wijze te werken zodat er altijd kan worden voldaan aan de vraag, zonder dat dit ten koste gaat van het rendement van het verwarmingstoestel.

Lucht- en stralingstemperatuur De persoonlijke ervaring van de luchttemperatuur wordt bepaald door de thermische uitwisseling door convectie met onze huis of door de omgevingstemperatuur. Hoe groter het verschil tussen omgeving en lichaam, hoe sneller de uitwisseling, hoe minder comfortabel het wordt ervaren. Daarnaast speelt ook het temperatuurverschil tussen voeten en hoofd een rol. Wanneer die verschil groter is dan 3°C, dan wordt dat als niet comfortabel ervaren. Temperatuurverschil tussen vloer en plafond is praktisch altijd aanwezig omdat warmte stijgt.

De verticale en horizontale delen om een persoon heen hebben invloed op de mate van comfort. Koude muren geven een bepaalde infrarode straling die door het lichaam wordt opgemerkt en als niet comfortabel wordt ervaren. Wanneer het verschil tussen wand en lucht meer dan 4°C is, doet dat afbreuk aan het comfort.

Ook voor de vloer gaat dit principe op. Een koude vloer heeft in de zomer een effect op het hele lichaam, terwijl maar 1% van het totale lichaam contact heeft met dit deel. In de winter is dit omgekeerd. Daarnaast is het gunstig dat bij vloerverwarming de warmte op het laagste punt in de ruimte wordt afgegeven, wat als voordeel heeft dat de warmte zich comfortabel verspreid en het temperatuurverschil tussen voeten en hoofd niet te groot wordt.

Relatieve vochtigheid Een relatieve vochtigheid tussen 30% en 65% wordt als comfortabel ervaren. Onder de 20% is de lucht te droog, boven de 80% als te vochtig. Door verwarming daalt de luchtvochtigheid en kan het nodig zijn om dit te verhogen. Daarnaast kan in een doucheruimte extra ventilatie nodig zijn wanneer het boven de 80% komt. In een relatief droge ruimte is een hogere temperatuur beter te verdragen omdat het lichaam makkelijk kan transpireren in een droge omgeving. Een lage temperatuur in een droge omgeving wordt als 'hard koud' ervaren.

Luchtsnelheid Over het algemeen wordt luchtsnelheid al snel gekoppeld aan tocht, en tocht wordt bestempeld als 'niet wenselijk'. Dit is echter niet altijd het geval. In een woning is altijd ventilatie nodig. Om te ventileren is het nodig luchtstromen op te wekken die er voor zorgen dat lucht wordt ververst. Bij een luchtsnelheid van 1m/sec geeft dit een daling van 4°C bij een omgevingstemperatuur van 10°C. Bij 30°C is dat slechts 1°C. Gevolg is dat deze luchtstromen in de zomer als aangenaam worden ervaren omdat het verkoelend werk, terwijl het in de winter als hinderlijk wordt ervaren.

Het energiegebruik voor ruimteverwarming wordt bepaald door drie factoren

- opwekking
- distributie
- afgifte

6.3.1 Warmte opwekking

Om ruimteverwarming mogelijk te maken is het nodig om eerst warmte op te wekken. Deze opwekking kan gedaan worden op basis van:

- fossiele brandstoffen
- duurzame energie
- combinatie van fossiele brandstoffen en duurzame energie

Fossiele brandstoffen

Fossiele brandstoffen zijn aardgas, olie of propaan. Deze brandstoffen geven door middel van verbranding warmte af aan water. Dit water wordt via een leidingstelsel door de woning getransporteerd en door middel van elementen afgegeven in ruimtes. Een WKK (warmtekrachtkoppeling) zet brandstof om in warmte en elektriciteit. Het gebruik van fossiele brandstoffen is niet oneindig, in tegenstelling tot het gebruik van duurzame bronnen zoals zon en wind. Het gebruik van de fossiele brandstoffen brengt door de verbranding ook luchtvervuiling met zich mee.

Duurzame energie

Duurzame energie kan op meerdere manieren worden gewonnen, namelijk

- door de zon. Zonne-energie kan gebruikt worden voor de verwarming van ruimtes of voor het opwekken van elektriciteit.
- omgevingswarmte. Lucht, water en bodem kunnen gebruikt worden om een woning te verwarmen
- biomassa. Door verbranding of vergassing van biomassa kan energie worden gewonnen.
- afval. Energie uit verbranding van afval. Duurzame energie geldt alleen voor de verbranding van biomassa.
- windenergie. Belangrijke energiebron die in opkomst is bij woningbouw.
- aardwarmte. Warmte uit de aarde van hoge temperatuur (max 120°C) uit diepere lagen van de aarde (1-3km). Kan alleen worden toegepast bij collectieve systemen. Voor voldoende rendabel systeem moeten er 4.000 huishoudens worden aangesloten.

6.3.1.1 De CV-ketel

Een zeer bekend systeem is de cv-ketel. Het is een component dat gecombineerd kan worden met meerdere systemen, zoals een warmtepomp of zonnecollectoren. Over het algemeen wordt een combi-ketel toegepast waar de ketel zowel het warm tapwater als de ruimteverwarming verzorgt. De plaats van de ketel is erg belangrijk. Hoe langer de leidingen, hoe meer verlies bij de distributie. Warm water heeft bij een combi-ketel prioriteit boven ruimteverwarming.

Momenteel wordt er veel gewerkt met HR-ketels (Hoog Rendement). In een HR-ketel is een warmtewisselaar opgenomen die de verbrandingsgassen zodanig afkoelt dat deze condenseren. De warmte die daarbij vrijkomt wordt weer gebruikt. Met name bij LT-verwarming komt deze condensatie maximaal tot zijn recht. HR-ketels hebben verschillende Gaskeur-labels: HR100, HR104 en HR107. HR-ketels hebben een gemiddeld rendement van 90-97.5%

Het is mogelijk de ketel te combineren met een warmtepomp. Hierbij levert de warmtepomp de basis. Wanneer de warmtepomp te weinig vermogen heeft, springt de ketel bij. Wanneer een ketel wordt gecombineerd met de opwekking van elektriciteit, ontstaat er een mini-WKK. Deze ketels worden HRe-ketels genoemd. Een WKK levert ook warmte en elektriciteit. Dit onderdeel wordt verder uitgewerkt in hfdst. 6.3.1.5.

Individuele en collectieve systemen

Een bekend individueel systeem is de combiketel. Deze is op gas gestookt en bedient de verwarming en het warm tapwater. Er kan ook gekozen worden voor een elektrische boiler of een elektrische warmtepomp met eventueel geïntegreerd elektrisch bijstookelement.

Het opwekkingsrendement wordt bepaald door 2 manieren worden bepaald:

- volgens Nederlandse methode
- volgens Europese methode

Bij de Nederlandse methode is de toepassingsklasse van belang. De klasse wordt bepaald door het warmtapwatergebruikspatroon. Hierbij wordt gebruik gemaakt van CW-klassen die aangeven hoeveel warmtapwater het toestel per minuut kan leveren.

Toepassingsklasse	CW-klasse	Toepassing
'Aanrecht'	CW-1	Keuken
1	CW-1+	Keuken of douche
2	CW-2	Keuken of douche
3	CW-3	Keuken of douche of bad (100dm ³)
4	CW-4	Keuken of douche of bad (100dm ³)

CW-5	Keuken of douche of bad (150dm ³)
CW-6	Keuken en douche Keuken en bad (150dm ³) Bad (200dm ³)
-Klasse 'Aanrecht' geldt voor een toestel voor uitsluitend keukengebruik -Klasse 1 CW-1+ is klasse CW-1 met toevoeging van avonddouchetapping van klasse CW-2 en daarbij behorend debiet van 3,5dm ³ /min	

Figuur 25. Toepassingsklasse ten opzichte van CW-klasse

(Bron: Bouwbesluit Energieprestatie, Nieman Raadgevende Ingenieurs, 2013)

Bij de Europese methode wordt eveneens gebruik gemaakt van het warmtapwatergebruikspatroon om het opwekkingsrendement te bepalen.

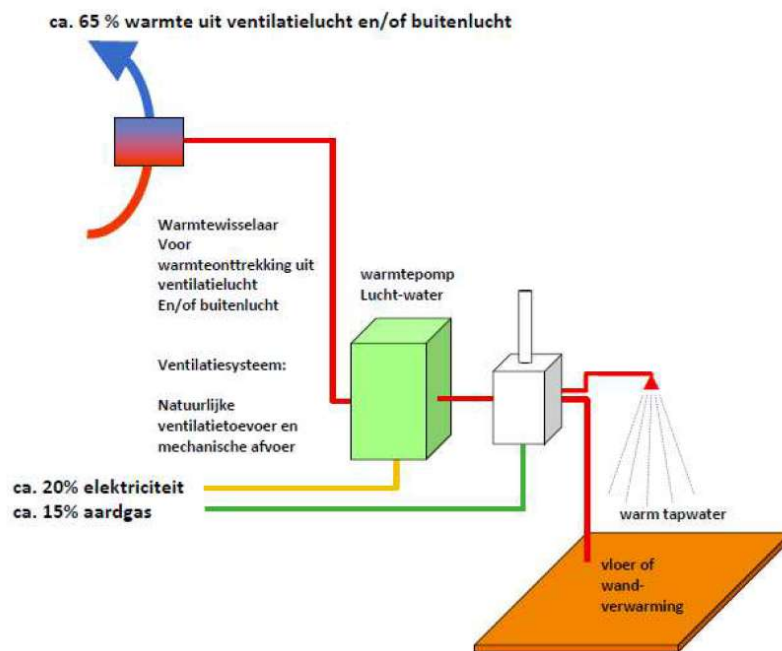
Voor het opwekkingsrendement kan onderscheid worden gemaakt tussen verschillende type installaties. In figuur 26 wordt uitgegaan van het opwekkingsrendement van een gasgestookt huishoudelijk warmwatertoestel met een belasting tot 70kW en een opslagcapaciteit tot 300 liter.

Toestel	Toelichting
Warmwatertoestel CW	Een toestel dat voldoet aan Gaskeur CV-HRww:2010 of dat een opwekkingsrendement op bovenwaarde heeft van ten minste 0.4 volgens bijlage A van NEN7120
Keukengeiser	Een met gas gestookte keukengeiser zonder voorraadvat met een maximale branderbelasting van 13kW op bovenwaarde
Warmwatertoestel HRww/combitoestel HRww	Een toestel dat voldoet aan de eisen voor een HRww-label volgens Gaskeur CW-HRww:2010 of dat een opwekkingsrendement op bovenwaarde heeft van ten minste 0,625 (warmwatertoestel) respectievelijk 0,675 (combitoestellen) volgens bijlage A van NEN7120
Combitoestel CW	Een toestel dat voldoet aan Gaskeur CW-HRww:2010 of dat een opwekkingsrendement op bovenwaarde heeft van ten minste 0,5 volgens bijlage A van NEN7120
Combitoestel HR/CW	Een combitoestel met zowel het Gaskeur/HR-label als het Gaskeur HR/CW-label volgens Gaskeur CW-HRww:2010 of dat een opwekkingsrendement op bovenwaarde heeft van ten minste 0,60 volgens bijlage A van NEN7120

Figuur 26. Toelichting op verschillende soorten toestellen ten behoeve van verwarming en warmtapwater.

(Bron: Bouwbesluit Energieprestatie, Nieman Raadgevende Ingenieurs, 2013)

Bivalent systeem (ook wel hybride genoemd)



Figuur 27. Schematische hybride lucht/water warmtepomp en cv-ketel.
(Bron: Op weg naar minimum energie woningen met EPC ≤ 0)

De combinatie warmtepomp/gasketel zorgt ervoor dat onder alle omstandigheden een hoog rendement kan worden gerealiseerd. Wanneer de hybride warmtepomp niet kan voldoen aan de vraag, wordt deze bijgestaan door de gasketel. Met name in de winter bij lage temperaturen is het rendement van de warmtepomp minder goed dan een gasketel. In een dergelijke situatie neemt de gasketel de verwarmingsfunctie over.

Voordelen voor dit systeem:

- altijd een hoog rendement omdat het systeem zelf bepaald wat de beste keuze is.
- geen grote investering voor een warmtebron

Nadelen

- afhankelijk van aardgas
- geen gebruik van warmte/koude opslag in de bodem
- voorzieningen tegen temperatuuroverschrijding is nodig, zoals zonwerend glas, buitenzonwering, nachtventilatie.
- buitenunit kan geluidsoverlast geven

Dit systeem is op diverse projecten toegepast. In eerste instantie is de waardering voor het systeem goed. Het is nog niet op grote schaal toegepast.

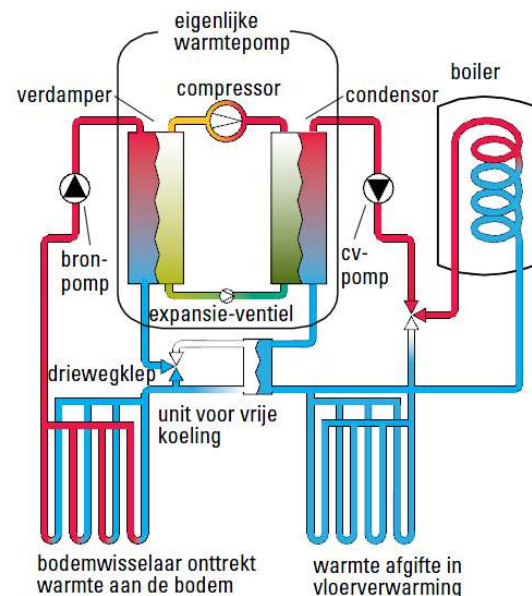
6.3.1.2 Warmtepomp

Het begrip warmtepomp komt steeds vaker voor in de sector van energiezuinige woningen. Warmtepompen hebben een hoog rendement. Een warmtepomp is een toestel waarmee warmte van een lage temperatuur wordt omgezet naar een hoge temperatuur. Deze hoge temperatuur kan gebruikt worden voor het warm tapwater en voor ruimteverwarming. Voor de omzetting wordt relatief weinig elektriciteit gebruikt. Het rendement wordt uitgedrukt in COP (Coëfficiënt Off Performance). Dit getal geeft de verhouding aan tussen de hoeveelheid energie die de warmtepomp nodig heeft om te werken en de hoeveelheid warmte die de warmtepomp afgeeft. Dit rendement ligt tussen de waarde 4 en 5. Een COP-waarde van 4 geeft aan dat de warmtepomp 4x meer warmte (kWh thermisch) levert dan het apparaat als elektrische energie (kWh elektrisch) gebruikt. Wanneer uitgegaan

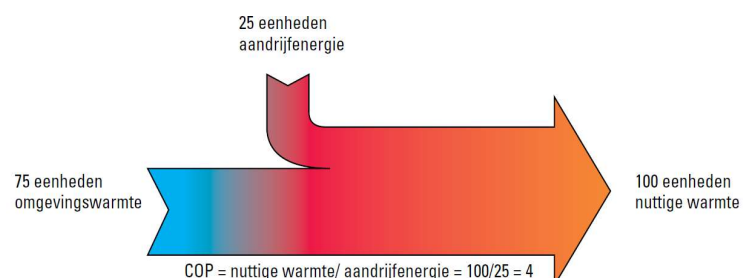
wordt van een opwekkingsrendement voor elektriciteit van 39%, levert de warmtepomp een rendement van 130-180% op primaire energie (dat zijn de energiegrondstoffen in hun natuurlijke vorm vóór enige technische omzetting).

Gevolg van deze gunstige energieomzetting is dat deze warmtepomp in een energieprestatieberekening hoog wordt gewaardeerd.

Een standaard warmtepomp zorgt alleen voor verwarming. Een warmtepompboiler zorgt alleen voor warm water. Een combiwarmtepomp doet beide. De hybride warmtepomp geeft ook zowel warm water als ruimteverwarming, maar in dat geval wordt er gewerkt met een gasgestookte hr-107 combiketel die samenwerkt met een ingebouwde of toegevoegde elektrische warmtepomp. De warmtepomp verzorgt verwarming met buitenlucht of ventilatielucht als bron. De gasketel springt bij als er veel vraag is die de warmtepomp niet kan aanvoeren. Dit kan ook zijn als het rendement van de warmtepomp door omstandigheden te laag wordt. Bijvoorbeeld als de buiten-temperatuur te laag is om met de warmtepomp efficiënt te verwarmen.



Figuur 28. Het principe van de warmtepomp: In de verdampfer wordt warmte aan de bron onttrokken. In de condensor wordt warmte op een hoger temperatuurniveau afgegeven.
(Bron: *EnergieVademecum 2010/ www.inventum.nl*)



Figuur 29. Schematische weergave opbouw COP-waardering.
(Bron: *EnergieVademecum, 2010*)

Een warmtepomp kan energie uit verschillende bronnen halen:

- ventilatielucht
- bodem
- grondwater
- oppervlaktewater
- buitenlucht
- energie-dak
- restwarmte

De keuze voor de bron is afhankelijk van verschillende factoren:

- temperatuurniveau en warmteoverdrachteigenschappen
- beschikbaarheid, zowel geografisch als in de tijd
- grootte en complexiteit van de installatie
- investeringskosten en kosten voor onderhoud en exploitatie

Efficiënte bronnen zoals grondwater of de bodem zijn relatief kostbaar als deze worden ingezet voor een individueel systeem omdat er een dure installatie voor nodig is. Wanneer er collectief gebruik wordt gemaakt van een bron is dit een stuk voordeliger. In de vrije sector kan daar echter niet vanuit worden gegaan omdat er bijna altijd een individuele installatie betreft.

Om de kosten van een warmtepomp te beperken wordt er meestal gewerkt met een pomp die net toereikend is voor de woning. In combinatie met buffers in het systeem of een cv-ketel is het mogelijk om pieken op te vangen in de vraag. Hoe kleiner het verschil in temperatuur tussen bron en eindgebruik, des te hoger het rendement. Gezien de temperaturen die toepast worden bij een warmtepomp is het alleen mogelijk te werken met LT-verwarming.

6.3.1.3 Een elektrische compressiewarmtepomp

De huidige elektrische warmtepompen hebben een COP tussen 3 en 7. Dit is een rendement van 300 tot 700 procent. Een COP van 3 is de minimale eis voor dit type warmtepomp om ten opzichte van de gasketel primaire energie te besparen. Bij een elektrische warmtepomp wordt warmte onttrokken aan de bodem, de afgevoerde ventilatielucht of de buitenlucht. Als de elektriciteit wordt afgenomen van het openbare net, moet rekening worden gehouden met het opwekkingrendement van elektriciteitscentrales. Het rendement van de elektrische warmtepomp is dan 120 tot 350 procent. Wanneer bij elektrische warmtepompen de stroom uit het openbare net wordt betrokken, is de invloed op de CO₂-reductie minder groot dan wanneer er gasgestookte warmtepompen worden toegepast. Dit komt door de relatief ongunstige CO₂-emissie van de elektriciteitscentrale ten opzichte van gasgestookte verwarmingssystemen.

6.3.1.4 Gasgestookte (absorptie-) warmtepomp

Een gasgestookte warmtepomp heeft maar een kleine bron nodig, ongeveer 40% van de geleverde warmte. Ook bij deze pomp is het temperatuurverschil tussen bron en eindtemperatuur de graadmeter voor het rendement. Hoe groter het verschil, hoe kleiner het rendement. Het is echter wel zo dat het rendement nooit lager wordt dan het rendement van de meest energiezuinige HR-ketel. Ook bij een gasgestookte warmtepomp kan het beste gewerkt worden met lage temperaturen om het verschil tussen bron en eindtemperatuur zo klein mogelijk te houden. De gasgestookte warmtepomp heeft een rendement van 120 tot 140 procent. Dat is vergelijkbaar met een elektrische warmtepomp met een COP van 3 tot 3,5. Het ligt 10 tot 30 procent boven dat van de beste HR-ketels. Voordeel van dit type warmtepomp is dat ze uitermate stil zijn omdat er geen draaiende delen aanwezig zijn. Tot op heden is het echter nog niet gelukt om voor de vrijstaande woningbouw een goed gasgestookt warmtepompconcept te realiseren. Om die reden wordt er in dit onderzoek verder niet op ingegaan op dit type warmtepomp.

De keuze van een warmtepomp

Om het juiste type warmtepomp te kiezen dienen er verschillende factoren te worden meegenomen. Voor de woningen in de vrije sector kan het volgende worden gezegd:

- een grondwaterbron wordt alleen toegepast bij grootschalig gebruik, zoals een hele woonwijk, dus niet interessant voor individueel gebruik.
- een gasgestookte warmtepomp is nog niet goed ontwikkeld voor de vrije sector woning, dus niet beschikbaar.
- een systeem dat buitenlucht gebruikt kost in aanschaf niet veel, maar is niet erg rendabel in de wintermaanden, omdat dan het temperatuurverschil tussen bron en eindtemperatuur er groot is. Juist in deze maanden is de warmtevraag het grootst. Het rendement is dan ook over het gehele jaar gezien erg klein. Daarnaast kan het toestel bevriezen, wat weer wordt voorkomen met een ontdooifunctie. Die functie kost echter veel energie.
- de bodem is een relatief stabiele factor en dan ook uitermate geschikt voor een stabiel systeem. Bij berekening wordt uitgegaan van een bodemtemperatuur van 10°C, terwijl dat in Nederland ongeveer 12°C is. Het verschil tussen bron en eindtemperatuur is dan kleiner dan berekend, wat een gunstig effect heeft op het rendement.

6.3.1.5 Warmtekrachtkoppeling (WKK)

Een WKK kan gezien worden als een mini-energiecentrale. In de huidige markt worden ze ook onder de naam HRe-ketel verkocht. Naast het opwekken van warmte voor warm tapwater en ruimteverwarming wordt er ook elektriciteit opgewekt (vandaar de 'e' achter 'HR'). Wat normaal in grote centrales gebeurt (fossiele brandstof omzetten in elektriciteit), gebeurt nu in een woning. Voordeel van een WKK is dat er minder verlies optreedt omdat grote centrales de restwarmte veel minder gebruiken dan een WKK, waardoor deze efficiënter werkt. Daarnaast is er geen verlies door het transport van de stroom. Een mini-WKK werkt in principe op aardgas,

maar kan in de toekomst ook worden gevoed met biogas of waterstofgas. Hierdoor wordt de installatie duurzamer, omdat nu nog wordt gewerkt met fossiele brandstoffen die niet oneindig zijn.

6.3.1.6 Zonneboilercombi

Een zonneboiler werkt volgens het principe van een tuinslang die uitgerold in de zon licht. Na verloop van tijd wordt het water in de slang warm. Met een zonneboiler gebeurt hetzelfde, alleen in een geoptimaliseerde vorm. Het opgewarmde water kan gebruikt worden voor warm tapwater en voor ruimteverwarming. In het voor- en najaar is het efficiënter om de warmte te gebruiken voor ruimteverwarming omdat de temperatuur van de ruimtes dan wat lager is. De installatie bestaat in principe uit zonnecollectoren met aanvullende voorzieningen voor opslag en distributie. Om voldoende opwarming te realiseren is een zonnecollectoroppervlakte nodig van 5 tot 10m². Een na-verwarmer kan er voor zorgen dat de temperatuur op het gewenste niveau wordt gebracht.

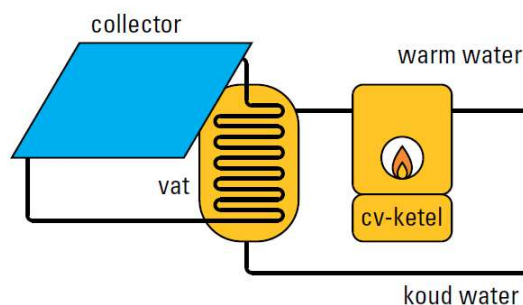
Volgens de EnergieVademecum bespaart een collector van 2,5-3,0m² met een voorraadvat van 100L in een gemiddeld huishouden circa 125m³ gas per jaar. Warmteopwekking gebeurt niet alleen onder invloed van zonlicht, maar ook door daglicht. Een zonneboilersysteem bestaat uit:

- zonnecollector -warmte opslagvat
- warmtewisselaar -na-verwarmer

Een collector presteert optimaal als deze op het zuiden is gericht en is geplaatst onder een hoek van 42°. Wanneer de collector ook ruimteverwarming moet verzorgen, is de optimale hellingshoek 52°. Deze aangepaste hellingshoek heeft te maken met de lage zonnestand in de winter. Om in de behoefte te voldoen wordt er gerekend met 1m² per persoon in het huishouden. Meer m² kost relatief niet veel meer, maar levert evenveel extra besparing dan de benodigde m² paneel.

Bij zonneboilers zijn verschillende systemen mogelijk.

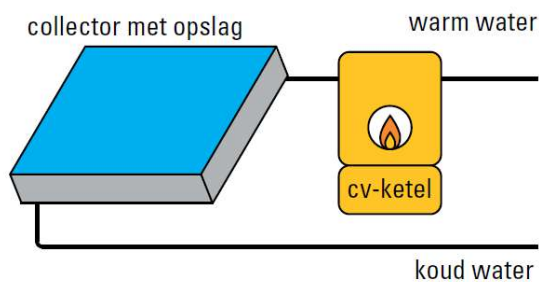
Standaard



Figuur 30. Standaard zonneboiler systeem
 (Bron: EnergieVademecum 2010)

Het standaard systeem is een terugloopsysteem met pomp. Wanneer de collector warmer is dan het tapwater in het voorraadvat, start de pomp. De collectorvloeistof wordt uit het voorraadvat naar de collector gepompt. Daar wordt het vervolgens opgewarmd en naar het voorraadvat getransporteerd. Daar wordt de warmte via een warmtewisselaar overgedragen aan tapwater. Het omgekeerde gebeurt ook: wanneer de collector kouder is dan het water in het voorraadvat, stopt de pomp en loopt het water terug naar het terugloopvat.

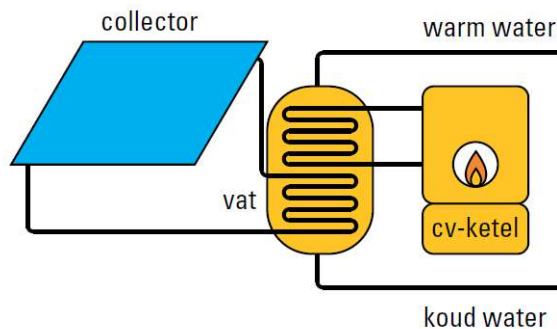
Compact systeem



In dit systeem is het voorraadvat geïntegreerd in de collector. Er is geen collectorcircuit en het tapwater wordt direct opgewarmd. Een beveiliging voorkomt dat het water te warm wordt.

Figuur 31. Compact zonneboiler systeem
 (Bron: *EnergieVademecum 2010*)

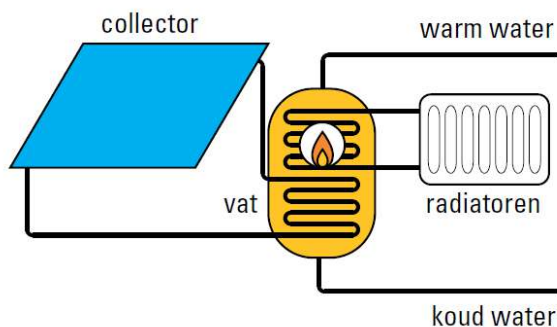
CV-zonneboiler



Het CV-zonneboiler systeem is vergelijkbaar met een indirect gestookte boiler. Dit systeem maakt gebruik van de CV-leiding in plaats van een na-verwarmer. Op deze manier is er altijd een grote hoeveelheid warm tapwater beschikbaar.

Figuur 32. Cv- zonneboiler systeem
 (Bron: *EnergieVademecum 2010*)

Zonneboilercombi



Bij een zonneboilercombi-systeem wordt de centrale verwarming gedeeltelijk gevoed uit het voorraadvat. Dit voorraadvat is daarom ook groter dan normaal (250L). Op deze wijze wordt de collector ook gebruikt voor ruimte verwarming van de woning.

Figuur 33. Zonneboiler combi systeem
 (Bron: *EnergieVademecum 2010*)

6.3.1.7 Warmtepompboiler

Een warmtepompboiler haalt zijn warmte uit afgevoerde ventilatielucht van een woning. Hiermee wordt tapwater verwarmd. Gemiddeld is de temperatuur van de afgevoerde ventilatielucht ong. 20°C. Deze wordt afgekoeld tot 5°C. Met deze onttrokken warmte wordt het tapwater verwarmd tot 60°C. Omdat we hier te maken hebben met hogere temperaturen dan warmtepompen voor ruimteverwarming, is het rendement ook lager van een warmtepompboiler. Het totale jaarrendement in primaire energie is 90-140% op de onderwaarde. De onderwaarde is nog steeds vergelijkbaar met de prestatie van een HR-ketel. Het rendement ligt dus altijd hoger dan een goede cv-ketel. De vraag blijft dan wel of deze investering rendabel is wanneer het rendement structureel op het laagste niveau zit. Om te voorkomen dat de warmtepompboiler niet kan voldoen aan een grote tapping, is een voorraadvat van minimaal 150L nodig om deze pieken op te vangen. Echter, een te grote boiler zorgt er voor dat er constant een enorme hoeveelheid warm tapwater 'klaar staat'. Dat kost ook extra energie. Daarnaast dient ook het ventilatiesysteem als bron voldoende groot te zijn. Wanneer er te weinig warmte uit de ventilatielucht kan worden gehaald kan dat worden opgelost door een hogere ventilatiestand, wat meer energieverlies betekent, of een elektrisch element verzorgt de extra verwarming. Beide oplossingen kosten veel energie. Een afgemeten installatie is dus noodzakelijk voor een goede energieprestatie.

Kanttekening is wel dat bepaalde energiebronnen maar eenmalig kunnen worden gebruikt. Bij een gebalanceerde ventilatie met wtw is het niet mogelijk een warmtepompboiler toe te passen. De bron van warmte in afgevoerde ventilatielucht is dan al 'bezet' door het ventilatiesysteem.

Het is wel een optie om de koude lucht uit het cv-systeem als bron te gebruiken voor koeling. Dit systeem is meer rendabel dan wanneer de ventilatielucht als bron wordt gebruikt.

6.3.1.8 Combiwarmtepomp

Een warmtepomp voor ruimteverwarming kan ook voorzien in warm tapwater. Om te voorkomen dat de warmte voor ruimteverwarming en warm tapwater tegelijk nodig is en de warmtepomp deze capaciteit niet heeft, worden hier voorraadvaten toegepast. In principe is het rendement voor warm tapwater het grootst bij veel gebruik. Dit komt doordat het op temperatuur houden van het voorraadvat relatief veel energie kost in vergelijking met het verbruik. Een combiwarmtepomp heeft voor ruimteverwarming een rendement van 160-240% en bij warm tapwater 75-120%. Deze laatste waarden zijn ook haalbaar voor een moderne cv-ketel (80-90%). In de huidige goed geïsoleerde woningen is de vraag naar ruimteverwarming even groot als die van warm tapwater. Om te bepalen of dit systeem rendabel is voor de woning zal moeten worden bepaald of het rendement voor warm tapwater voldoende is om het te installeren.

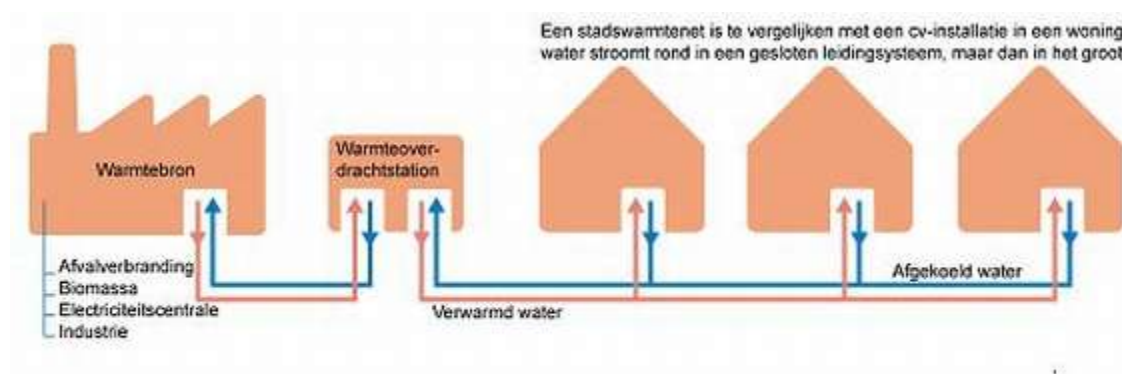
6.3.1.9 Externe warmtelevering

In Nederland is 4% van de woningen aangesloten op externe warmtelevering (stadsverwarming). Relatief gezien zou dit voor het literatuuronderzoek geen interessant onderdeel zijn. In de praktijk is dit echter anders omdat een deel van de vrijstaande woningen wordt gerealiseerd in Almere. Deze stad is grotendeels aangesloten op stadsverwarming.

Een stadsverwarmingssysteem bestaat uit:

- een systeem dat warmte opwekt (energiecentrale)
- een distributiesysteem (ondergrondse leidingen)
- afzonderlijk verwarmingssysteem bij de gebruiker

De bron van stadsverwarming is het restproduct van opwekking van elektriciteit. Bij de productie van elektriciteit komt veel warmte vrij. Deze warmte wordt dan benut voor de opwarming van water. Om deze warmte te benutten loopt de productie van elektriciteit wat terug, maar de combinatie van opwekking elektriciteit en verwarming van water blijft wel rendabel.



Figuur 34. Schematische weergave functioneren stadsverwarming (Bron: www.energiewereld.nl)

Voor het transport van het warme water moet er een leidingnet worden aangelegd. Op het moment dat het warme water het leidingnet in gaat, heeft het een temperatuur van 120°C. Via een tussenstation wordt het verlaagd naar 90°C. Via warmtewisselaars wordt het verlaagd en overgedragen op het gesloten leidingstelsel. Bij nieuwe leidingnetten wordt er uitgegaan bij het ontwerp van een temperatuur van 70°C. Deze temperatuur is noodzakelijk voor de voorziening van warm tapwater. Ten behoeve van bijv. LT-vloerverwarming zou het nog lager kunnen. Bij het transport kan veel warmteverlies optreden.

Aan een woning zelf worden geen aparte eisen gesteld. Het enige wat in principe anders is dan bij een 'normale' woning, is dat de meterkastplaat aangepast is op de invoer van stadsverwarming.

Op het gebied van energieprestatie heeft de aansluiting op stadsverwarming voor- en nadelen. Een voordeel is dat de energieprestatie van een woning individueel op 0.8 moet zitten. Warmtelevering via stadverwarming verlaagd de EPC naar 0.6. Deze verlaging is mogelijk door gebruik te maken van de Energieprestatie voor Maatregelen op Gebiedsniveau (EMG). Voorwaarde is wel dat de verwarming duurzaam wordt opgewekt. Stadverwarming levert alleen de basiswarmte. In de winter vangen gasgestookte hulpketels de pieklast op. Het is dan ook niet een prestatie van de woning zelf die de EPC verlaagd, maar de efficiënte opwekking van de warmte. Ook de kwaliteit van het warmtenet speelt een rol omdat er tijdens het transport veel warmte verloren kan gaan als er een slecht leidingnet ligt. Daarnaast is de afstand mede bepalend. Hoe korter de afstand tussen centrale en woning, hoe gunstiger dit is voor de energieprestatie. In de praktijk is het dus noodzakelijk dat de centrale dicht bij de wijk ligt waar de warmte heen moet.



Figuur 35. Leidingen ten behoeve van stadsverwarming.
(Bron: www.gaslicht.com)

Door de steeds afnemende warmtevraag voor woningen als gevolg van goede isolatie en kierdichting, is stadsverwarming niet altijd een positieve toevoeging. Door de hoge capaciteit van stadsverwarming ligt er over het algemeen een te zwaar warmte-infra. Deze infra moet betaald worden door de gebruikers door middel van een vast recht. Aangezien de afname van gebruik door bewoners steeds lager wordt, wordt het bedrag aan vast recht relatief steeds hoger. Voor de bewoners is dat geen goede ontwikkeling omdat zij investeren in goede isolatie en kierdichting om energie (en daarmee ook geld) willen besparen, maar ondertussen wel ongevraagd een bedrag aan vast recht voor het warmte-infra moeten betalen.

Een geval van hoge vaste lasten is bijvoorbeeld het geval bij 103 huurwoningen in Almere Poort, waar woningen een EPC van 0.4 hebben. Deze woningen moeten op de stadsverwarming worden aangesloten omdat de gemeente een contract heeft met Nuon waarin staat dat alle woningen op het warmtenet moeten worden aangesloten. Deze woningen zijn echter zo energiezuinig dat ze nauwelijks gebruik maken van dit net. Ondertussen vraagt de leverancier wel een behoorlijk bedrag voor vast recht.

6.3.2 Distributie

De distributie van warmte ten behoeve van ruimteverwarming is één van de drie factoren die meespelen in het energieverbruik. In dit literatuuronderzoek wordt daar verder niet op ingegaan omdat het bij woningen in de vrije sector niet of nauwelijks van toepassing is gezien de afstanden die de warmte moet afleggen. Bij het onderdeel 'warm tapwater' wordt er wel dieper op distributie ingegaan omdat daar ook de tijd tussen vraag en afgifte een rol speelt.

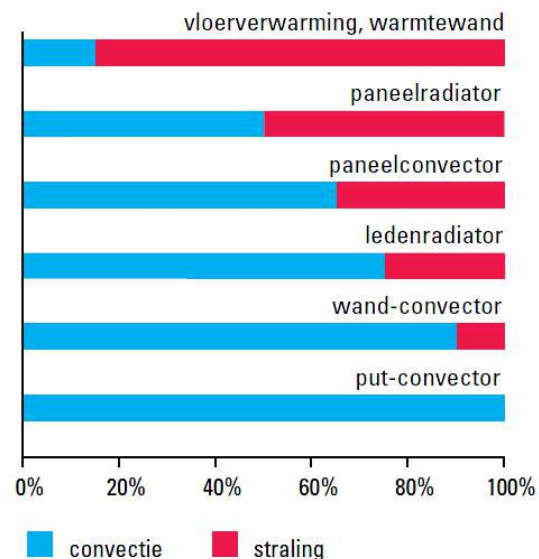
6.3.3 Warmteafgifte

De manier waarop de warmte wordt afgegeven kan een belangrijk aandeel hebben in de energiezuinigheid van de verwarmingsinstallatie. In de huidige nieuwbouw is de mate van isolatie zodanig hoog, dat de capaciteit van de verwarmingsinstallatie en de daarbij behorende afgifte steeds lager wordt.

Warmteafgifte kan op 2 manieren worden afgegeven: hoge temperatuur of lage temperatuur. Wanneer er gebruik wordt gemaakt van lage temperatuur, zal de opwekker zeer efficiënt kunnen werken, wat gunstig is voor de energetische prestatie. Daarnaast is een systeem met lage temperatuur beter te combineren met een duurzame opwekking, zoals zonnecollectoren of een warmtepomp.

Wat hoge- en lage-temperatuur is, is niet helemaal duidelijk. Bij hoge temperatuur wordt normaal gesproken gewerkt met een aanvoer van 80°C. Bij lage temperatuur wordt doorgaans uitgegaan van een aanvoertemperatuur van 55°C en een afvoer van 45°C. Bij een collectief warmtenet is de maximum temperatuur van 70°C en 40°C gebruikt in verband met warm tapwater. Deze aanvoertemperatuur is echter te hoog voor de duurzame systemen zoals warmtepomp of zonnecollectoren.

Om te werken met een lage temperatuursysteem (LT) is het mogelijk om te kiezen voor radiator- en convectorverwarming (aanvoertemperatuur 55°C) of voor vloer- en wandverwarming (aanvoertemperatuur 25-45°C).



Figuur 36. Verschil in convectie en straling bij verschillende manieren van afgifte.
(Bron: *EnergieVademecum 2010*)

Een keuze voor een LT-verwarming heeft ook in de toekomst veel voordelen, omdat het aangesloten kan worden op duurzame energiebronnen. Deze bronnen zullen in de toekomst steeds meer gebruikt worden. Een aantal belangrijke redenen op een rij:

- energiezuinig: zowel de opwekkingsbron als de distributie
- toekomst: aansluiten op duurzame energiebronnen mogelijk
- binnenklimaat: met LT-verwarming kan een comfortabel binnenklimaat worden gerealiseerd, omdat:

- behaaglijk omdat bij vloerverwarming de verdeling van warmte optimaal is
- koudeval wordt voorkomen doordat vloerverwarming overal aanwezig is en de warme lucht gelijkmatig opstijgt.
- door het werken met lage temperaturen wordt 'schroeilucht' voorkomen en er is relatief weinig zwevend stof.
- door lage temperaturen kun je je niet snel branden aan hete verwarmingselementen
- geen last van banken of kasten voor radiatoren als er gewerkt wordt met vloerverwarming

6.3.3.1 LT-verwarming met radiatoren

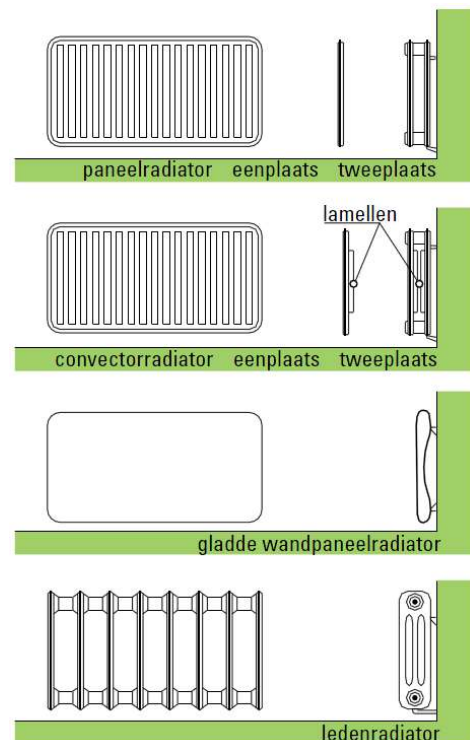
De combinatie van lage temperatuur en radiatoren/convectoren is niet ongebruikelijk. In de praktijk zijn er echter wel een aantal obstakels. In principe wordt er meestal gekozen voor radiatoren, omdat deze meer stralingswarmte afgeven. Daarnaast kosten ze minder dan convectoren. Om bij radiatoren voldoende warmteafgifte te garanderen, moeten de verwarmingselementen groter zijn dan bij een hoge temperatuur (HT). In de praktijk komt neer op 2,5x de grootte van HT (70-90°C). Er hangen dus relatief grootte verwarmingselementen aan de muur, en daar moet wel voldoende ruimte voor zijn.

Wanneer een LT-verwarming wordt gecombineerd met een HR-ketel, zal het verbruik met enige procenten dalen ten opzichte het HT-verwarming. Wanneer er gewerkt wordt met een warmtepomp of een zon-thermische verwarming, is het noodzakelijk om met LT-verwarming te werken. Bij deze systemen wordt er echter met nog lagere temperaturen gewerkt dan bij een LT-verwarming met HR-ketel.

De verwarmingselementen kunnen in meerdere vormen worden toegepast. Ledenradiatoren worden in de praktijk nauwelijks meer toegepast. Bij een paneel/plaat radiator gaat de voorkeur naar een enkele plaat omdat deze de meeste straling afgeeft. Hoe meer platen er worden toegepast, hoe relatief minder straling en meer convectie.

6.3.3.2 LT-verwarming met convectoren

Convectoren geven warmte af door middel van convectie. Lucht stroomt langs de dunne warmwaterleidingen en wordt op die manier verwarmt. De warme lucht stroomt door de natuurlijke trek omhoog. Een convector dient daarom zo laag mogelijk te worden geplaatst, zodat de warme lucht uit een zo laag mogelijk punt omhoog kan stromen.



Figuur 37. Verschillende modellen radiatoren.
(Bron: *EnergieVademecum 2010*)

Een convector kan snel opwarmen omdat de verdeling van verwarmingsdelen erg groot is. Omdat een convector natuurlijke trek nodig heeft om lucht op te warmen, is het effect met LT-aanvoer erg klein. Er zijn echter ook convectoren met ingebouwde ventilator, die de natuurlijke trek vergroten en daarmee ook het rendement verbeteren.

Nadeel van convectoren is dat ze vaak in de vloer zijn verwerkt, dus snel veranderen in 'stofbakken'. Dit is niet gunstig voor mensen met allergie. Wanneer er gewerkt wordt met HT, dan geeft dit ook nog een schroeilucht. Een convector is daarom vooral geschikt op plaatsen waar grote glasoppervlaktes tot op het Peil aanwezig zijn. Op deze plaatsen kan een convector voorkomen dat er een koude hoek ontstaat waar omdat er geen plaats is voor elementen aan de wand.

6.3.3.3 Vloerverwarming

De vloer en de wand vertegenwoordigen een groot oppervlak in een woning. Bij LT-verwarming is een groot oppervlak essentieel om voldoende warmte af te kunnen geven. Om die reden is deze manier van verwarmen dan ook voor de hand liggend. Het aanbrengen van vloerverwarming kinderlijk eenvoudig en daarom ook relatief goedkoop. Het aanbrengen van isolatie onder de vloerverwarming voorkomt dat warmte de onderliggende constructie kan in trekken.

Voordelen van vloerverwarming

- gelijkmatige verdeling van warmte omdat vloerverwarming door de hele ruimte gaat
- het is goed te combineren met lage temperatuur, dus te koppelen aan duurzame systemen zoals warmtepomp of zonne-energie.
- geen zichtbare installatie, dus veel vrijheid bij de indeling van de ruimte
- door lage en gelijkmatige warmte, weinig luchtbeweging, dus weinig stofverspreiding
- wanneer er een bodembron aanwezig is, kan er in de zomer worden gekoeld.

Nadelen vloerverwarming

- de verwarming heeft tijd om op gang te komen omdat de dekvloer ook moet worden opgewarmd voordat de ruimte wordt verwarmt
- is duurder dan radiatoren
- niet alle soorten vloeren kunnen op vloerverwarming worden gelegd.
- een dikkere dekvloer dan gebruikelijk, dus hogere bouwkosten
- waterleidingen mogen niet te dicht bij vloerverwarming worden gelegd om legionellagroei te voorkomen.

6.3.3.4 Wandverwarming

Wandverwarming werkt in principe hetzelfde als vloerverwarming. Bij wandverwarming is er sprake van stralingswarmte. Om warmteverliezen te beperken dient de achterzijde van de wand te zijn geïsoleerd. In de vrije sector is wandverwarming vaak niet aan de orde. Het aanbrengen van sleuven en leidingen is zodanig arbeidsintensief dat het duurder is dan vloerverwarming. Daarnaast is het systeem trager dan vloerverwarming, dus duurt het nog langer voordat de bewoner merkt dat een ruimte opwarmt.

Voordelen wandverwarming

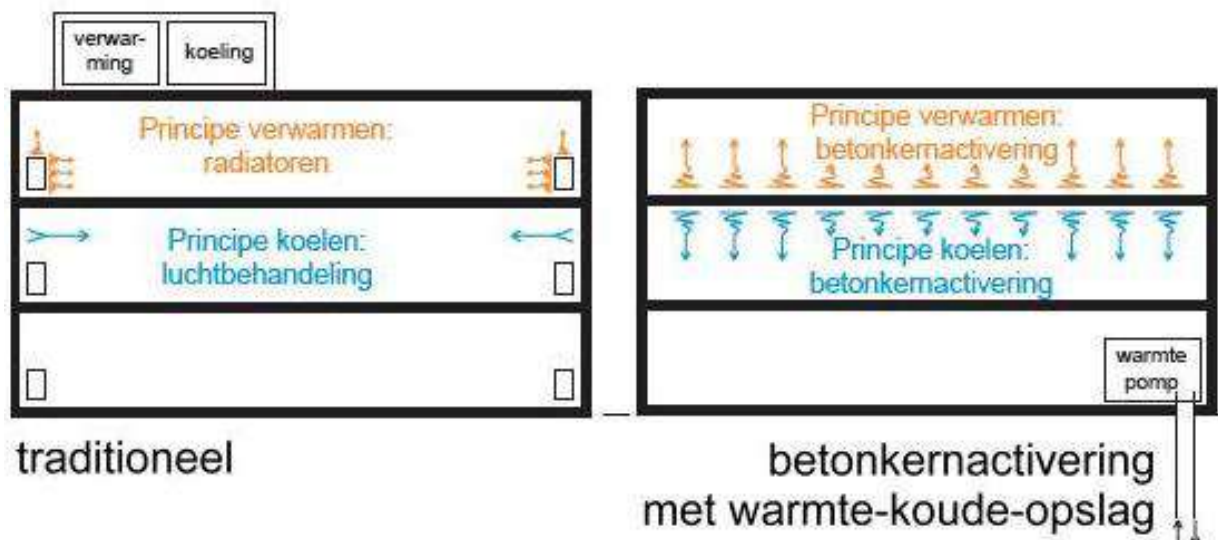
- vrije keuze in soort vloerbedekking
- net zo energiezuinig als vloerverwarming

Nadelen

- trager dan vloerverwarming
- niet meer dan 20% van de wand mag worden afgeschermd met meubels
- ophangen van dingen aan de muur vragen deskundigheid omdat het risico op lekkage door een spijker of plug groot is.

6.3.3.5 Betonkernactivering

Bij betonkernactivering wordt gebruik gemaakt van het accumulatieve vermogen van de betonconstructie. De thermische opslagcapaciteit geeft de mogelijkheid om een gebouw te verwarmen en te koelen. Er worden watervoerende leidingen in de constructie opgenomen die in de zomer de constructie koelen en in de winter verwarmen.



Figuur 38. Verschil in afgifte radiatoren en betonkernactivering. (Bron: www.joostdevree.nl)

Betonkernactivering kan worden toegepast in wanden en vloeren. Het onderdeel wanden wordt in dit onderzoek verder niet meegenomen omdat er in de vrije sector geen enkele woning hetzelfde is, en het dus niet rendabel is met prefab betonnen wanden te gaan werken. Het maken van de mallen is voor een enkele woning zo kostbaar dat het niet rendabel is hiermee te gaan werken. Voor de vloeren is dit echter anders. Betonkernactivering kan worden toegepast in breedplaat- en kanaalplaatvloeren, en daarom een mogelijkheid bij de bouw van woningen in de vrije sector.

Om betonkernactivering efficiënt te gebruiken is het noodzakelijk in de zomer te zijn voorzien van een koude aanvoer en in de winter van een warme aanvoer. Dit is mogelijk met een WKO-systeem (warmte en koude opslag). Bij dit systeem wordt in de zomer warmte in de bodem opgeslagen en er in de winter weer uitgehaald. Met koude gebeurt hetzelfde; in de winter opslaan en in de zomer eruit halen. Ook is het mogelijk gebruik te maken van een warmtepomp. In principe geldt daarbij de zelfde werkwijze als bij WKO. In de zomer wordt er gekoeld, in de winter verwarmd.

In de vrije sector is het mogelijk betonkernactivering toe te passen wanneer er gebruik wordt gemaakt van een breedplaatvloer. Dit is echter niet het standaard uitgangspunt van de bouwmethodiek. Wanneer om constructieve redenen het niet mogelijk is om met een kanaalplaatvloer te werken, wordt er overgestapt naar een breedplaatvloer. Een breedplaatvloer is echter duurder dan een kanaalplaatvloer. Er zijn kanaalplaatvloeren op de markt waarbij leidingen zijn ingestort die gebruikt kunnen worden voor betonkernactivering. Het effect bij een kanaalplaatvloer is echter nog discutabel omdat een kanaalplaatvloer weinig massa heeft, dus het accumulerende vermogen ook een stuk minder is.

Ook de bijbehorende installatie valt in een duurdere categorie. Een optelling van bouwkosten en installatiekosten zorgt voor een duur concept wat in eerste instantie niet aansluit bij het prijsbewuste uitgangspunt dat wordt gehanteerd bij de marktpositie van Bouwbedrijf Mulder Elspeet en ontwerp bureau Brummelhuis.

Voordelen betonkernactivering

- werken met LTV (lage temperatuurverwarming), dus energiezuinig
- soort afwerking vloer heeft nauwelijks invloed op afgifte

Nadelen betonkernactivering

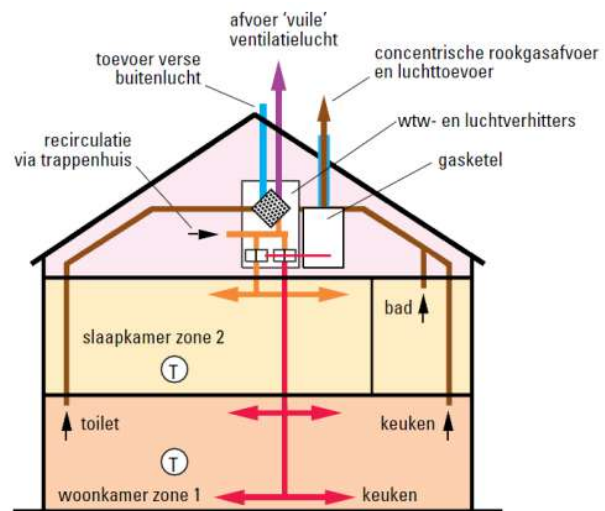
- opwarming constructie duurt relatief lang, dus snel verwarmen of koelen is niet mogelijk.
- afhankelijk van bepaald soort (dure) installatie.

6.3.3.6 Luchtverwarming

Luchtverwarming in de vrije sector is een onbekend begrip. Bij luchtverwarming in combinatie met gebalanceerde ventilatie wordt lucht in een luchtverwarming verwarmt en via een buizenstelsel naar de ruimtes getransporteerd. De lucht die via de ventilatie weer de woning verlaat, gaat eerst langs een warmtewisselaar zodat de verse lucht wordt voorverwarmt voordat deze in de verwarmingsunit komt.

In principe komt in de vrijstaande woningbouw alleen het individuele systeem voor. Dat wil zeggen dat het systeem op zichzelf staat en dat er geen collectieve ketel is die meerdere woningen voorzien van warme lucht.

Bij luchtverwarming wordt er met zones gewerkt. Wanneer er een 1-zone systeem wordt toegepast, houdt dat in dat de temperatuur in de hele woning gelijk is. De temperatuur van de woonkamer is dan bepalend voor de hele woning. Alle kamers in de woning krijgen dan ook hetzelfde mengsel van verse lucht en recirculatielucht. Bij luchtverwarming moet 50%



Figuur 39. Principe-weergave 2-zone systeem bij luchtverwarming. (Bron: EnergieVademecum 2012)

van de verwarmde lucht bestaan uit verse buitenlucht. Dit is een eis van het Bouwbesluit. Het is ook mogelijk om met een meer-zone-systeem te werken. Hierbij worden slaapkamers en woonkamer/keuken gescheiden. Voordeel is dat de zones apart kunnen worden ingesteld op temperatuur. Slaapkamers worden alleen verwarmd met verse buitenlucht.

Voordelen van luchtverwarming

- neemt geen ruimte in beslag
- kan snel opwarmen
- in zeer goed geïsoleerde woningen met lage energievraag is luchtverwarming
- een goedkoop systeem, omdat dan geen recirculatie nodig is.

Nadelen van luchtverwarming

- moeilijk per vertrek regelbaar
- geen straling, daardoor is een hogere temperatuur dan normaal gewenst op zithoogte. Om dit te realiseren is er meer energie nodig, dus ongunstig voor de energieprestatie.
- gebruikt meer energie dan andere systemen zoals vloerverwarming of radiatorverwarming.

6.4 Elektriciteit

Het gebruik van elektriciteit in een woning wordt aan de ene kant steeds minder omdat alle apparaten steeds energiezuiniger worden. Aan de andere kant wordt de installatie zo uitgebreid, dat daar weer extra elektriciteit voor nodig is. Volgens onderzoek van Piode (*ontwerp- en adviesbureau BNA, in opdracht van Agentschap NL*) is het niet mogelijk om zonder toepassing van duurzaam opgewekte elektriciteit een energieneutrale woning te bouwen. Er is altijd behoefte aan elektriciteit, ongeacht de isolatiewaarde en installatie. Het is dan ook noodzakelijk dat duurzame stroom wordt opgewekt en wordt aan de woning wordt geleverd. Volgens het onderzoek van Piode (*ontwerp- en adviesbureau BNA, in opdracht van Agentschap NL*) is het nauwelijks mogelijk een lagere EPC te behalen dan 0.4. Om tot een EPC van 0.0 te komen is een duurzame bron noodzakelijk.

6.4.1 Domotica

Voor domotica gaat hetzelfde principe op als hierboven beschreven. Aan de ene kant wordt er energie bespaart, maar aan de andere kant kost het ook energie. Domotica betekent dat alle apparaten middels een centraal elektronisch systeem worden bediend. Dit geldt voor verwarming, verlichting, zonwering, koeling, beveiliging en huishoudelijke apparaten. Hierdoor is het mogelijk systemen centraal aan te sturen met behulp van sensoren of opdrachten via het systeem. Via sensoren is het mogelijk de ventilatie te regelen of de zonwering te laten zakken. Via opdrachten met behulp van het systeem is het mogelijk met een gsm de verwarming te verhogen, de zonwering te laten zakken, verlichting aan te doen of het bad vol te laten lopen met warm water. Domotica heeft als functie energiezuinigheid en comfort, doordat het exact kan aansluiten op de vraag. Het huis wordt op deze manier niet te vroeg verwarmd en daarbij de functie comfort om een vol warm bad te hebben bij aankomst thuis.

Al deze techniek is echter aangesloten op elektriciteit. Deze functies kosten dan ook elektriciteit. In de overweging domotica toe te passen dient op het vlak energiezuinigheid goed overwogen te worden of de energiebesparing opweegt tegen het extra verbruik als gevolg van het systeem.

6.4.2 PV-systeem

Een PV-systeem zet zonlicht door middel van omvormers om in elektriciteit. De afkorting 'PV' staat voor Photo(=licht) en Voltaic(=elektriciteit). De koppeling tussen deze twee delen staat voor de opwekking van duurzame energie. Het hele systeem bestaat uit meerdere onderdelen: pv-panelen, omvormers, bekabeling en bouwkundige voorzieningen.

Het PV-systeem is een essentieel onderdeel in het behalen van de EPC 0.0. Aangezien het systeem geen energie kost en alleen maar oplevert, wordt het door het programma hoog gewaardeerd. EPC-deskundigen roepen dan ook vaak dat ze van een kippenschuur een EPC 0.0 gebouw kunnen maken, door middel van het vol leggen van het dak met PV-panelen. In principe is dit waarheid, omdat het PV-systeem er voor zorgt dat het

gebouwgebonden energieverbruik wordt afgedekt met de opbrengst van het PV-systeem. In de praktijk ligt het genuanceerder omdat ook esthetica en oriëntatie een rol spelen.

Volgens het onderzoek van Piode (*Op weg naar minimum energie woningen met EPC ≤ 0, sept. 2012*) is de hoeveelheid pv-panelen die de berekening van EPC 0.0 'sluitend' moet moeten te bepalen volgens de onderstaande formule.



Figuur 40. Formule voor het berekenen van benodigde hoeveelheid panelen EPC ≤ 0.

(Bron: *Op weg naar minimum energie woningen met EPC ≤ 0, sept. 2012*)

Wanneer een woning een EPC heeft van 0.4 en deze moet naar 0.0, dient 20% van het gebruiksoppervlakte te worden ingezet aan zonnepanelen.

Een gemiddeld huishouden gebruikt 3.500kWh aan energie. Hieronder vallen gebouwgebonden en niet-gebouwgebonden onderdelen. Er wordt vanuit gegaan dat er gekookt wordt op gas en dat er geen close-in boiler aanwezig is.

Wanneer uitgegaan wordt van een gebruiksoppervlak van 100m², dient er ten behoeven van de gebouwgebonden energie 20m² aan pv-panelen aanwezig te zijn. Als het niet-gebouwgebonden energieverbruik van 3500kWh wordt meegenomen dient daar ook 30m² aan pv-panelen te worden gerekend. Totaal komt dat op een oppervlakte van 50m² aan pv-panelen. Of dat in de praktijk haalbaar is, zal in het onderzoek verder worden bekeken.



In figuur 41 is weergegeven hoe de verdeling is tussen de verschillende apparaten in een

Figuur 41. Verdeling elektriciteitsverbruik tussen de verschillende apparaten in een gemiddeld huishouden.

(Bron: *EnergieVademecum, 2010*)

gemiddeld huishouden. In dit geval betreft het een nieuwbouwwoning die voorzien is van ventilatieconcept C (natuurlijke aanvoer, mechanische afvoer).

In Nederland wordt een PV-systeem doorgaans aangesloten op het openbare net en wordt er geen energie opgeslagen in accu's. Wanneer er overschot is, wordt dit terug geleverd aan het openbare net. Het rendement van het PV-systeem wordt bepaald door de stand van de pv-panelen. Bij een zeer gunstige oriëntatie kan een m² PV-paneel jaarlijks een rendement geven van 1.150kWh. Er moet daarbij nog wel rekening worden gehouden met verliezen als gevolg van het hele systeem. Dit komt neer op ongeveer 10-15%.

De opbrengst van het paneel is in eerste instantie afhankelijk van het type paneel dat wordt toegepast. Voor zonnepanelen kan gekozen worden uit 3 soorten.

- monokristallijn
- polykristallijn
- amorf

Monokristallijn

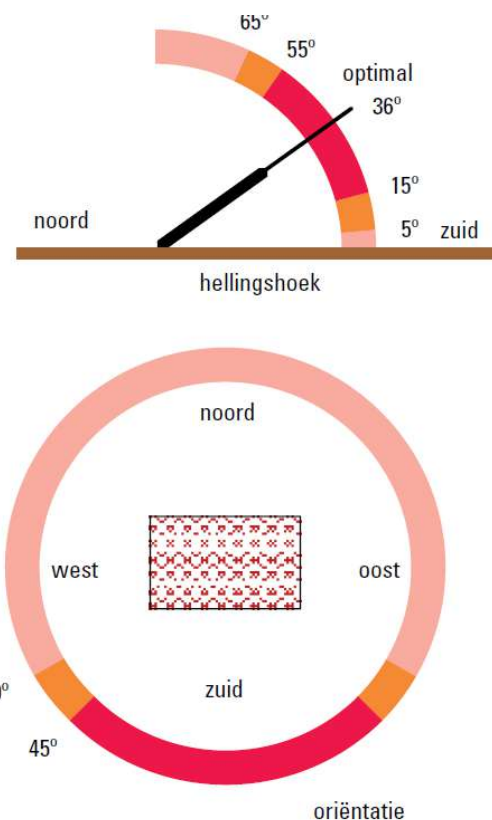
Een zonnepaneel is opgebouwd uit zonnecellen. Deze zonnecellen bestaan uit 1 kristal (monokristal). Deze panelen zijn egaal zwart van kleur. Deze panelen hebben het hoogste rendement. Deze panelen zijn in aanschaf het duurste, maar leveren per m² het meeste kWh.

Polykristallijn

De zonnecellen bestaan uit meerdere grove kristallen (poly-kristal). In het uiterlijk is deze structuur terug te zien door het gebroken schervenpatroon. Dit soort paneel levert minder rendement dan monokristal, maar zijn ook minder duur in aanschaf. Wanneer er voldoende ruimte op het dak aanwezig is, wordt er doorgaans voor dit type gekozen in verband met aanschafkosten.

Amorf

Amorf zonnepanelen zijn anders opgebouwd dan kristallijn. Amorf-panelen hebben geen kristallen maar poeder. De panelen zijn hierdoor erg buigzaam. Dit type zonnepaneel levert minder rendement dan polykristallijn, maar zijn ook goedkoper in aanschaf. In principe wordt voor dit type niet vaak gekozen omdat de toepassing van amorf niet als erg geschikt wordt bestempeld.



Figuur 42. Richtlijnen voor helling en oriëntatie zonnepanelen. (Bron: EnergieVademecum 2010)

Opbrengst

De opbrengst van de pv-installatie is afhankelijk van een aantal factoren:

- soort paneel
- oriëntatie panelen
- oppervlakte panelen

Het soort paneel is, zoals hierboven omschreven, bepalend voor het rendement van de installatie. In de praktijk brengt het duurste soort paneel het meeste op. Deze keuze zal afhankelijk zijn van het beschikbare oppervlak en de benodigde opbrengst. Daarnaast speelt de oriëntatie van de panelen een grote rol. Aangezien de zon op bepaalde momenten het meeste energie afgeeft, is het belangrijk de panelen op dat moment zo gunstig mogelijk te plaatsen ten opzichte van de bron. Wat betreft de oriëntatie is dient een paneel gericht te zijn op het zuiden, onder een hellingshoek van 36°. Bij deze stand zal een zonnepaneel maximaal rendement hebben. Zoals in figuur 42 te zien is, is er een bepaald gebied waarin een paneel goed presteert. Een logisch vervolg in deze is dat de hoeveelheid panelen bepalend is voor de hoeveelheid stroom die kan worden opgewekt. Hoe meer panelen, hoe meer stroom.

6.4.3 Verlichting

Het onderdeel 'verlichting' behoort tot het gebouwgebonden energieverbruik en valt derhalve onder het karakteristiek verbruik van een woning. Bij de overige onderdelen die vallen onder dit karakteristiek verbruik is het mogelijk om met diverse hulpmiddelen binnen het onderdeel een betere energieprestatie te genereren. Bij 'verlichting' is dit niet mogelijk. Het energieverbruik ten behoeve van verlichting is vastgesteld op 5kWh/m² gebruiksoppervlakte. Het gebruik van energiezuinige LED-verlichting heeft geen invloed op dit vastgestelde energieverbruik. In de overstap naar NEN7120 is het gestelde energieverbruik voor verlichting naar beneden bijgesteld om het gebruik van energiezuinige verlichting te laten meewegen in de energieprestatie van de woning.

6.5 Warm tapwater

6.5.1 Tapwater

Energieverbruik voor warm tapwater wordt bepaald door 4 onderdelen

- hoeveelheid warm tapwater
- opwekking
- distributie
- afgifte

Het energiegebruik voor verwarming en ventilatie wordt steeds minder, maar de vraag naar warm tapwater-vraag blijft in principe ongewijzigd of neemt zelfs toe. Gevolg daarvan is dat het aandeel warm tapwater in verhouding steeds groter wordt. Het rendement van het toestel wordt sterk beïnvloed door het benodigd

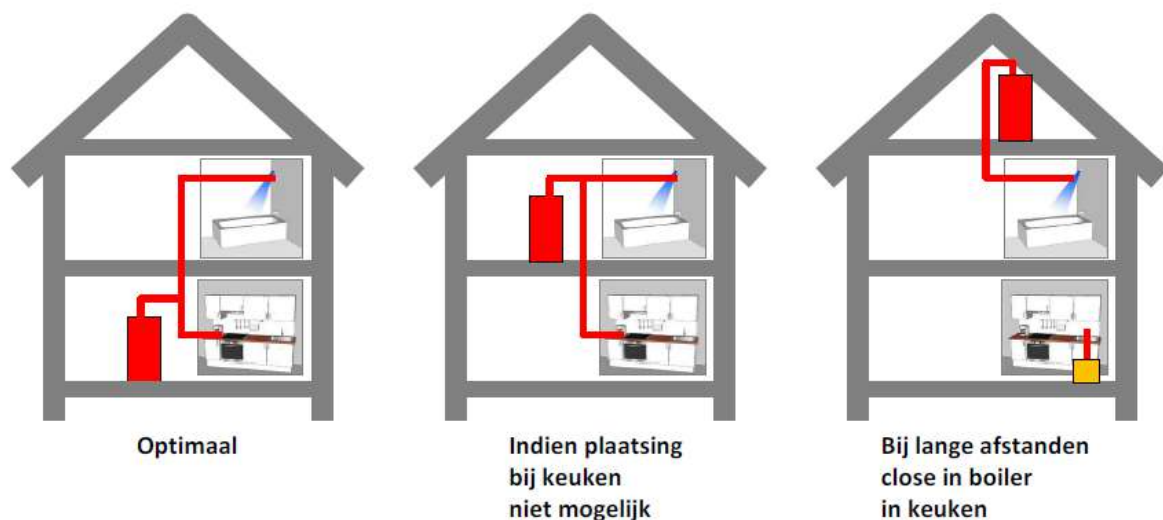
vermogen voor ruimteverwarming (1-4kW) en warm tapwater (afhankelijk van comfortklasse, tot 26-32kW). Daarnaast spelen ook de temperatuurniveaus en leidinglengtes tussen tappunt en opwekker een rol.

De trend op het gebied van wooncomfort versterkt de verschuiving in energiegebruik ten behoeve van warm tapwater en ruimteverwarming. Vroeger waren de woningen slecht geïsoleerd. Er was dus veel energie nodig voor ruimteverwarming. Daarnaast werd er soberder geleefd, dus een kleine douche die kort werd gebruikt. De moderne woningen zijn goed geïsoleerd en hebben dus weinig energie nodig voor ruimteverwarming. Daarbij komt dat er meer gebruik wordt gemaakt van luxe douche en badsysteem, dus de vraag naar warm tapwater is toegenomen. Wanneer beide factoren worden opgeteld wordt duidelijk dat de verschuiving behoorlijk groot is tussen energiegebruik voor ruimteverwarming en warm tapwater.

Om het warm tapwater zo efficiënt mogelijk bij het tappunt te krijgen is het belangrijk de opwekker zo gunstig mogelijk te positioneren.

- korte afstanden tussen tappunten
- bij lange afstanden gescheiden opwekkers plaatsen voor keuken en badkamer
- voldoende opstelruimte voor voorraadtoestellen voor tapwater i.v.m. toenemende vraag naar warm tapwater.

De goed scorende concepten zijn allemaal gebaseerd op een voorraadvat voor tapwater omdat het vermogen van de opwekker kleiner is dan de momentane vraag.

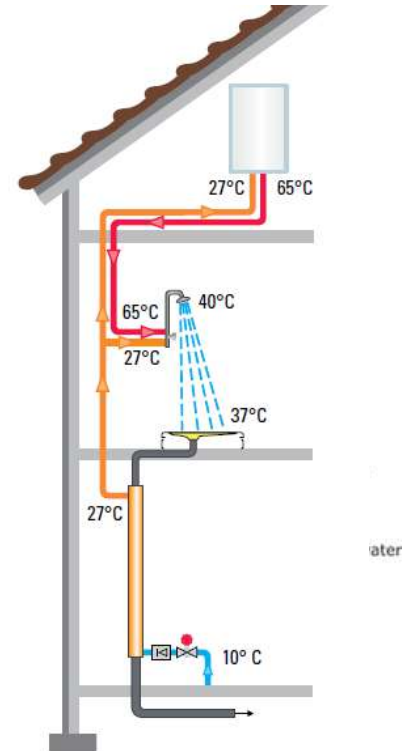


Figuur 43. Volgorde voorkeurplaatsing warmtapwatertoestellen bij nieuwbouw.
(Bron: Op weg naar minimum energie woningen met EPC ≤ 0, sept. 2012)

6.5.2 Douche WTW

Energie die nodig is voor het warm tapwater kan worden beperkt door het toepassen van een douche WTW. Het principe van een douche WTW is vrij eenvoudig: het warme water dat is gebruikt tijdens het douchen en via de afvoer weg stroomt, wordt bij een douche WTW langs een wisselaar geleid. In de wisselaar wordt de energie van het warme water overgedragen aan koud tapwater wat nog dient te worden verwarmt. Hierdoor wordt het te verwarmen tapwater al voorverwarmt, en dat scheelt weer energie. In de praktijk zitten er nog wel haken en ogen aan: op het moment dat er warm water door de wisselaar stroomt moet er ook warm tapwater-vraag zijn.

Een douche WTW kan in verschillende vormen worden toegepast, namelijk in de vorm van een douchegoot, douchebak en douchepijp. Wanneer een douche in een bad is gesitueerd, mag het ook op het bad worden aangesloten. Bij de toepassing van een douchepijp WTW dient deze op de verdieping onder de douche te worden geplaatst. Daar kan de installatie in een koof worden aangebracht. Bij de toepassing van dit systeem is het dan ook noodzakelijk dat er een verdieping onder de douche aanwezig is.



Figuur 44. Schematische weergave werking douche-wtw.
(Bron: EnergieVademecum 2010)

Bij een individueel opwekkingssysteem kan een douche WTW op meerdere manieren worden aangesloten:

- zowel op koudepoort van de douchemengkraan als op inlaat van het toestel
- op de koudepoort van de douchemengkraan
- op de inlaat van het toestel.

Volgens onderzoek van Nieman Raadgevende Ingenieurs (*Bouwbesluit Energieprestatie, 2013*) wordt het hoogste rendement gehaald wanneer er een aansluiting is op zowel de koudepoort van de douchemengkraan als op de inlaat van het toestel.

Het forfaitaire thermische rendement van een douche WTW is 40%. Er zijn echter verticale douche-WTW systemen op de markt met een rendement van meer dan 50%.

7. Energiemaatregelen geplaatst in de tijd.

7.1 LevensCyclusAnalyse (LCA)

Een woning ontwikkelen die voldoet aan de gestelde energieprestatienormen is op dit moment het hoofddoel in de markt die vrije sector heet en zich richt op de bouw van vrijstaande woningen. Het is echter nog maar de eerste stap naar het bouwen van een woning die het klimaat tot het minimum belast. De tweede stap in dit proces is het werken met producten die het milieu zo min mogelijk belasten bij de productie en daarnaast ook in een latere fase kunnen worden hergebruikt. Deze tweede stap kan worden samengevat in de term 'LCA', LevensCyclusAnalyse. Met een levenscyclusanalyse wordt er een inventarisatie gemaakt van alle milieueffecten van een product op de omgeving. Dit begint bij het onttrekken van de grondstoffen aan de natuur tot en met de verwerking van het afval na de sloop van het gebouw.

Zoals ook in het Plan van Aanpak is aangegeven, is het belangrijk dat er naast het behalen van de energieprestatienorm ook de duurzaamheid van de toegepaste materialen in de lijn ligt van klimaatbewust bouwen. Om te voorkomen dat een bouwkundige zich moet gaan verdiepen in de levenscyclus van bepaalde bouwmaterialen, zijn er leveranciers die een aparte materiaal-lijn hebben ontwikkeld waarin enkel materialen zijn opgenomen die voldoen aan de eisen van een duurzame levenscyclus. In het onderzoek bij de referentiewoningen zal dan ook gekeken worden naar het toepassen van deze materialen. Hiervoor zal de Greenworks-lijn van Raab Karcher worden gebruikt. Onder de naam Greenworks biedt de leverancier tal van geselecteerde duurzame materialen aan.



Figuur 45. Logo Greenworks. (Bron: www.raabkarcher.nl)

7.2 Total Cost of Ownership (TCO)

Het onderdeel TCO wordt tot op heden te weinig belicht bij de ontwikkeling van een woning. Over het algemeen wordt er alleen op korte termijn gekeken, met name op het gebied van installaties. Aangezien we er vanuit moeten gaan dat een woning 50 jaar moet staan, is het belangrijk te weten welke onderdelen in dat tijdsbestek vervangen of aangepast dienen te worden. Door te kijken naar de gehele periode kunnen er betere keuzes worden gemaakt. Op deze manier worden investeringen meer solide omdat er over het totale traject is gekeken naar kosten en opbrengsten. Met name voor isolatie is TCO een belangrijk onderdeel. In de rekenprogramma's wordt een hoge isolatiewaarde niet gewaardeerd op basis van TCO. In de praktijk kan dit heel anders zijn, omdat de installatie jaarlijks onderhoud nodig heeft en ook na een bepaald aantal jaar moet worden vervangen of gemoderniseerd. Dit is met bijv. spouwisolatie niet het geval.

8. Conclusie op basis van literatuuronderzoek.

Op basis van het literatuuronderzoek wordt het volgende geconcludeerd.

Ontwerp

De compactheid van een woning speelt een belangrijke rol om een goed uitgangspunt te creëren voor de energieprestatie. Zoveel mogelijk vloeroppervlak ten opzichte van het geveloppervlak. Daarnaast is ook een eenvoudige vormgeving een pre omdat aan- en uitbouwen een ongunstig effect hebben op de energieprestatie.

Vloer

De isolatiewaarde van de vloer heeft weinig invloed op de energieprestatie van de woning. Om economische redenen is het aan te raden te werken met de minimum eis.

Gevel

De gevel vormt een groot gedeelte van het vlak waar transmissieverlies optreedt. Een goede isolatiewaarde is noodzakelijk. Uitgangspunt in de berekening van Agentschap NL is een waarde van $R_c 3.5\text{m}^2\text{.K/W}$, de praktijk leert echter dat $5.0\text{m}^2\text{.K/W}$ een beter uitgangspunt is.

Dak

Het dak en de gevel zijn de plaatsen waar het meeste transmissieverlies optreedt. Bij het dak is het echter nog eenvoudiger om met een hoge isolatiewaarde te werken. Het effect op een EPC-berekening is relatief groot. Dat is ook zichtbaar bij de Agentschap NL woning waar bij bepaald concepten het dak een R_c -waarde heeft van $5.0\text{m}^2\text{.K/W}$, i.p.v. $3.5\text{m}^2\text{.K/W}$.

Kozijnen

Hoewel kozijnen een klein gedeelte van de gevel zijn, zijn het zwakke punten in de schil. Goede kierdichting is essentieel. Het effect van 3-bladig glas is nog niet heel duidelijk. Met de huidige methode kan nog wel worden gewerkt zonder dat dit grote gevolgen heeft voor de energieprestatie.

Luchtdichtheid

Voor een goed binnenklimaat en bouwkwaliteit is het nodig om met een qv_{10} -waarde te werken. Door dit uitgangspunt in de berekening aan te houden, is het mogelijk om tegen lage kosten toch een betere energieprestatie te behalen.

Ventilatie

Ventilatie wordt steeds belangrijker omdat een deel van het energieverlies via de ventilatie plaatsvindt. Volgens het onderzoek moet er een keuze worden gemaakt tussen 2 concepten: natuurlijke aanvoer-mechanische afvoer of wtw. Beide concepten zijn mogelijk. Het effect op energieprestatie en bijbehorende kosten zullen in het onderzoek nog nader worden bekeken.

Ruimteverwarming

Op basis van het literatuuronderzoek zou het het meest gunstig zijn om te werken met een concept dat breed kan worden toegepast, en dat is een cv-ketel in combinatie met LT-vloerverwarming. De overige manieren zijn meer afhankelijk van de omgeving of hebben een instabiel rendement (zomer/winter).

Afgifte

Vloerverwarming lijkt op basis van het literatuuronderzoek de meest gunstige manier van warmteafgifte. Er kan gewerkt worden met energiezuinige LT-verwarming, het kan per vertrek geregeld worden, het is erg comfortabel en praktisch goed uitvoerbaar.

Elektriciteit

Het toepassen van een pv-systeem lijkt essentieel voor het behalen van de energieprestatie. Oriëntatie van het dakvlak speelt een belangrijke rol, evenals de keuze voor het type paneel, wat weer afhankelijk is van de beschikbare ruimte en benodigde vermogen. De toegevoegde waarde van domotica kan nog niet echt worden bewezen omdat het systeem zelf ook weer energie vraagt. De toepassing van het systeem staat daarom nog ter discussie.

Warm tapwater

Het toepassen van een zonneboiler is in principe een goede invulling van een duurzame opwekking van energie. Ook hier speelt de oriëntatie een belangrijke rol in het verkrijgen van een goed rendement. Daarnaast is het gebruik van een douche-wtw een goede aanvulling in het energiezuinig opwekken van warm tapwater. Om te voorkomen dat bij vraag naar warm tapwater het warme water een lange weg van toestel naar tappunt met afleggen, is het belangrijk een goede keuze te maken in de positie(s) van de toestellen.

LCA/TCO

Om een evenwichtig beeld te krijgen tussen de levenscyclus van bouwkundige componenten, is het belangrijk om over langere termijn de invloed van een energiebesparende investering te berekenen. Gezien de huidige markt wordt er alleen gekeken naar korte termijn, terwijl dit op langere termijn niet altijd gunstig is.

Bijlage 2. Onderzoek.

1. Inhoudsopgave

1.	Inhoudsopgave	70
2.	Inleiding.....	74
3.	Conceptwoningen	75
3.1	Conceptwoning 1	75
3.2	Conceptwoning 2	77
3.3	Conceptwoning 3	79
4.	Ontwerp	80
4.1	Oriëntatie.....	80
	Conclusie	81
4.2	Complexiteit.....	82
	Algemeen	82
	Conclusie	82
4.3	Compactheid.....	82
	Algemeen	82
	Conclusie	82
4.4	Zonwering	83
	Algemeen	83
	Conclusie	84
5.	Rc- en U-waarden	85
6.	Isolatie	86
6.1	Algemeen	86
6.2	Spouwmuur	87
	EPC reductie	87
	Toegepaste isolatie.....	87
	Toelichting kosten	88

Praktische haalbaarheid	91
Conclusie spouwisolatie	92
6.3 Begane grondvloer	93
Praktische haalbaarheid	95
Conclusie	95
6.4 Dak	96
Hellend dak	96
Toelichting	98
Conclusie	98
Plat dak	99
Toelichting	101
Conclusie	101
7. Kozijnen	102
Algemeen	102
Driebladig glas.	102
Conclusie	105
8. Luchtdichtheid	106
Kosten reduceren qv10-waarde.	106
Kosten maatregelen ten opzichte van EPC-reductie	107
Kozijnen	107
Bouwplaats	107
Personeel	108
Nazorg	108
Conclusie	108
9. Installatie	109
9.1 Ventilatie en infiltratie	109
Algemeen	109
Kozijnen	110

Bouwplaats.....	110
Personeel.....	110
Nazorg	111
Conclusie	112
9.2 Installatieconcepten	112
Algemeen	112
9.2.1 Concepten	112
HR107 combiketel	118
Douche WTW	118
Ventilatie met natuurlijke aanvoer	119
Ventilatie met mechanische toe- en afvoer en warmteterugwinning	119
Zonneboiler	119
Ventilatie warmtepompboiler	119
Grondwarmtepomp.....	119
Hybride warmtepomp	119
9.2.2 Gemiddelde waarden van een woning met EPC0.6	121
9.2.3 Berekening van vermogen installatie	121
9.2.4 Kosten verbruik CV ketel	123
9.3 PV-installatie	130
Algemeen	130
Reductie.....	133
9.4 Windmolen	134
Algemeen	134
Conclusie	134
10. Totaaloverzicht concepten met installatie, pv, kosten en verbruik.	135
11. Total Cost of Ownership (TCO)	136
11.1 Bouwkundige maatregelen	136
11.2 Vervangingscyclus invloedfactoren energieprestatie.....	137

11.3	Kosten W-installatie (vervanging en verbruik)	138
11.4	Kosten verbruik W-installatie 50 jaar	139
11.5	Opbrengsten E-installatie (vervanging en opbrengsten).....	139
11.6	Rendement extra investering EPC 0.0 woning	139
11.7	Terugverdientijd extra investering	140
12.	Levens Cyclus Analyse (LCA).....	141

2. Inleiding

In het gedeelte 'Onderzoek' wordt onderzocht is van het effect van onderdelen die invloed hebben op de energieprestatie van een woning. Op basis van de literatuurstudie zijn verschillende conclusies getrokken en deze vormen het uitgangspunt van het empirisch onderzoek.

Het is praktisch onmogelijk om alle variabelen met elkaar te gaan combineren. Daarom is elke variabele apart onderzocht. Het feit dat de variabelen elkaar onderling beïnvloeden moet tijdelijk buitenbeschouwing worden gelaten. Aan het eind van dit onderzoek zal wel worden onderzocht wat de resultaten zijn als verschillende variabelen worden gecombineerd en wat daar de uitkomsten van zijn.

Het onderzoek wordt gedaan met behulp van EPG-rekensoftware Uniec2.0. Dit rekenprogramma is gebaseerd op NEN 7120, NEN 8088 en NEN 1068. Diverse berekeningen zijn opgenomen in de digitale bijlage, te vinden aan de binnenzijde van de achterzijde van deze complete bijlage.

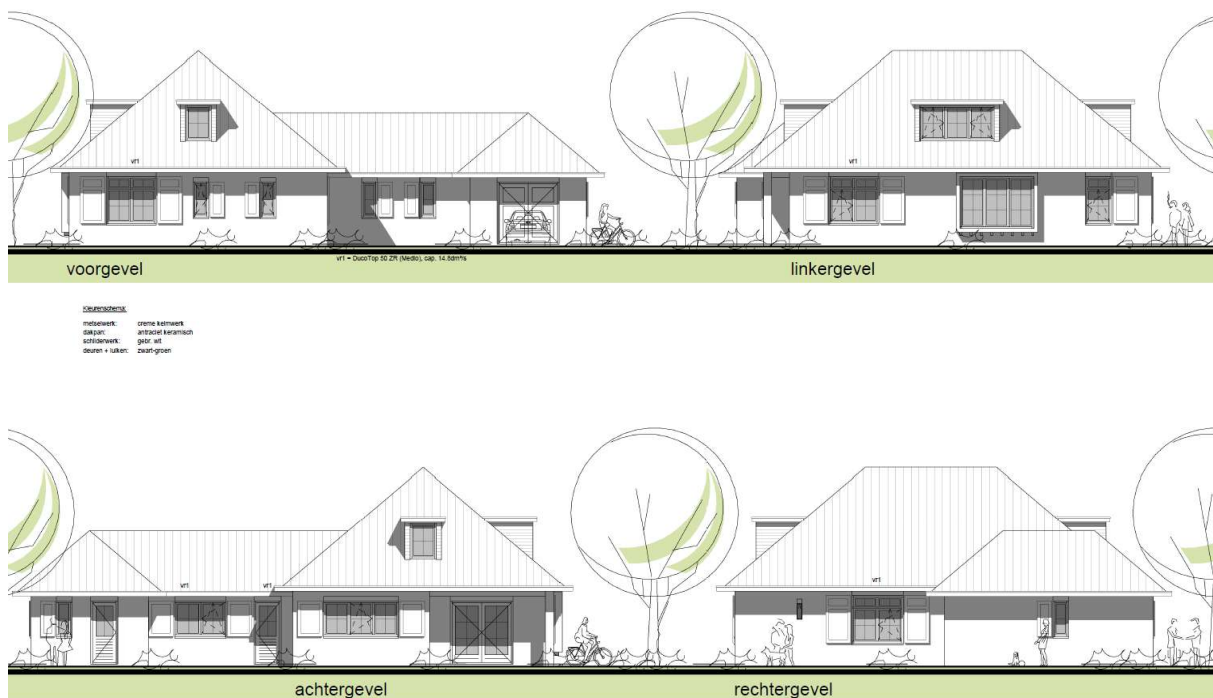
3. Conceptwoningen

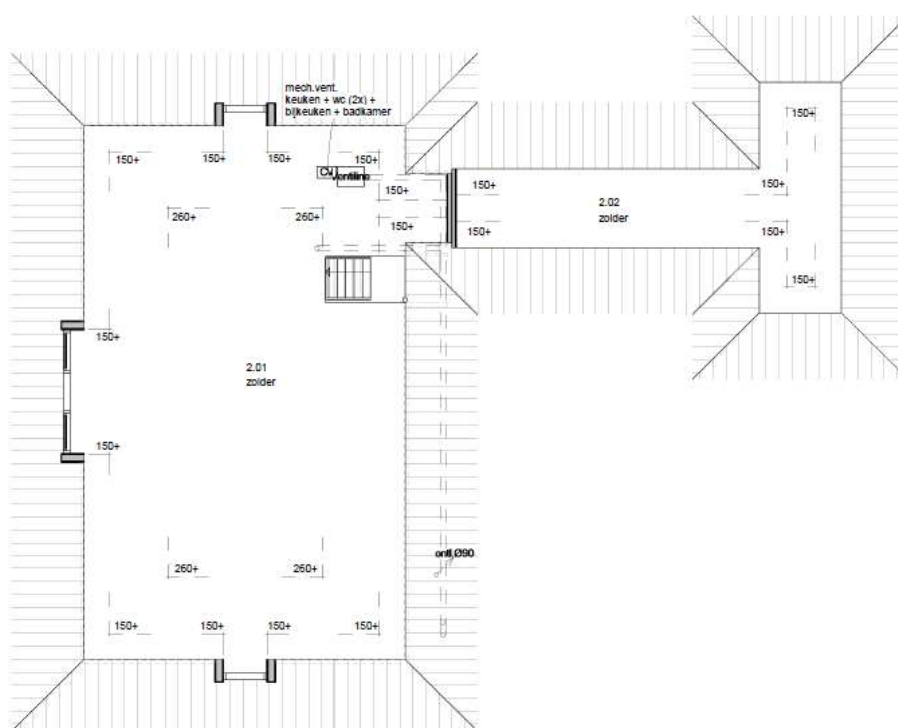
De berekeningen in dit onderzoek zijn gebaseerd op 3 conceptwoningen. Deze woningen zijn ontworpen door Ontwerpbureau Brummelhuis (zie *Bijlage Proces hfdst. 3.3*). Door het gebruik van meerdere conceptwoningen is het mogelijk om met meer gemiddelde waarden te werken. De berekeningsformule van de berekening van de energieprestatie is zodanig opgebouwd dat de uitkomsten voor alle modellen woningen met dezelfde maatregelen ongeveer gelijk zijn. Het is daarom niet nodig dezelfde maatregelen bij meerdere woningen door te berekenen omdat de uitkomsten nagenoeg gelijk zullen zijn.

De meeste berekeningen zijn toegepast op Conceptwoning 1. Deze woning is gebouwd door Bouwbedrijf Mulder Elspeet BV en in juni 2013 opgeleverd. Conceptwoning 2 wordt ook door Bouwbedrijf Mulder Elspeet BV gebouwd en is momenteel nog in aanbouw. Conceptwoning 3 is wel ontworpen door Brummelhuis, maar niet gebouwd door Bouwbedrijf Mulder Elspeet BV. Deze woning is gekozen omdat het qua ontwerp afwijkt van de andere twee conceptwoningen en daarom een goede aanvulling was.

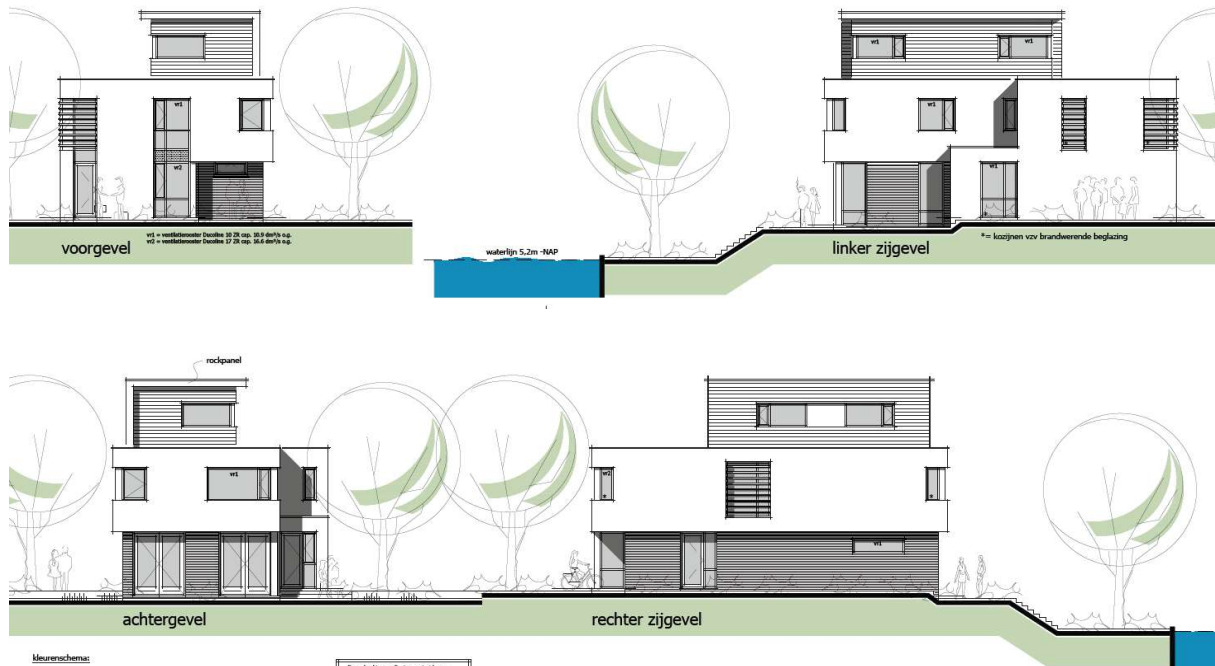
Een digitale versie van de tekeningen is tevens opgenomen in de digitale bijlage. Deze cd-rom te vinden aan de binnenzijde van de achterzijde van dit complete bijlage-boekwerk.

3.1 Conceptwoning 1





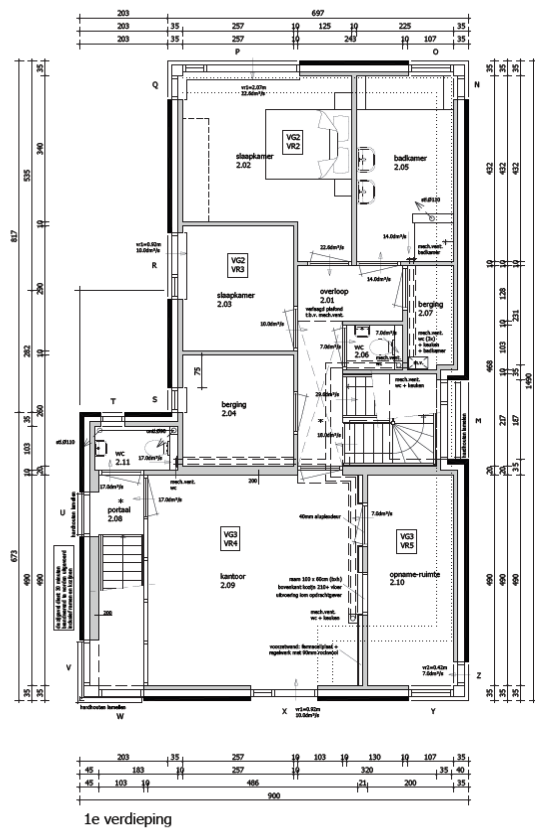
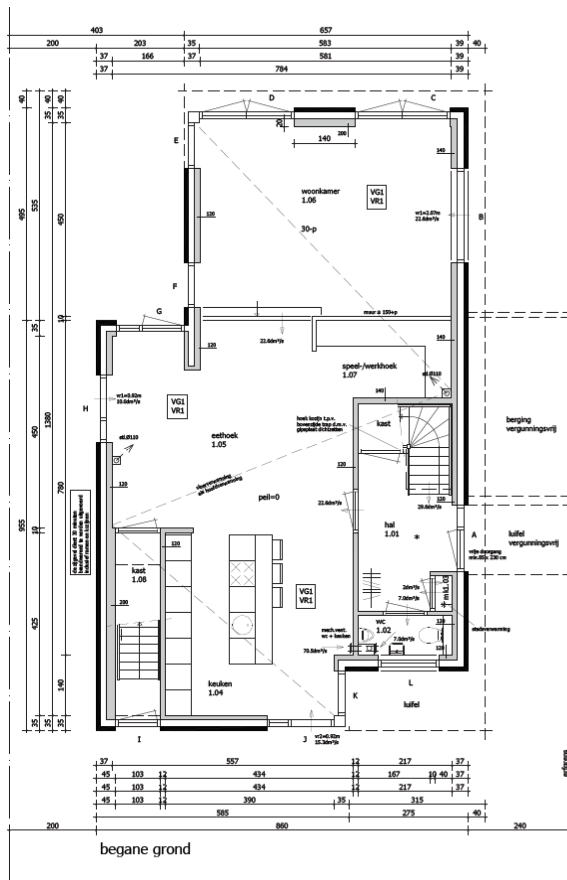
3.2 Conceptwoning 2

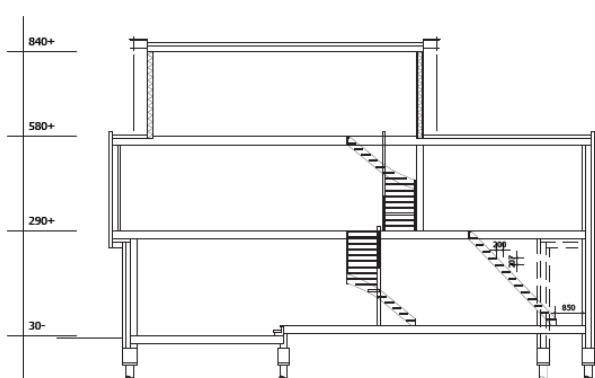
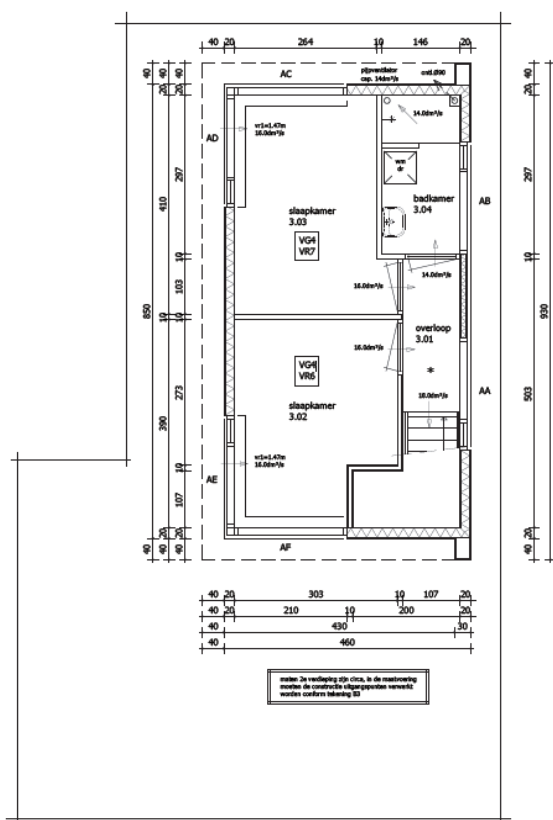


Materialen:

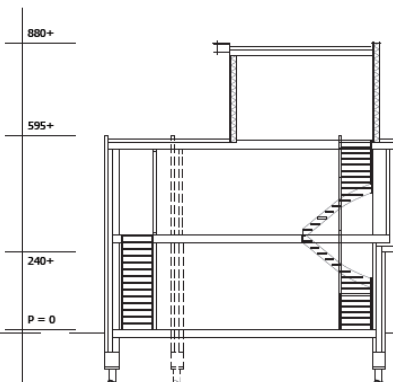
- gevelstenen:
 - lichte gemiddelde stenen
 - wit
 - Canavall, Ridgewood, red cedar
 - hardhout naturel
 - wit
 - antraciet
- schroeven:
 - wit
 - antraciet
- kozijnen, ramen, deuren:
 - wit
 - antraciet

De architectuur staat voor dat bouw de materialen (gemiddelde, afkomstig) ter beschikking van de gemeente naar te krijgen

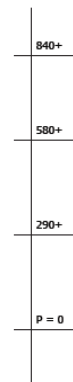




doorsnede



doorsnede



3.3 Conceptwoning 3



4. Ontwerp

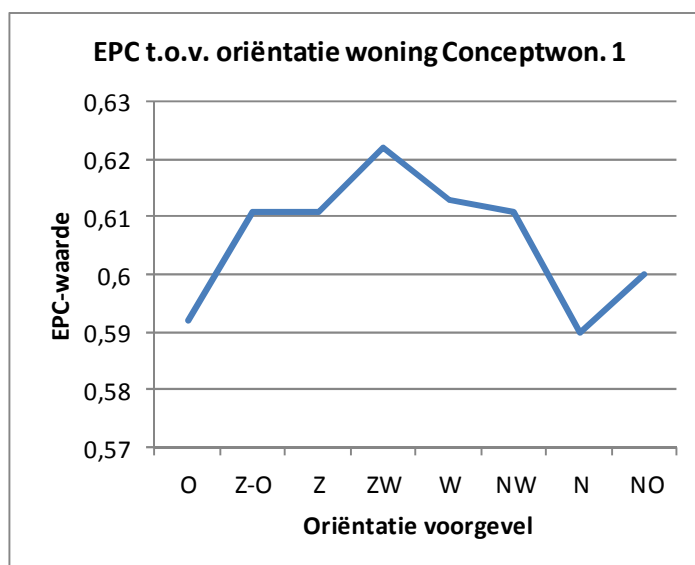
4.1 Oriëntatie

Voor een goede energieprestatie moet er steeds meer op de kleine zaken worden gelet om te voorkomen dat er onnodig veel maatregelen moeten worden getroffen om te voldoen aan de gestelde eisen. Eén van die kleine zaken is de oriëntatie. De stand van de woning ten opzichte van noord-oost-zuid-west kan invloed hebben op de energieprestatie. Dit wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van ramen en deuren aan bepaalde zijden van de woning. Zo het is gunstig om aan de noordzijde zo min mogelijk kozijnen te plaatsen omdat dit de 'koude' kant is. Kozijnen vormen een zwak onderdeel in de gebouwschil. Veel ramen op het noorden is dan ongunstig omdat deze veel kou door laten. Op het zuiden geven kozijnen de mogelijkheid om gebruik te maken van zonnewarmte, maar daar moet wel de aantekening bij worden gemaakt dat de kans op overhitting in de zomer aanwezig is.

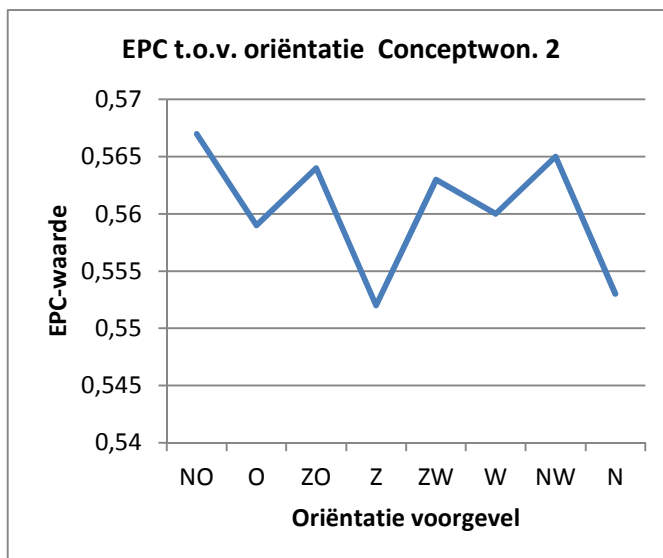
In dit gedeelte van het onderzoek wordt onderzocht wat het effect is op de EPC als een woning wordt 'gedraaid'. Hiermee kan worden aangetoond of het effect heeft in een vroeg stadium rekening te houden met het ontwerp van een woning en op deze manier goedkoper te kunnen bouwen omdat er minder maatregelen nodig zijn om de gestelde energieprestatie te behalen.

Oriëntatie Conceptwon. 1		
Voorgevel	EPC	Vershil
O	0,592	huidig
Z-O	0,611	0,019
Z	0,611	0,019
ZW	0,622	0,03
W	0,613	0,021
NW	0,611	0,019
N	0,59	-0,002
NO	0,6	0,008

Figuur 1

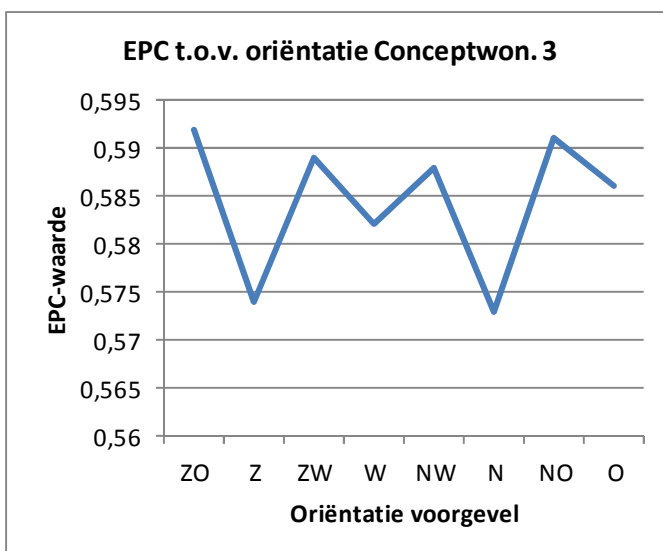


Oriëntatie Conceptwon. 2		
Voorgevel	EPC	Vershil
NO	0,567	huidig
O	0,559	-0,008
ZO	0,564	-0,003
Z	0,552	-0,015
ZW	0,563	-0,004
W	0,56	-0,007
NW	0,565	-0,002
N	0,553	-0,014



Figuur 2

Oriëntatie Conceptwon. 3		
Voorgevel	EPC	Vershil
ZO	0,592	Huidig
Z	0,574	-0,018
ZW	0,589	-0,003
W	0,582	-0,01
NW	0,588	-0,004
N	0,573	-0,019
NO	0,591	-0,001
O	0,586	-0,006



Figuur 3

Conclusie

EPC-reductie	De oriëntatie van de woning kan veel invloed hebben op de EPC-reductie (van -0.019 tot +0.03)
Kosten per 0.001	Aan de reductie zijn niet direct kosten verbonden. Aangezien er geen middelen worden ingezet om de reductie te realiseren. Het draaien van een woning op een kavel is kosteloos.
Praktisch	De oriëntatie van een woning staat vaak bij voorbaat al vast. Het effect van de oriëntatie op de EPC geeft wel aan dat het belangrijk is bewust om te gaan met het plaatsen van ramen en deuren en het indelen van een woning.
Samenvatting	Het heeft zeker nut om te kijken of het mogelijk is een woning wat te draaien op de bouwkaavel en hiermee een gunstiger uitgangspunt te creëren met betrekking tot de energieprestatie. Of dit altijd mogelijk is, blijft de vraag.

4.2 Complexiteit

Algemeen

Het ontwerp van een woning heeft invloed op de EPC van de woning. Dit wordt veroorzaakt door de verhouding tussen karakteristiek en genormeed energieverbruik. In de literatuurstudie wordt dit verder onderbouwd (zie hoofdstuk 4.2, pag.9). In dit hoofdstuk wordt de conclusie getrokken dat een compacte bouw de beste uitgangspositie geeft met betrekking tot de energieprestatie van een woning.

Uit onderzoek blijkt dat deze conclusie met name is gebaseerd op de aanwezigheid van lineaire koudebruggen. Wanneer in het berekeningsprogramma een fictieve erker wordt ingevoerd met een oppervlakte van 1,5 x 4,0 m heeft dit geen invloed op de EPC.

Conclusie

EPC-reductie	Niet complexe bouw geeft niet een direct aantoonbare EPC-reductie
Kosten per 0.001	Niet direct te achterhalen
Praktisch	Waar uitbouwen aan de hoofdbouw plaatsvinden, is een onderbreking in de schil. De aansluitingen van de uitbouw aan de hoofdbouw geven een verhoogde kans op koudebruggen en vormen daardoor een kritisch punt. In de berekening dienen deze aansluitingen te worden meegenomen en kunnen invloed hebben op de EPC.
Samenvatting	Het effect van een uitbouw kan niet direct in een berekening worden aangetoond. Het is met name de praktijk waaruit blijkt dat de aansluitingen van aanbouw op hoofdbouw bouwfysisch kritische punten zijn,

4.3 Compactheid

Algemeen

Op basis van onderzoek door dhr. W. Beltman van Ontwerpbureau Brummelhuis is gebleken dat de verhouding vloer/gevel/dak geen invloed heeft op de uitkomsten van variabelen met betrekking tot de energieprestatie. Bij 3 verschillende modellen woningen zijn dezelfde variabelen aangepast en daarbij was de uitkomst elke keer nagenoeg gelijk. Hieruit bleek dat in de formule een 'versleuteling' zit waardoor in elke woning, groot of klein, een aanpassing het gelijke effect heeft op de energieprestatie.

Conclusie

EPC-reductie	Compacte bouw geeft niet een direct aantoonbare EPC-reductie
Kosten per 0.001	Niet direct te achterhalen
Praktisch	Praktisch heeft compacte bouw geen gevolgen.
Samenvatting	Door het toepassen van karakteristiek en genormeed energieverbruik heeft een grote woning meer budget dan een kleine/compacte woning. Dit geeft echter geen betere uitgangspositie

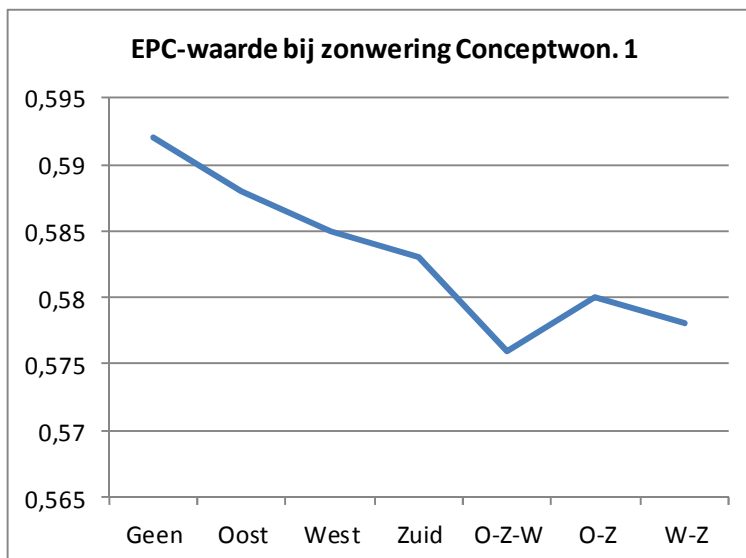
4.4 Zonwering

Algemeen

In het EPC-berekeningsprogramma kan worden aangegeven of het zonwering wordt toegepast. Deze zonwering voorkomt overhitting en gedeeltelijk de noodzaak tot koeling. Het toepassen van zonwering heeft echter niet altijd effect. Zo wordt het toepassen van zonwering op de noordzijde van de woning niet gewaardeerd met EPC-reductie. De hoogste waardering is aan de zuidzijde, daarna volgen west en oost. Het effect op de energieprestatie is in tabel xx.xx weergegeven.

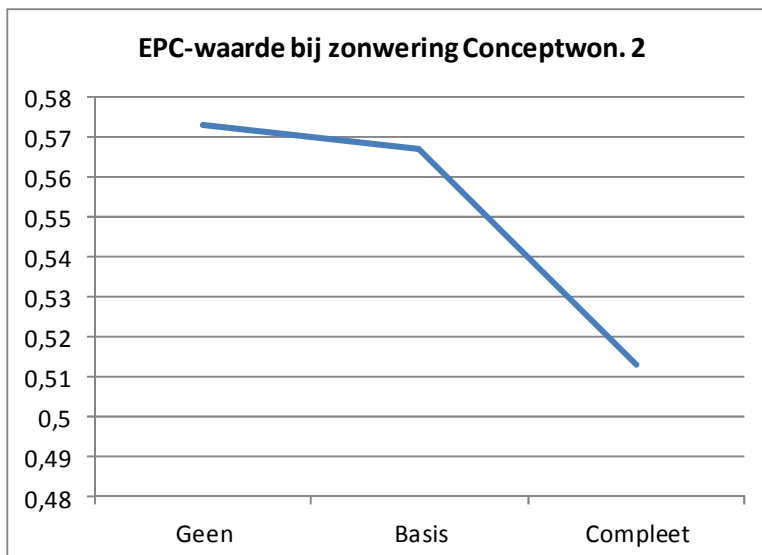
Conceptwon. 1	
Geen	0,592
Oost	0,588
West	0,585
Zuid	0,583
O-Z-W	0,576
O-Z	0,58
W-Z	0,578

Figuur 4



Conceptwon. 2	
Geen	0,573
Basis	0,567
Compleet	0,513

Figuur 5



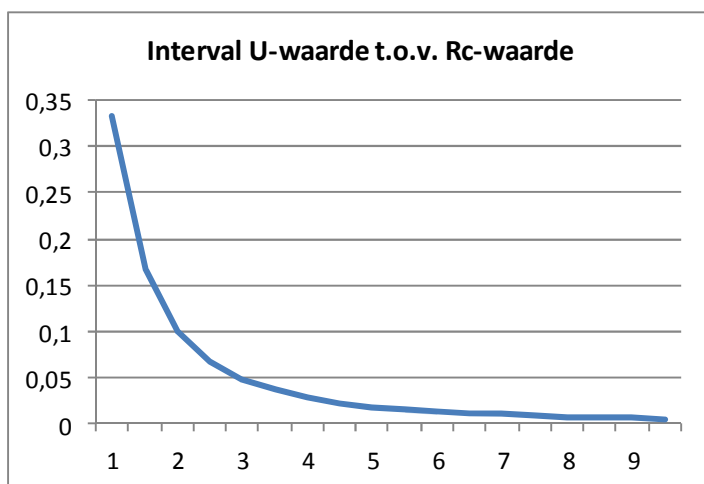
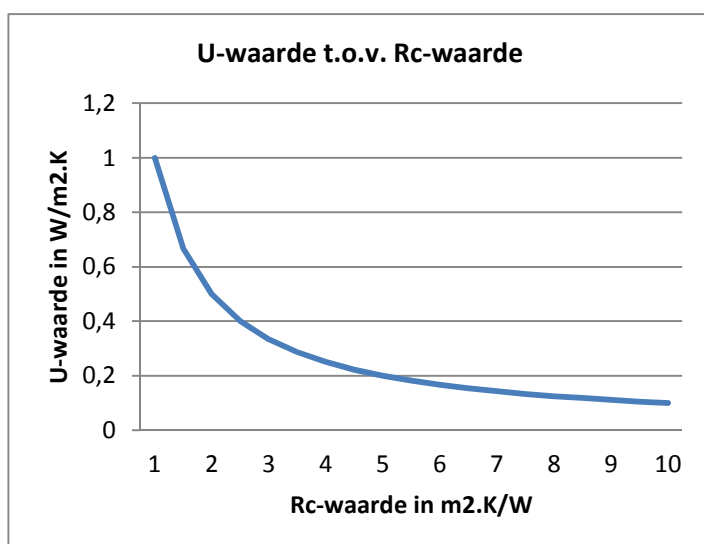
Conclusie

EPC-reductie	Met het toepassen van zonwering is het mogelijk een EPC-reductie te realiseren
Kosten per 0.001	Is niet direct te achterhalen. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat er geen zonwering kan worden toegepast voor bijv. dubbele tuindeuren, de achterdeur, schuifpuien of de voordeur.
Praktisch	Per project is het mogelijk te onderzoeken of het rendabel is om zonwering toe te passen. In algemene zin kan er verder weinig over worden gezegd omdat het zeer projectgebonden is.
Samenvatting	Het toepassen van zonwering heeft zeker effect. In algemene zin kan er echter niets over worden gezegd omdat het afhankelijk is van het ontwerp van de woning. Het is wel aan te bevelen per project te onderzoeken wat de effecten zijn van deze energiebesparende maatregel.

5. Rc- en U-waarden

In het gesprek met dhr. R. ten Have, eigenaar van Earth Energie Advies B.V., het bedrijf dat de EPC-softwareprogramma Uniec2.0 heeft ontwikkeld, geeft dhr. Ten Have aan dat niet de Rc-waarde, maar de U waarde belangrijk is. Niet de Rc-waarde van de gevel, maar de U-waarde bepalend is voor de warmteweerstand. Deze U-waarde geeft de hoeveelheid warmte weer die per m² per seconde per graad temperatuurverschil door de constructie dringt. De U-waarde wordt weergegeven in W/m².K. Een Rc-waarde word weergegeven in m².K/W. Om van een U-waarde naar een Rc-waarde te komen, moet de volgende formule worden toegepast: $U = 1/R$.

Hieruit volgt een exponentieel verband. Wat ook verklaart waarom in de berekening van Uniec2.0 een steeds hogere isolatiewaarde minder waardeert.



Rc-waarde	U-waarde	Interval
1	1	x
1,5	0,667	0,333
2	0,5	0,167
2,5	0,4	0,1
3	0,333	0,067
3,5	0,286	0,047
4	0,25	0,036
4,5	0,222	0,028
5	0,2	0,022
5,5	0,182	0,018
6	0,167	0,015
6,5	0,154	0,013
7	0,143	0,011
7,5	0,133	0,01
8	0,125	0,008
8,5	0,118	0,007
9	0,111	0,007
9,5	0,105	0,006
10	0,1	0,005

Figuur 6

6. Isolatie

6.1 Algemeen

In dit onderzoekdeel wordt onderzocht wat de effecten zijn van het meer isoleren van de gebouwschil ten opzichte van de minimum eis uit het Bouwbesluit. Deze minimum eis voor de gehele schil ligt op dit moment op $3,5\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$.

Bij het onderzoek is uitgegaan van een EPC-uitkomst van 0.6, in combinatie met een R_c -waarde voor de gevel van $3,5\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$, het dak $4.05\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ en vloer $3.5\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$. Er is bewust met een 'scherp' uitgangspunt gewerkt om het effect van de isolatie in verhouding te laten zijn. Wanneer het uitgangspunt van de energieprestatie bijv. EPC 1.0 zou zijn, dan zou het effect van de isolatie onevenredig groot zijn en daarom een vertekend beeld geven.

De werkmethode die is toegepast sluit nauw aan op de werkwijze die in de praktijk wordt toegepast. Daar wordt ook standaard uitgegaan van de minimum Bouwbesluit-eisen. Aangezien isoleren over het algemeen meer kost dan dat het opbrengt, wordt vaak aan het eind van de energieprestatieberekening gekeken wat er nog met de isolatiewaarden kan worden gedaan. Om die reden is dat nu ook gedaan.

Bij deze methode is uitgegaan van het installatieconcept dat in de praktijk is toegepast. Volgens de huidige eisen moet de woning een energieprestatie hebben van EPC 0.6. Het bureau dat deze berekening heeft gemaakt gaat uit van de economisch meest gunstige uitvoering om deze energieprestatie te behalen. Het doel van dit onderzoek is echter te onderzoeken op welke wijze het mogelijk is tegen zo laag mogelijke kosten een energieprestatie van EPC 0.0 te realiseren. In dit gedeelte betreft het de isolatiewaarden van de verschillende bouwdelen die invloed hebben op de energieprestatie.

6.2 Spouwmuur

Op basis van de literatuurstudie kan worden gesteld dat volgens de rekenmethode een Rc-waarde van $5.0\text{m}^2\text{K/W}$ voor de gevel economisch het meest gunstig is. Of dit werkelijk het geval is wordt in dit onderzoek onderzocht.

EPC reductie

De spouwmuur betreft in veel gevallen een groot gedeelte van het uitwendig oppervlak van een woning. Een belangrijk punt om een hoge mate van warmteweerstand te creëren. In dit gedeelte van het onderzoek is onderzocht wat het effect is van een verhoging van de isolatiewaarde van de spouwmuur ten opzichte van de EPC, wat de kosten daarvan zijn en of dit alles praktisch uitvoerbaar is.

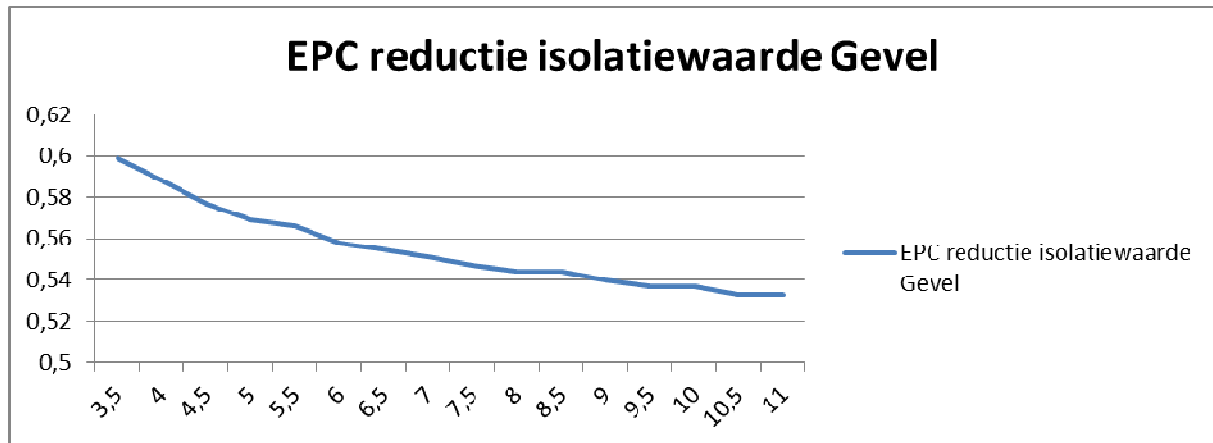
Toegepaste isolatie

Bij de berekening is uitgegaan van 3 soorten isolatie, namelijk glaswol, steenwol en PIR. Glaswol heeft een lagere isolatiewaarde dan PIR, maar is wel goedkoper. Omdat glaswol een lagere isolatiewaarde heeft, is er meer dikte nodig om dezelfde waarde te halen als met PIR. Met glaswolisolatie is het praktisch haalbaar om tot een Rc-waarde van $4.0\text{m}^2\text{K/W}$ te komen. Wanneer we boven deze waarde ook met glaswol gaan isoleren, krijgen we maken met een extreem dik isolatiepakket. Hierdoor ontstaan zeer brede spouwmuren die veel ruimteverlies binnen geven. Er moeten extra brede spouwlaten worden toegepast en het aanbrengen van de isolatie is praktisch moeilijk uit te voeren. Om deze redenen wordt er gekozen voor

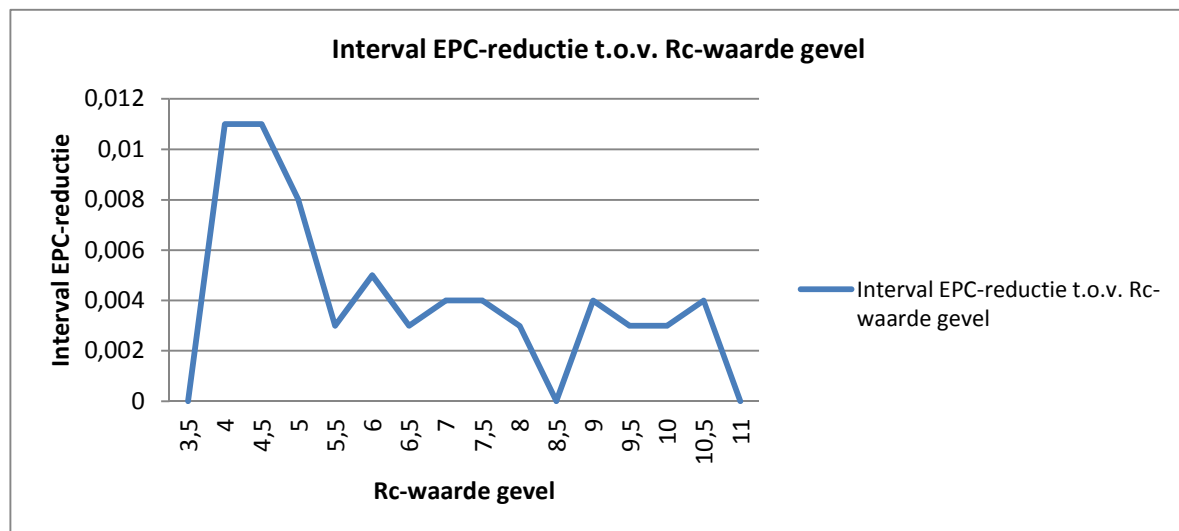
een slankere isolatieplaat. Gevolg is wel dat de kosten extra hard stijgen omdat er naast een hogere isolatiewaarde van de schil ook de kosten voor het materiaalsoort hoger zijn. Ook is in dit onderzoek gebruik gemaakt van steenwol. In dit geval betreft het een steenwol met harde persing en aluminium bekleding aan beide zijden. Dit materiaalsoort is relatief dik (135mm), maar kost nog aanzienlijk minder (10%) dan een PIR-plaat.

Rc	EPC	Interval
3,5	0,599	0
4	0,588	0,011
4,5	0,577	0,011
5	0,569	0,008
5,5	0,566	0,003
6	0,558	0,005
6,5	0,555	0,003
7	0,551	0,004
7,5	0,547	0,004
8	0,544	0,003
8,5	0,544	0
9	0,54	0,004
9,5	0,537	0,003
10	0,537	0,003
10,5	0,533	0,004
11	0,533	0

Figuur 7. Resultaten van de isolatiewaarde ten opzichte van de EPC uitkomst.



Figuur 8



Figuur 9

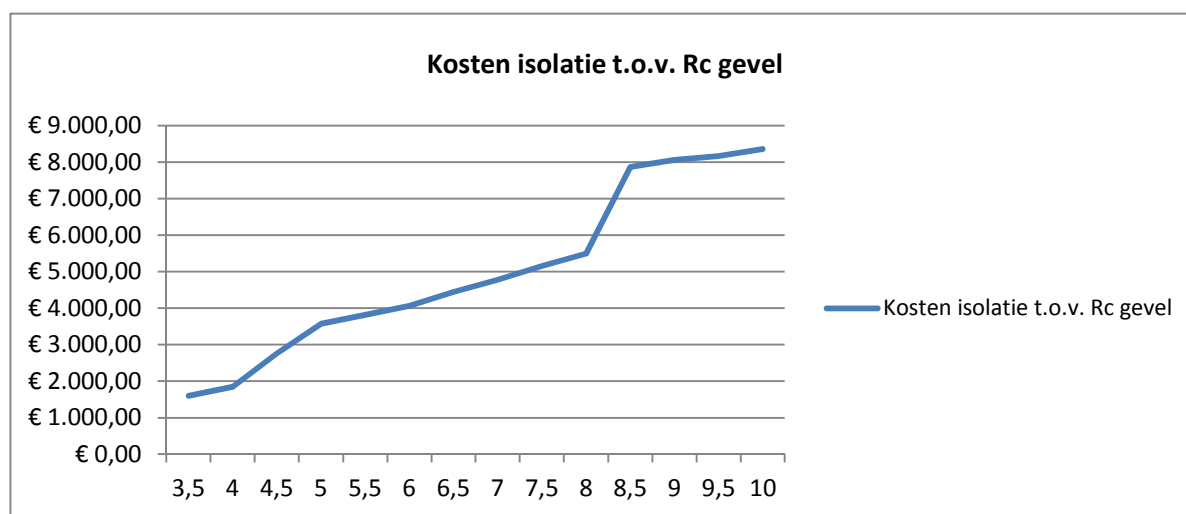
Toelichting kosten

De kosten voor de spouwisolatie zijn opgebouwd uit isolatiemateriaal, spouwlaten en arbeid. In eerste instantie hebben we de aanschafkosten van het isolatiemateriaal. Aan de dikte van het isolatiemateriaal is de breedte van de spouwlat gekoppeld. Deze spouwlat is principe altijd van toepassing. Dit geldt ook voor de post arbeid. Het aanbrengen van 1 laag isolatie is standaard, dus hoeft niet bij elk soort isolatie te worden meegenomen.

Soms is het echter het geval dat er bovenop de 'basis' extra materiaal of arbeid nodig is om met deze isolatiedikte te werken. Wanneer dit het geval is, worden er meerkosten berekend. Dit kan zijn wanneer er bredere spouwlaten moeten worden toepast. Wanneer er met 2 lagen isolatie moet worden gewerkt, worden er extra kosten gerekend voor het aanbrengen van de 2^e laag isolatie. De meerkosten voor het aanbrengen van de 2^e laag is opgenomen in de kostenpost 'Kosten per m2'. De post arbeid bedraagt €3,50/m2 excl. BTW. In het onderzoek zijn geen extra kosten opgenomen voor extra brede vensterbanken en aftimmermateriaal.

Rc	Isolatie m2	Kosten per m2	Kosten isolatie	Meerk spwlat	Totaal kosten	Cummulatief
3,5	235	€ 6,80	€ 1.598,00	0	€ 1.598,00	0
4	235	€ 7,85	€ 1.844,75	€ 0,00	€ 1.844,75	€ 246,75
4,5	235	€ 11,50	€ 2.702,50	€ 50,00	€ 2.752,50	€ 1.154,50
5	235	€ 15,18	€ 3.567,30	€ 0,00	€ 3.567,30	€ 1.969,30
5,5	235	€ 16,22	€ 3.811,70	€ 0,00	€ 3.811,70	€ 2.213,70
6	235	€ 17,26	€ 4.056,10	€ 0,00	€ 4.056,10	€ 2.458,10
6,5	235	€ 18,90	€ 4.441,50	€ 0,00	€ 4.441,50	€ 2.843,50
7	235	€ 20,13	€ 4.730,55	€ 50,00	€ 4.780,55	€ 3.182,55
7,5	235	€ 21,60	€ 5.076,00	€ 75,00	€ 5.151,00	€ 3.553,00
8	235	€ 23,08	€ 5.423,80	€ 75,00	€ 5.498,80	€ 3.900,80
8,5	235	€ 33,05	€ 7.766,75	€ 100,00	€ 7.866,75	€ 6.268,75
9	235	€ 33,86	€ 7.957,10	€ 100,00	€ 8.057,10	€ 6.459,10
9,5	235	€ 34,31	€ 8.062,85	€ 100,00	€ 8.162,85	€ 6.564,85
10	235	€ 35,13	€ 8.255,55	€ 100,00	€ 8.355,55	€ 6.757,55

Figuur 10



Figuur 11

In de bovenstaande grafiek zijn meerdere sprongen zichtbaar. Deze sprongen zijn verklaarbaar:

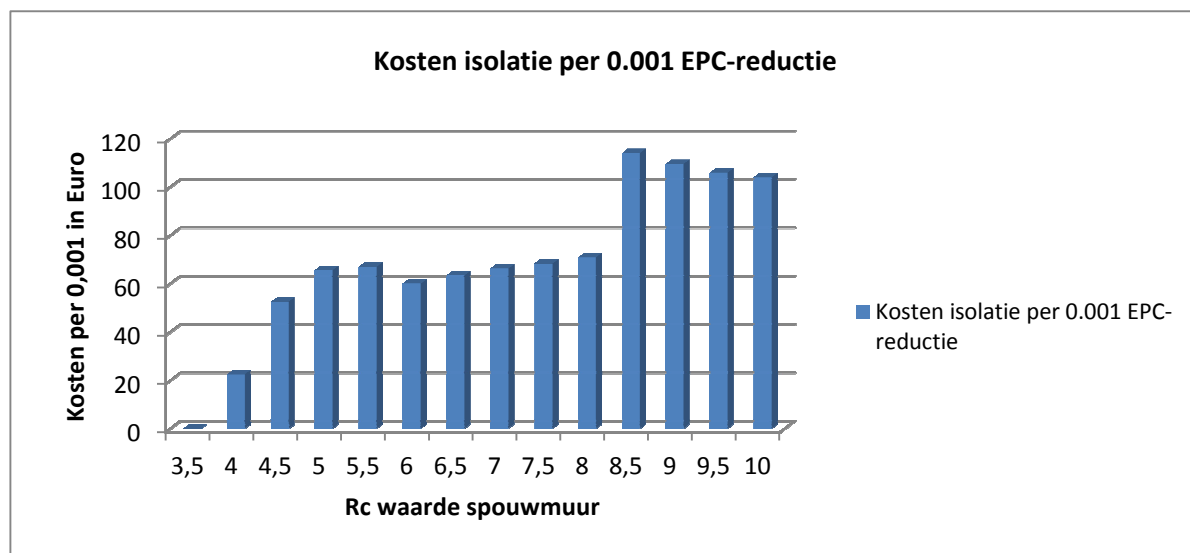
Sprong 1. Rc 4 – 4.5m².K/W. Op dit punt moeten de fabrikanten van glaswol/steenwol veel aanpassingen aan het product doen om de isolatiewaarde te verhogen. Dit brengt extra kosten met zich mee.

Sprong 2. Rc 5.0m².K/W. De lijn stabiliseert hier. Dit wordt veroorzaakt doordat de 'basisplaat' van Kingspan relatief duur is, maar de navolgende isolatiediktes worden naar verhouding minder duur dan de basisplaat (in verhouding isolatiewaarde/dikte)

Sprong 3. Rc 8 – 8.5m².K/W. Op dit punt is het noodzakelijk te gaan werken met dubbele lagen PIR-isolatie. Dit geeft extra arbeid op de bouwplaats van €3,50/m². Ook de spouwlaten moeten worden verzwakt om de extreem grote spouw te overbruggen. Dit brengt ook kosten met zich mee.

Rc gevel	Meerkosten cumm	Reductie	€/0,001
3,5	€ 0,00	0,000	0
4	€ 246,75	0,011	22,43
4,5	€ 1.154,50	0,022	52,48
5	€ 1.969,30	0,030	65,64
5,5	€ 2.213,70	0,033	67,08
6	€ 2.458,10	0,041	59,95
6,5	€ 2.795,33	0,044	63,53
7	€ 3.182,55	0,048	66,31
7,5	€ 3.553,00	0,052	68,33
8	€ 3.900,80	0,055	70,92
8,5	€ 6.268,75	0,055	113,98
9	€ 6.459,10	0,059	109,48
9,5	€ 6.564,85	0,062	105,88
10	€ 6.757,55	0,065	103,96

Figuur 12



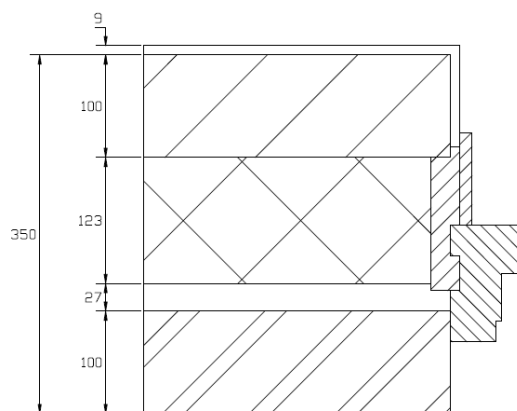
Figuur 13

Praktische haalbaarheid

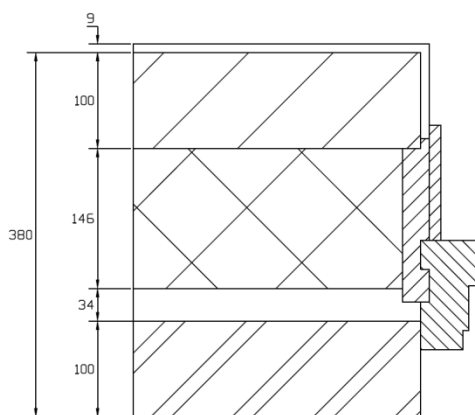
Rc-waarde	Type isolatie	Merk	Dikte	Rd-waarde
3.5	Glaswol	Ursa Walltec	100mm	3.00
4	Glaswol	Knauf Cavitec	115mm	3.60
4.5	Steenwol HP	Rockwool 433 HP	135mm	4.44
5	PIR-hardschuim	Therma TW50	107mm	4.65
5.5	PIR-hardschuim	Therma TW50	120mm	5.20
6	PIR-hardschuim	Kingspan K8	123mm	5.85
7	PIR-hardschuim	Kingspan K8	146mm	6.95
8	PIR-hardschuim	Kingspan K8	169mm	8.05
8.5	PIR-hardschuim	Kingspan K8	87 + 98mm	8.75
9	PIR-hardschuim	Kingspan K8	98 + 98mm	9.30
9.5	PIR-hardschuim	Kingspan K8	123 + 76mm	9.45
10	PIR-hardschuim	Kingspan K8	123 + 87mm	9.95

Figuur 14

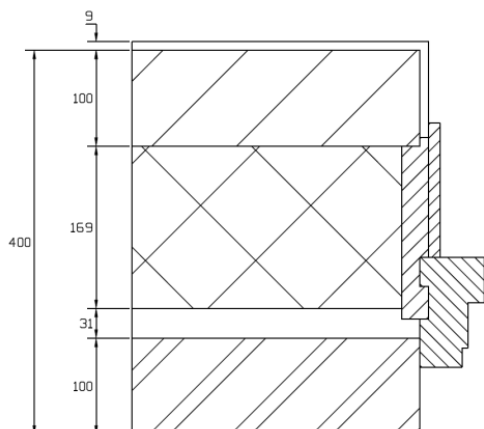
Spouwmuurconstructie met isolatie tot 123mm (tot Rc 6.0)



Spouwmuurconstructie met isolatie 146mm (Rc 7.0)



Spouwmuurconstructie met isolatie 169mm (Rc 8.0)



Conclusie spouwisolatie

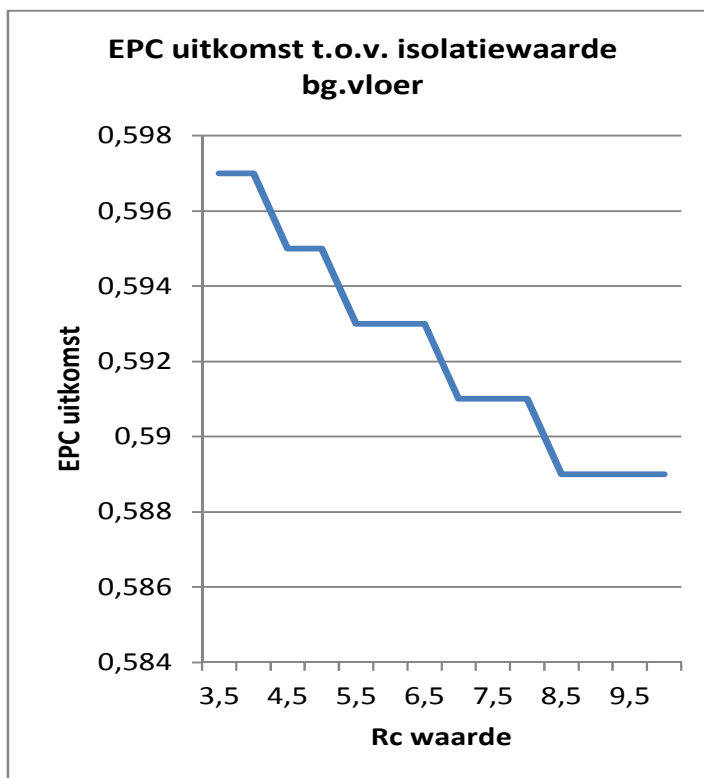
EPC-reductie	De grootste reductie vindt plaats tot een Rc-waarde van 5.0.
Kosten per 0.001	Tot en met Rc 4.5 zijn de kosten relatief laag, max. €52,48. Van 5.0 t/m 8.0 zijn de kosten stabiel tussen €60-70. Bij een Rc van 8.5 en hoger zijn de kosten 175% ten opzichte van de kosten tussen 5.0-8.0.
Praktisch	Tot en met Rc 8.0 is het praktisch goed uitvoerbaar. Boven 8.0 moet er dubbel worden geïsoleerd en moeten er extreem brede spouwlatten worden toegepast. Praktische uitvoerbaarheid wordt daarom minder.
Samenvatting	Isoleren is het meest gunstig tot een Rc 5.0. Tot deze waarde treedt de grootste EPC-reductie op. Daarboven is het financieel niet aantrekkelijk, maar de randvoorwaarden worden wel minder gunstig. Hierbij moet worden gedacht aan duurder aftimmermateriaal, bredere (dus duurdere) vensterbanken.

6.3 Begane grondvloer

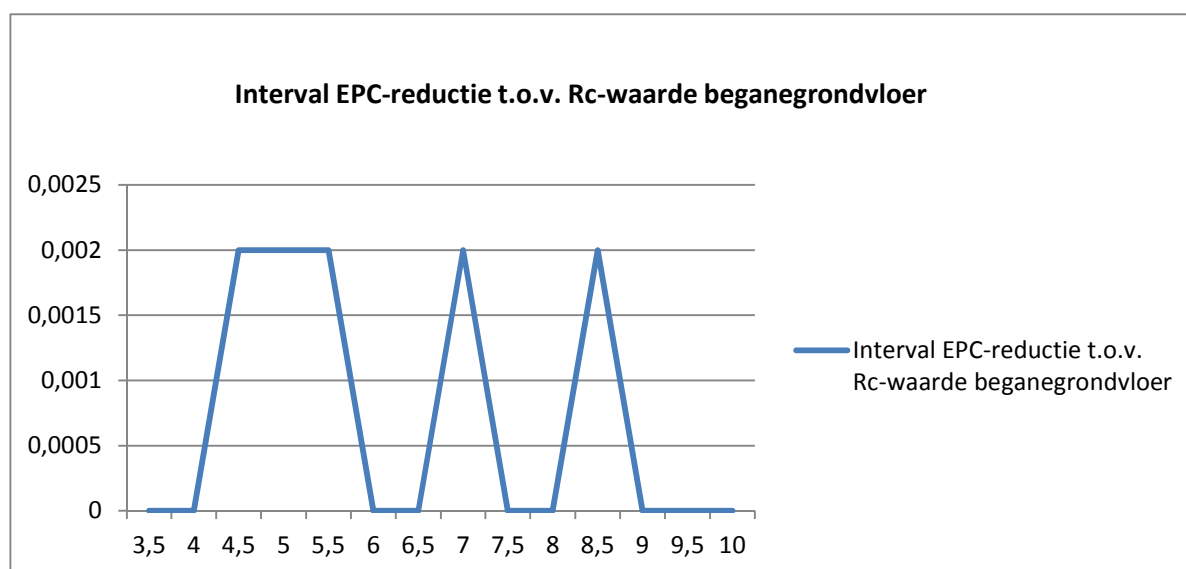
In tegenstelling tot de gevel en het dak wordt er aan de isolatiewaarde van de begane grondvloer niet veel aandacht gegeven. De reden hiervan is dat warmte altijd stijgt. De meeste warmte gaat dus verloren via het dak, in mindere mate door de gevel en het minst door de begane grondvloer. Hoewel de verwachting is dat hier geen spectaculaire resultaten worden geboekt, wordt dit onderdeel toch onderzocht op het mogelijk realiseren van EPC-reductie.

Rc	EPC	Interval
3,5	0,597	0
4	0,597	0
4,5	0,595	0,002
5	0,595	0,002
5,5	0,593	0,002
6	0,593	0
6,5	0,593	0
7	0,591	0,002
7,5	0,591	0
8	0,591	0
8,5	0,589	0,002
9	0,589	0
9,5	0,589	0
10	0,589	0

Figuur 15



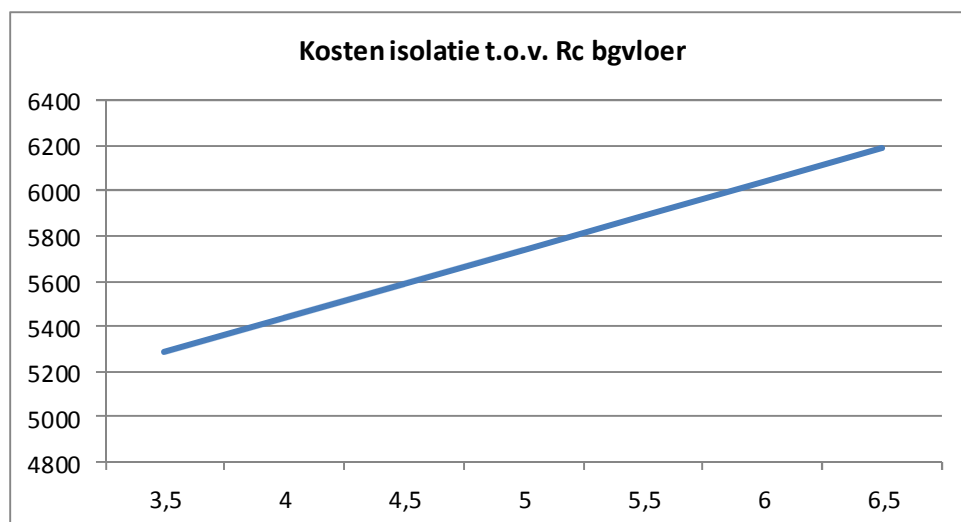
Figuur 16



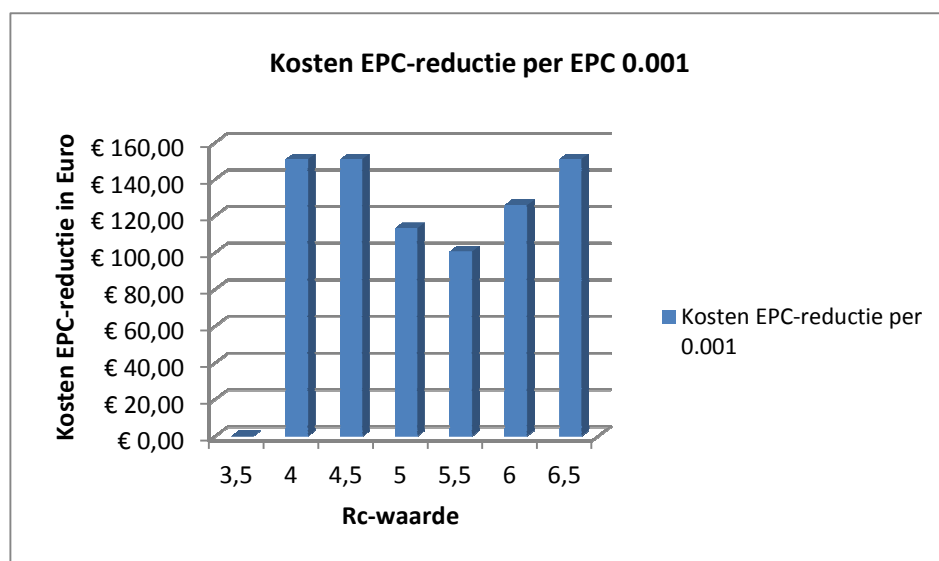
Figuur 17

Rc-waarde	m2 opp	€/m2	totaal	Cumm	Reductie	€/0,001
3,5	151	€ 35,00	€ 5.285,00	0	0	€ 0,00
4	151	€ 36,00	€ 5.436,00	151	0	€ 151,00
4,5	151	€ 37,00	€ 5.587,00	302	0,002	€ 151,00
5	151	€ 38,00	€ 5.738,00	453	0,004	€ 113,25
5,5	151	€ 39,00	€ 5.889,00	604	0,006	€ 100,67
6	151	€ 40,00	€ 6.040,00	755	0,006	€ 125,83
6,5	151	€ 41,00	€ 6.191,00	906	0,006	€ 151,00

Figuur 18



Figuur 19



Figuur 20

Praktische haalbaarheid

Om een begane grondvloer een bepaalde isolatiewaarde te geven wordt er isolatiemateriaal aan de onderzijde van de vloer bevestigd. Hierbij wordt gebruik gemaakt 2 types polystyreen, namelijk 'grijs' en 'wit'. De grijze polystyreen heeft een hogere isolatiewaarde dan de witte polystyreen. Om te voorkomen dat begane grondvloeren extreem dik of duur worden, wordt bij een lage isolatiewaarde gebruik gemaakt van de goedkope witte polystyreen (om kosten te besparen), en bij hoge isolatiewaarden grijze polystyreen (om dikte te besparen)

De isolatiewaarden Rc 5.5 en 6.0 worden over het algemeen niet toegepast volgens vloerenleverancier EBM. De vraag naar deze isolatiewaarden is nihil. Op verzoek is het wel mogelijk deze isolatiewaarden geleverd te krijgen.

In theorie zou een grotere vloerdikte ook extra grondwerk met zich meebrengen omdat de bouwput dieper moet worden uitgegraven. We hebben het in dit geval over maximaal 7cm (tussen Rc 3.5 en 6.5). Bij

Dikte isolatie onder vloer		
Rc-waarde	Type isolatie	Dikte
3.5	Wit	13
4.0	Wit	15
4.5	Wit	17
5.0	Wit/grijs	19wit/15grijs
5.5	Grijs	17
6.0	Grijs	19
6.5	Grijs	20

Figuur 21

een woningoppervlak van 100m² is er dan sprake van 7m³ extra grondwerk. Ten opzichte van de meerkosten materiaal vloer zijn deze meerkosten verwaarloosbaar en worden daarom niet meegenomen in de kosten.

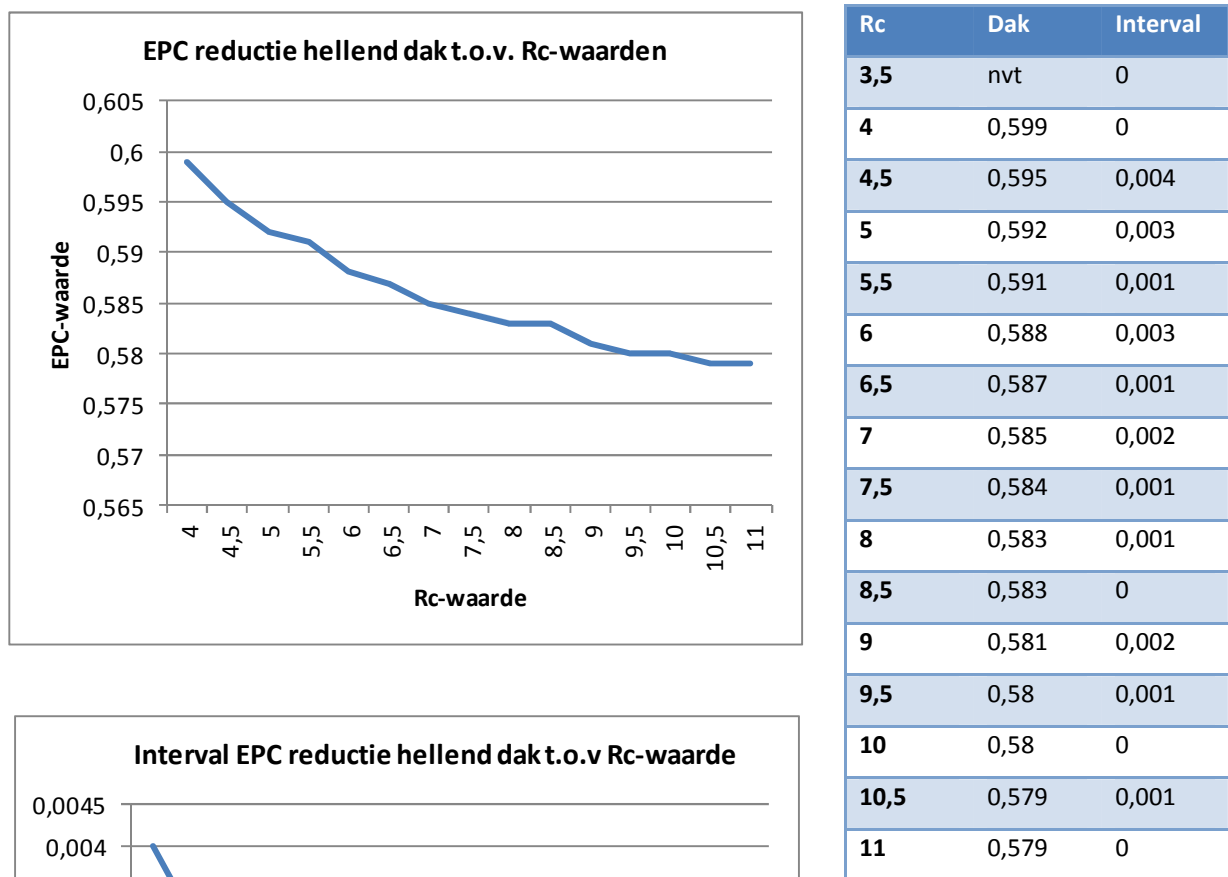
Conclusie

EPC-reductie	Enige mate van reductie is alleen sprake tussen Rc 4.5 en 5.5.
Kosten per 0.001	De kosten voor de reductie liggen tussen de €100-150/0.001. Wanneer er wordt gekeken naar het effect naar verhouding met spouwisolatie, zijn de kosten voor de EPC-reductie bij de begane grondvloer hoger dan bij de spouwmuur.
Praktisch	De praktische uitvoerbaarheid is goed. Alleen dient bij zeer hoge isolatiewaarden de bouwput enkele centimeters dieper te worden uitgegraven. De isolatiewaarden 5.5 en 6.0 zijn in de praktijk moeilijk verkrijgbaar.
Samenvatting	Het hoogwaardig isoleren van de begane grondvloer is interessant. De verhouding tussen kosten en reductie is grillig. De reductie die met behulp van de begane grondvloer kan worden gemaakt is klein. In een complete EPC-berekening kan dit als verwaarloosbaar overkomen.

6.4 Dak

Hellend dak

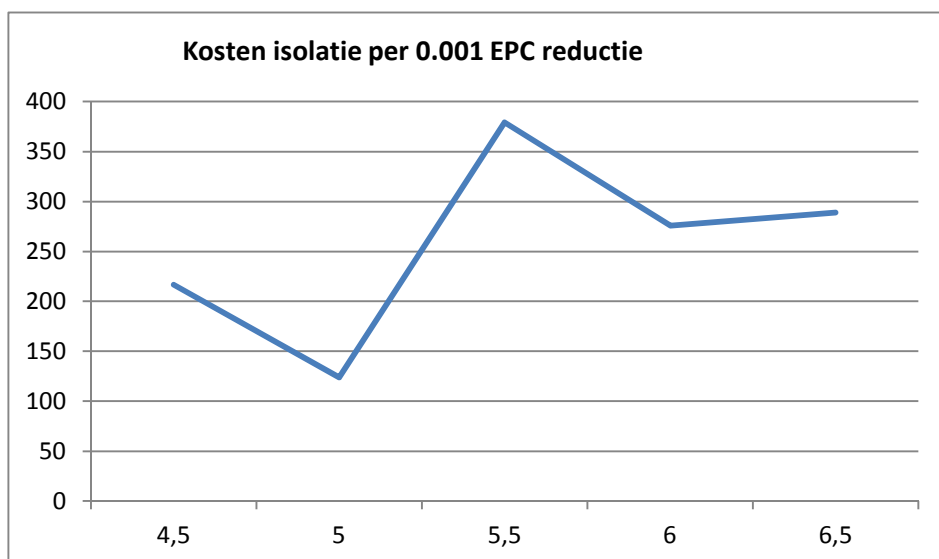
Het hellende dak betreft evenals de gevel een groot gedeelte van het uitwendig oppervlak van een woning. Wanneer op dit onderdeel de isolatiewaarde wordt gewijzigd, moet dit gevolgen hebben voor de EPC. In dit deel van het onderzoek wordt onderzocht wat de EPC-reductie is ten opzichte van verschillende Rc-waarden van het hellende dak. Dat theorie en praktijk nog niet altijd op een lijn liggen, wordt in dit onderdeel zichtbaar. Met Uniec2.0 is het mogelijk om een isolatiewaarde te berekenen tot Rc 11,0, terwijl in de praktijk de prefab kap leverancier nog niet verder komt dan Rc 6.6 in verband met praktische uitvoerbaarheid.



Figuur 22

Hellend dak					
Rc	Dak	Interval	Meerkosten	EPC cumm	Euro/0,001
3,5	nvt	0	0	0	0
4	0,599	0	390,24	0	0
4,5	0,595	0,004	867,2	0,004	216,8
5	0,592	0,003	867,2	0,007	123,88
5,5	0,591	0,001	3035,2	0,008	379,4
6	0,588	0,003	3035,2	0,011	275,93
6,5	0,587	0,001	3468,8	0,012	289,07
7	0,585	0,002	x	x	x
7,5	0,584	0,001	x	x	x
8	0,583	0,001	x	x	x
8,5	0,583	0	x	x	x
9	0,581	0,002	x	x	x
9,5	0,58	0,001	x	x	x
10	0,58	0	x	x	x
10,5	0,579	0,001	x	x	x
11	0,579	0	x	x	x

Figuur 23



Figuur 24

Toelichting

Het verloop van de kosten van een m2 prefab kapconstructie is grillig. Dit heeft de volgende redenen:

- Rc 3.5m²k.W. Bij deze Rc-waarde wordt geïsoleerd met Systemroll 200 155mm. Met deze isolatie kan de minimum eis worden gehaald. In de praktijk goed uitvoerbaar.
- Rc 4.0 m²k.W. Systemroll 400 190mm. Een dikkere variant van Systemroll 200 en heeft een hogere isolatiewaarde. Praktisch goed uitvoerbaar. Wordt veel toegepast.
- Rc 4.5 + 5.0 m²k.W. Systemroll 400 220mm. Wordt zowel bij Rc 4.5 als 5.0 toegepast. Door de toepassing van bepaalde houtpercentages is het mogelijk om met dezelfde isolatie verschillende Rc-waardes te werken. De waarde 5.0 wordt meer toegepast dan 4.5 in verband met de gunstige prijs.
- Rc 6.1 m²k.W. Bij deze hoge Rc-waarde wordt gewerkt met Systemroll 1000 240mm. Omdeze Rc-waarde te behalen wordt er gewerkt met 2 lagen isolatie. Dit isolatietype heeft een andere persing en daardoor een hogere Rd-waarde. Dakplaat wordt fors duurder i.v.m. duurdere isolatie + houten sporen worden stuk duurder omdat deze apart moeten worden gemaakt.
- Rc 6.6 m²k.W. Systemrol 260mm. Deze dakopbouw is relatief weinig duurder dan 6.1 omdat principe hetzelfde blijft, alleen nog dikker. Ook 2 lage isolatie en dure sporen.

Hogere isolatiewaarden zijn haalbaar, alleen weer een stuk duurder dan 6.6 omdat er met samengestelde liggers moet worden gewerkt, gemaakt van ander materiaal dan hout. Van deze opbouw is het niet mogelijk een m2-prijs te berekenen omdat er per project moet worden bekeken wat de benodigde constructie is. Op basis daarvan worden de elementen ingekocht en wordt de prijs bepaald. In dit overzicht is het niet mogelijk daar een betrouwbaar kengetal voor te krijgen.

Conclusie

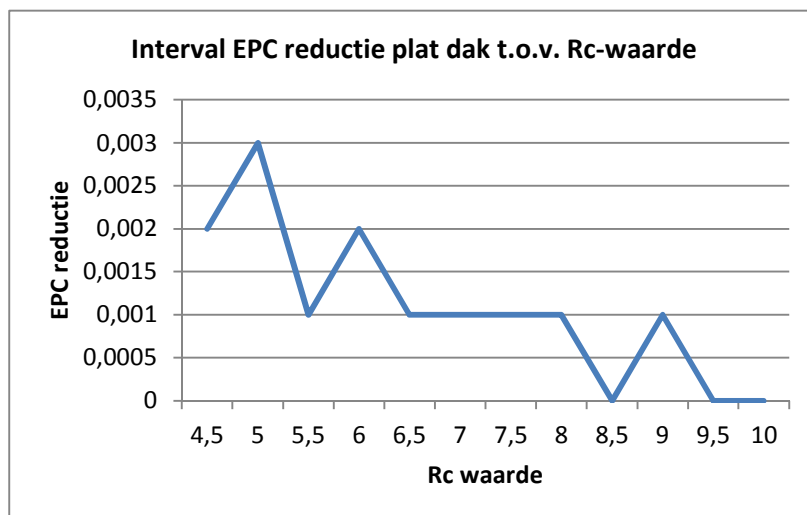
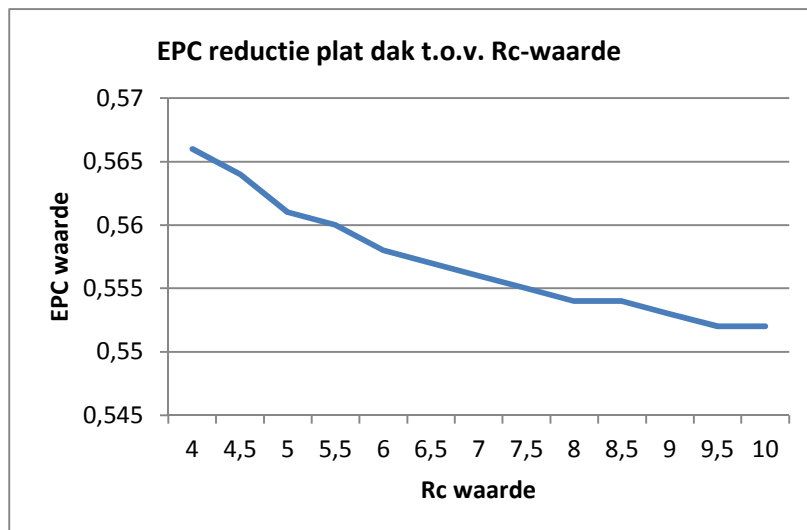
EPC-reductie	Op het onderdeel dak is het goed mogelijk een EPC-reductie te realiseren. De reductie verloopt echter vrij grillig. Een hogere isolatiewaarde wil niet altijd relatief veel reductie geven.
Kosten per 0.001	Aangezien de reductie vrij grillig verloopt, gaat dit voor de kosten ook zo. De Rc-waarde 5.0 komt hier het meest gunstig uit met € 123,88.
Praktisch	Het is praktisch goed haalbaar om met hoge Rc-waarden in de kap te werken. Hoewel bij de productie verschillende maatregelen moeten worden getroffen, is het praktisch goed uitvoerbaar.
Samenvatting	Een goed geïsoleerde kap kan veel EPC-reductie opleveren. Belangrijk is om het juiste punt te kiezen wat veel EPC-reductie geeft tegen relatief weinig kosten. Praktisch is het goed uit te voeren, al geeft een hoog geïsoleerde kap in de productie veel extra werk.

Plat dak

Bij de standaard modellen is er meestal sprake van een hellend dak. Daarnaast zijn er echter ook woningen met platte daken. Deze platte daken vallen in een hele andere categorie dan de hellende daken. Nog eenvoudiger dan bij hellende daken kan het plat dak voorzien worden van een dikke laag isolatie. Wat de gevolgen voor de energieprestatie zijn, wordt in dit gedeelte onderzocht.

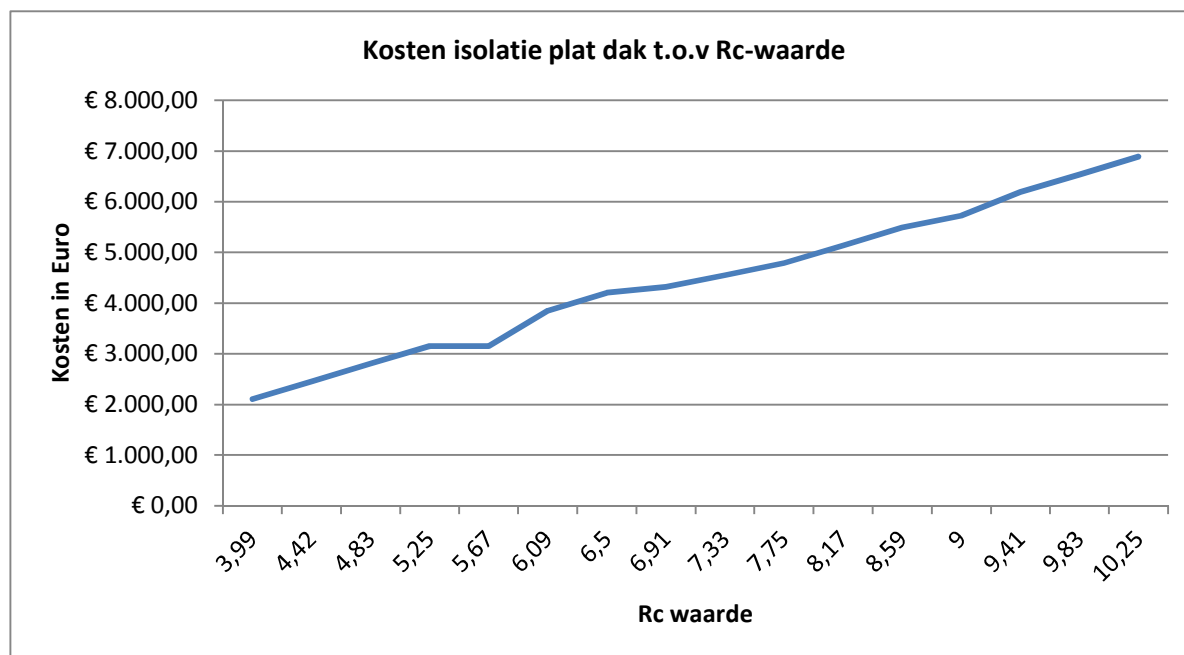
Rc	EPC	Interval
4	0,566	0
4,5	0,564	0,002
5	0,561	0,003
5,5	0,56	0,001
6	0,558	0,002
6,5	0,557	0,001
7	0,556	0,001
7,5	0,555	0,001
8	0,554	0,001
8,5	0,554	0
9	0,553	0,001
9,5	0,552	0
10	0,552	0

Figuur 25

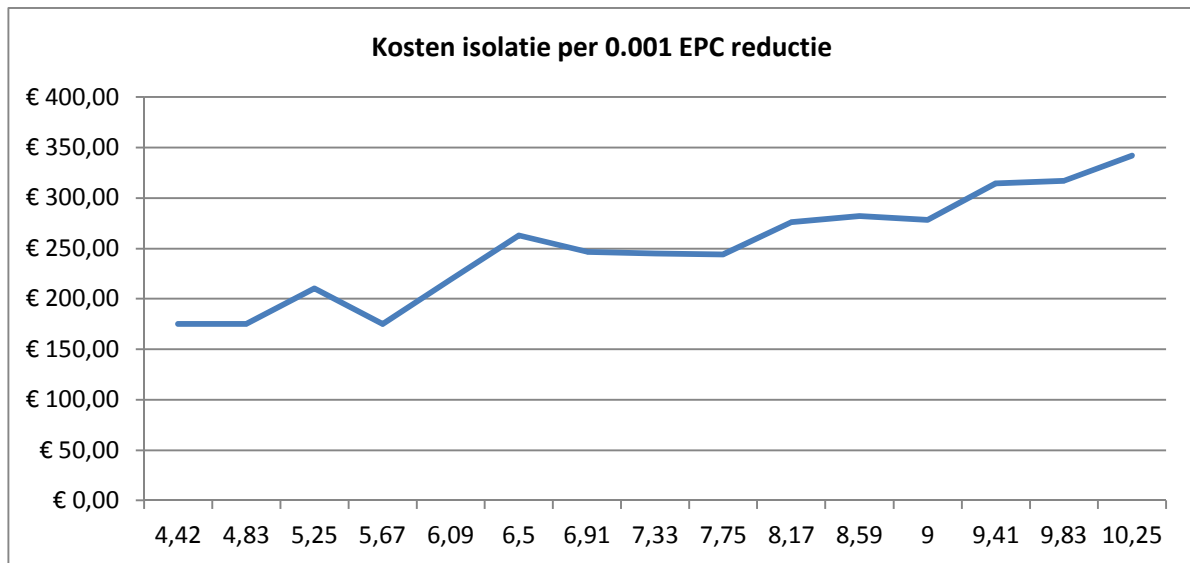


Dikte	Rd	Rc	Kosten/m2	m2	Kost totaal	Meerkosten	Cumm	Euro/0,001
90	3,75	3,99	€ 18,00	116,8	€ 2.102,40	€ 0,00	0	€ 0,00
100	4,17	4,42	€ 21,00	116,8	€ 2.452,80	€ 350,40	0,002	€ 175,20
110	4,58	4,83	€ 24,00	116,8	€ 2.803,20	€ 700,80	0,004	€ 175,20
120	5	5,25	€ 27,00	116,8	€ 3.153,60	€ 1.051,20	0,005	€ 210,24
130	5,42	5,67	€ 27,00	116,8	€ 3.153,60	€ 1.051,20	0,006	€ 175,20
140	5,84	6,09	€ 33,00	116,8	€ 3.854,40	€ 1.752,00	0,008	€ 219,00
150	6,25	6,5	€ 36,00	116,8	€ 4.204,80	€ 2.102,40	0,008	€ 262,80
160	6,66	6,91	€ 37,00	116,8	€ 4.321,60	€ 2.219,20	0,009	€ 246,58
170	7,08	7,33	€ 39,00	116,8	€ 4.555,20	€ 2.452,80	0,01	€ 245,28
180	7,5	7,75	€ 41,00	116,8	€ 4.788,80	€ 2.686,40	0,011	€ 244,22
190	7,92	8,17	€ 44,00	116,8	€ 5.139,20	€ 3.036,80	0,011	€ 276,07
200	8,34	8,59	€ 47,00	116,8	€ 5.489,60	€ 3.387,20	0,012	€ 282,27
210	8,75	9	€ 49,00	116,8	€ 5.723,20	€ 3.620,80	0,013	€ 278,52
220	9,16	9,41	€ 53,00	116,8	€ 6.190,40	€ 4.088,00	0,013	€ 314,46
230	9,58	9,83	€ 56,00	116,8	€ 6.540,80	€ 4.438,40	0,014	€ 317,03
240	10	10,25	€ 59,00	116,8	€ 6.891,20	€ 4.788,80	0,014	€ 342,06

Figuur 26



Figuur 27



Figuur 28

Toelichting

Vanaf 120mm dikke isolatie dient er met een dubbele laag te worden geïsoleerd. Dit brengt op het onderdeel arbeid extra werk en dus kosten met zich mee.

Conclusie

EPC-reductie	Van reductie is zeker sprake, maar ten opzichte van de handelingen die moeten worden gedaan, is het niet erg veel.
Kosten per 0.001	Tot Rc 5.5m ² .K/W is het in verhouding tot de rest relatief goedkoop (€175). Daarboven is het meer dan €200.
Praktisch	Het hoogwaardig isoleren van het platte dak is goed uitvoerbaar. Langs de dakrand dient wel een verjonging in de isolatie te worden gemaakt om te voorkomen dat er enorme boeidelen nodig zijn. Bij een balkon kunnen er wel moeilijkheden ontstaan omdat de opstap naar het platte dak erg hoog wordt.
Samenvatting	Het hoogwaardig isoleren van het platte dak geeft zeker een EPC-reductie. Boven een Rc 5.5 wordt het een dure aangelegenheid ten opzichte van de reductie. Praktisch is het goed uit te voeren, al dient er met bepaalde zaken zoals balkons en boeidelen wel rekening te worden gehouden.

7. Kozijnen

Algemeen

Kozijnen vormen een zwak punt in de schil van een woning ten opzichte van de omliggende spouwmuur. Over het algemeen vormt de spouwmuur het grootste gedeelte van deze schil, maar de oppervlakte, en daarmee ook de invloed, van de kozijnen mag niet worden verwaarloosd. Om een goed beeld te hebben van de invloed van dit bouwdeel, is er onderzocht wat het effect is op de EPC wanneer er met verschillende hoogwaardig geïsoleerde kozijnen wordt gewerkt. Het uitgangspunt zijn de kozijnen die door de afdeling Machinale houtbewerking van Bouwbedrijf Mulder Elspeet worden gemaakt. Deze kozijnen worden in de berekening meegenomen met een U-waarde van $1,64 \text{ W/m}^2\text{K}$. Volgens Bouwbesluit mag de U-waarde van een kozijn niet hoger zijn dan $1.65 \text{ W/m}^2\text{K}$. Op de markt zijn momenteel ook leveranciers die kozijnen aanbieden met een zeer lage U-waarde. Dit kan worden gerealiseerd met een isolatiestrook in de houtconstructie, door middel van 3-bladig glas of een combinatie van deze factoren.

Driebladig glas.

Het toepassen van 3-bladig glas wordt steeds minder ongewoon nu er meer gestreefd wordt de U-waarde van het kozijn naar beneden te krijgen. Aangezien het glas een groot oppervlak bestrijkt van een kozijn, heeft dit veel invloed op de totale U-waarde van het kozijn. Gevolg van de toepassing van 3-bladig glas is wel dat de dikte met meer dan 50% toeneemt. Momenteel is er HR++ glas verkrijgbaar met een U-waarde van $1.0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dit glas is 24mm dik, en dat ligt vlak bij 3-bladig met dezelfde isolatiewaarde (28mm). Daar is in principe geen voordeel te halen. Het zijn de extreem lage U-waarden die interessant zijn om de isolatiewaarde van een kozijn gunstiger te maken. In dit geval is U-waarde $0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$ het meest interessant omdat daar het hoogste resultaat mee wordt gehaald.

U-waarde	Glas compositie	Spouwdikte	Totale glasdikte
0.6 W/m²K	4mm low-e / 15mm + argon / 4mm / 15mm + argon / 4mm low-e	2 x 15mm	42mm
0.7 W/m²K	4mm low-e / 12mm + argon / 4mm / 12mm + argon / 4mm low-e	2 x 12mm	36mm
0.8 W/m²K	4mm low-e / 10mm + argon / 4mm / 10mm + argon / 4mm low-e	2 x 10mm	32mm
1.0 W/m²K	4mm low-e / 8mm + argon / 4mm / 8mm + argon / 4mm low-e	2 x 8mm	28mm

Figuur 29. Bron: www.evmglass.com

Wat het effect van de toepassing van triple-glas in de bestaande detaillering van de kozijnen zal zijn is niet exact bekend. Wanneer er gekeken wordt naar de opbouw van de kozijnen van Hebo, kan er wel een verwachting worden uitgesproken. De kozijnen van Hebo zijn door Nieman onderzocht en getest. Hiervan zijn rapporten gemaakt waarin de U-waarden wordt weergegeven.

Wanneer extra ruimte kan worden gecreëerd ten behoeve dan de toepassing van triple-glas is het mogelijk om een U-kozijn-waarde te realiseren van $U=1.31 \text{ W/m}^2\text{K}$. Deze aanname wordt gebaseerd op de volgende redenering: In de huidige situatie wordt glas toegepast met een U-waarde van $1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$. De U-waarde voor het kozijn komt dan op $1.64 \text{ W/m}^2\text{K}$. De U-waarde van het kozijn ligt dus $1.64 - 1.1 = 0.54$ boven U-glas. Bij de toepassing van glas met een U-waarde van $0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$, kan daar voor U-kozijn 0.54 bij op worden geteld. Samen geeft dat $U_{\text{glas}} 0.6 + U_{\text{extra kozijn}} 0.54 = 1.14 \text{ W/m}^2\text{K}$. Om marge in deze aanname te creëren wordt er een stap gemaakt naar de volgende U-kozijn-waarde: $1.31 \text{ W/m}^2\text{K}$. Op basis van deze waarde kan worden geconcludeerd dat er een EPC-reductie kan worden gerealiseerd van 0.026 wanneer U-kozijn wordt verlaagd van 1.64 naar $1.31 \text{ W/m}^2\text{K}$.

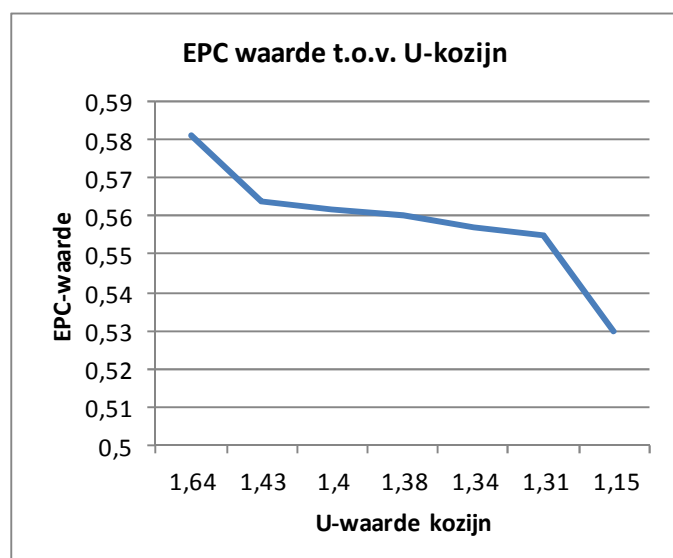
Voor de aanpassing van de kozijnprofilering naar triple-glas wordt een aanname gedaan voor €2.500 meerkosten om het geschikt te maken voor het dikkere glas. Daarbij komt nog €750,00 voor meerkosten van de overstap van HR++ naar tripleglas.

Overzicht

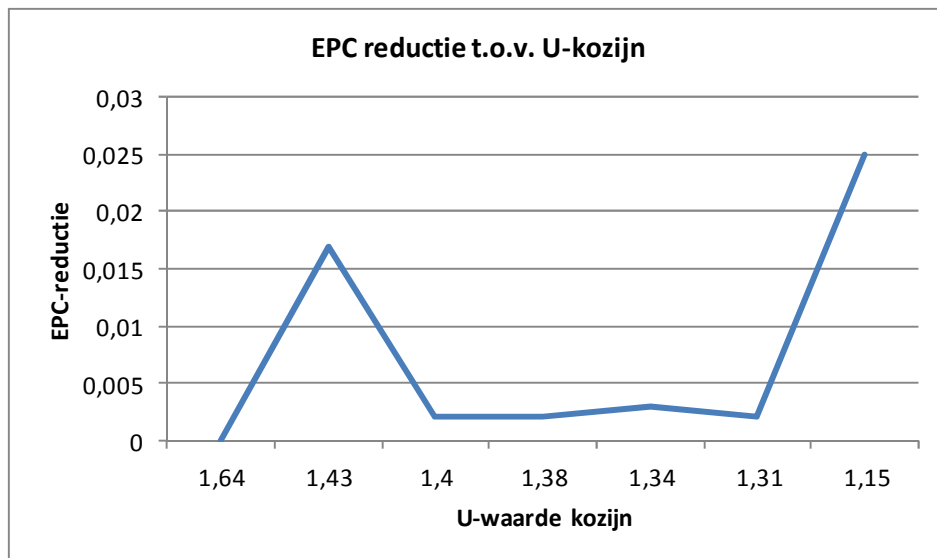
EPC reductie 1.64 naar 1.31	:	0.025
Kosten profilering kozijn	:	€ 2.500,00
Kosten HR++ naar triple	:	€ 750,00
Totale kosten Ukozijn 1.31	:	€ 3.250,00
Kosten per 0.001 reductie	:	€ 130,00

Of het in de praktijk haalbaar is om de kozijnprofilering zodanig aan te passen dat er gewerkt kan worden met triple-glas zal nog moeten worden onderzocht. In het kader van dit brede onderzoek treedt dit te ver in detail. Op basis van de aannames kan er echter een redelijk betrouwbare berekening worden gemaakt of het interessant is met lagere U-kozijn-waardes te gaan werken.

U-kozijn	EPC	Interval
1,64	0,581	0
1,43	0,564	0,017
1,4	0,562	0,002
1,38	0,56	0,002
1,34	0,557	0,003
1,31	0,555	0,002
1,15	0,53	0,025



Figuur 30



Kozijnen Woning Ernsting							
		BBME	BBME U=1,64	HEBO	HEBO U=1,38	HEBO U=1,15	
Merk	Aantal	Euro/stuk	Totaal	Euro/stuk	Totaal	Totaal	Afmeting
Koz 1	4	€ 559,00	€ 2.236,00	€ 767,00	€ 3.068,00	€ 3.528,20	1900x1800
Koz 2	4	€ 227,00	€ 908,00	€ 346,00	€ 1.384,00	€ 1.591,60	700x1600
Koz 2b	2	€ 560,00	€ 1.120,00	€ 621,00	€ 1.242,00	€ 1.428,30	600x1600
Koz 3	1	€ 702,00	€ 702,00	€ 749,00	€ 749,00	€ 861,35	1000x1400
Koz 4	1	€ 876,00	€ 876,00	€ 1.011,00	€ 1.011,00	€ 1.162,65	1600x1800
Koz 5	1	€ 1.079,00	€ 1.079,00	€ 1.296,00	€ 1.296,00	€ 1.490,40	2700x1600
Koz 6	3	€ 1.047,00	€ 3.141,00	€ 1.467,00	€ 4.401,00	€ 5.061,15	1050x2400
Koz 7	1	€ 1.812,00	€ 1.812,00	€ 2.655,00	€ 2.655,00	€ 3.053,25	2200x2400
Koz 8	1	€ 2.250,00	€ 2.250,00	€ 2.680,00	€ 2.680,00	€ 3.082,00	2400x2400
			€ 14.124,00		€ 18.486,00	€ 21.258,90	

Figuur 31

	BBME	HEBO	HEBO Thermo
U-kozijn	U 1,64	U 1,38	U 1,15
Kosten	€ 14.124,00	€ 18.486,00	€ 21.258,90
Reductie	0	0,021	0,051
Euro/0,001	€ 0,00	€ 207,71	€ 139,90

Figuur 32

Conclusie

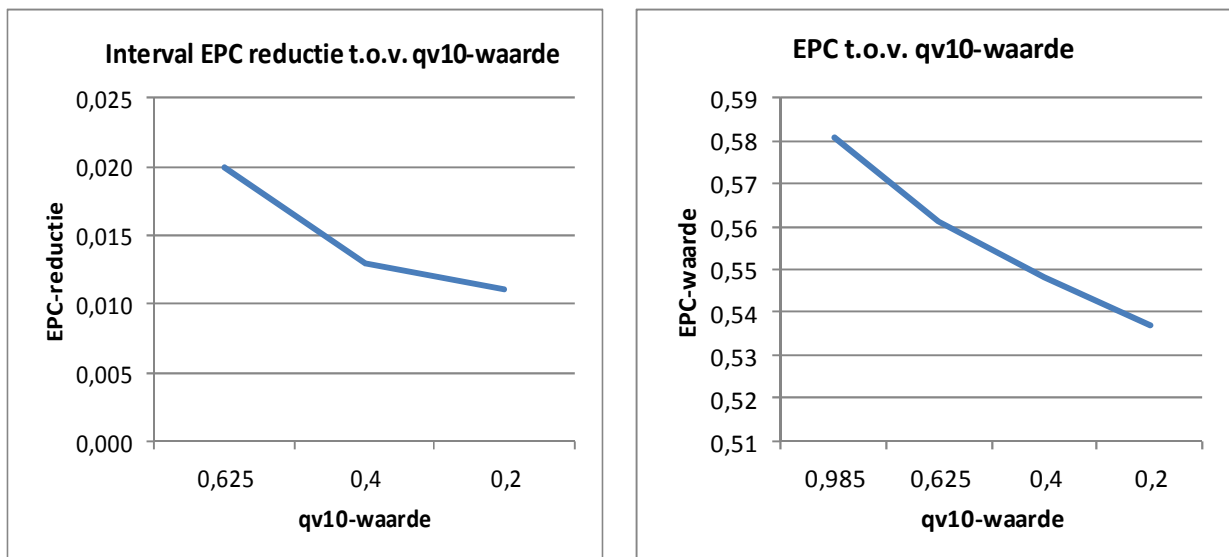
EPC-reductie	Met een lagere U-waarde voor kozijnen is het mogelijk een EPC-reductie te realiseren
Kosten per 0.001	Wanneer kozijnen worden toegepast van Hebo met U 1.38 geeft dit een reductie van 0.021. Dit kost €207,71 per 0.001 reductie. Wanneer er wordt onderzocht of dit binnen de eigen productielijn haalbaar is, kan er een reductie worden gerealiseerd van €130,00 / 0.001 reductie.
Praktisch	Het toepassen van kozijnen met een lager U-waarde geeft in de praktijk geen problemen.
Samenvatting	Kozijnen worden in verhouding met de omliggende spouwmuur een steeds zwakkere factor. De kosten om over te stappen naar een externe leverancier om beter geïsoleerde kozijnen toe te passen, kan niet interessant worden genoemd. In de kosten voor eigen productie is al een winstmarge verwerkt van de Machinale houtbewerking. Voor het bedrijf zou het omzetverlies geven wanneer er extern kozijnen worden afgenomen. Wanneer de eigen productielijn geschikt wordt gemaakt voor het toepassen van triple-glas kan dit wel interessant zijn. Dit dient in de praktijk nog nader te worden onderzocht.

8. Luchtdichtheid

De waarde van luchtdichtheid wordt steeds meer erkend. Mede door de goede waardering in een EPC-berekening blijkt hoe belangrijk het is dat luchtstromen beheersbaar zijn en dat een goede kierdichting het comfort verhoogd en dus een prettige leefomgeving garandeert. In dit deel van het onderzoek wordt onderzocht wat de EPC-reductie is ten opzichte van verschillende luchtdichtheidswaarden, weergegeven in 'qv10'.

qv10	EPC	Interval	Cumm
0,985	0,581	0,000	0,000
0,625	0,561	0,020	0,020
0,4	0,548	0,013	0,033
0,2	0,537	0,011	0,044

Figuur 33



Kosten reduceren qv10-waarde.

Met de onderstaande begrootte kosten moet het mogelijk zijn een qv10 waarde te behalen van 0.4. Op basis van ervaring van een collega aannemer (zie verslag interview met dhr. Nijkamp van Bouwbedrijf Kamphuis) kan dit worden gesteld. In de eerste 2 woningen zal deze qv10-waarde misschien nog niet worden gehaald, maar volgens de specialist van Bouwbedrijf Kamphuis is het mogelijk om op basis van ervaring uit voorgaande projecten snel beter luchtdicht te gaan bouwen. Een qv10-waarde van 0.2 is in de praktijk wel haalbaar, maar erg gevoelig en kan in de praktijk problemen geven. Deze problemen komen tot uiting wanneer bij een blowertest blijkt dat er niet wordt voldaan aan de gestelde norm. Het is op dat moment moeilijk om nog wel te gaan voldoen aan de gestelde norm van qv10 0.2.

POST	ONDERDEEL	KOSTEN
Kozijnen		
	Scharnieren	€ 65,00
	Tochtdichting	€ 25,00
Bouwplaats		
	PUR	€ 75,00
	Overige afdichting	€ 100,00
Personeel		
	Extra werk	€ 560,00
	Scholing	€ 25,00
Nazorg		
	Blowerdoortest	€ 300,00
	Kantoor	€ 140,00
Totaal kosten		€ 1.290,00

Figuur 34

Kosten maatregelen ten opzichte van EPC-reductie

Op basis van de gemaakte raming en de uitkomsten van het EPC-rekenprogramma kan worden vastgesteld dat de kosten per 0.001 EPC reductie €39,09 is. In verhouding met voorgaand onderzoek bij isolatiewaarden, is deze uitkomst erg gunstig.

Kozijnen

Voor goede kierdichting bij oplevering en in de toekomst dienen deuren te zijn voorzien van nastelbare scharnieren. Voor extra materiaalkosten ten behoeve van luchtdichte afdichtingen is een kostenpost opgenomen van €25,00.

Bouwplaats

Het meeste werk ten behoeve van luchtdichtheid moet op de bouwplaats worden uitgevoerd. De belangrijkste verschillen met het 'normale' bouwen zijn het gebruik van andere materialen en het aanbrengen van extra dichtingen. De verschillen ten opzicht van normaal:

- gebruik van flex-PUR in plaats van standaard PUR. Deze PUR is blijven flexibel en zorgt voor een betere luchtdichte afdichting
- afschuimen onderzijde van de meterkastplaat
- aftapen van diverse aansluitingen

- beter afschuimen van de kozijnen aan de spouwzijde met flex-PUR
- aanbrengen van extra afdichtingen in de kapconstructie
- nastellen van draaiende delen in kozijnen
- afschuimen van kanalen in kanaalplaatvloer met flex-PUR
- controleren of glaswerk degelijk wordt afgekit
- coördineren van blowerdoor-test

Personeel

Om een goede luchtdichtheid te garanderen is het belangrijk dat het bouwplaatspersoneel weet hoe hier mee moet worden omgegaan. Scholing is hierin essentieel. Daarnaast is er extra tijd nodig voor de manier van werken en het extra werk. Hiervoor zijn kosten opgenomen.

Nazorg

Wanneer er in de EPC-berekening niet wordt gekozen voor de forfaitaire waarde, mag de gemeenteambtenaar een bewijs eisen dat de woning is gebouwd volgens de luchtdichtheidswaarde die in de EPC-berekening is opgenomen. Deze waarde kan worden aangetoond met behulp een blowerdoortest. Deze test wordt gedaan door bedrijven die daar in zijn gespecialiseerd. Van de test wordt een rapport gemaakt waar onder andere de meetgegevens en advies is opgenomen. Wanneer de gemeten waarden voldoen aan de waarden uit de EPC-berekening is aangetoond dat de woning voldoet aan de eisen op het onderdeel luchtdichtheid volgens de EPC-berekening. Wanneer de gemeten waarden niet voldoen, dient de aannemer maatregelen te treffen om de woning wel te laten voldoen.

Om dit alles vanuit kantoor in goede banen te leiden, is er een post opgenomen van 4 manuur ten behoeve van deze nazorg.

Conclusie

EPC-reductie	Met een goede luchtdichtheid is het mogelijk een grote EPC-reductie te realiseren
Kosten per 0.001	Wanneer wordt uitgegaan van qv10 0.4, kost dit €39,09. Dit is maar 25% van het gemiddelde bedrag dat moet worden betaald bij reductie door middel van isoleren.
Praktisch	Goede luchtdichtheid vraagt een bewuste omgang met kierdichting en naden. In de praktijk prima uit te voeren.
Samenvatting	Een hoge mate van luchtdichtheid geeft een goede EPC-reductie en daarnaast ook een prettig wooncomfort. De kosten om de reductie te realiseren zijn een stuk lager dan bij isolatie van de schil.

9. Installatie

9.1 Ventilatie en infiltratie

Algemeen

Ventileren kan op meerdere manieren. Natuurlijke aanvoer, mechanische aanvoer, natuurlijke afvoer, mechanische afvoer. Wanneer er gekozen wordt voor een natuurlijke manier van ventileren, dan gebeurt dat in de meeste gevallen zonder energiegebruik. Roosters worden aangestuurd op basis van luchtdruk en vragen geen stroom. Voor de energieprestatie van de woning is dat gunstig. Hoe lager het energieverbruik van een woning, hoe gunstiger deze staat ten opzichte van het genormeerd energieverbruik.

Ventilatie is bij de energieprestatie nauw verbonden met infiltratie. Dit geeft in het onderzoek een spanningsveld omdat hier meerdere zaken spelen die van groot belang zijn voor het comfort van een woning. Zo is in NEN8088-1 vastgelegd dat afhankelijk van het ventilatiesysteem de infiltratiewaarde mag worden vastgesteld. Dit houdt voor het onderzoek het volgende in:

- qv_{10} 1,0dm³/s per m² bij natuurlijke aanvoer en mechanische afvoer
- qv_{10} 0,4dm³/s per m² bij mechanische toe- en afvoer.

In het onderzoek zou dit een spanningsveld geven:

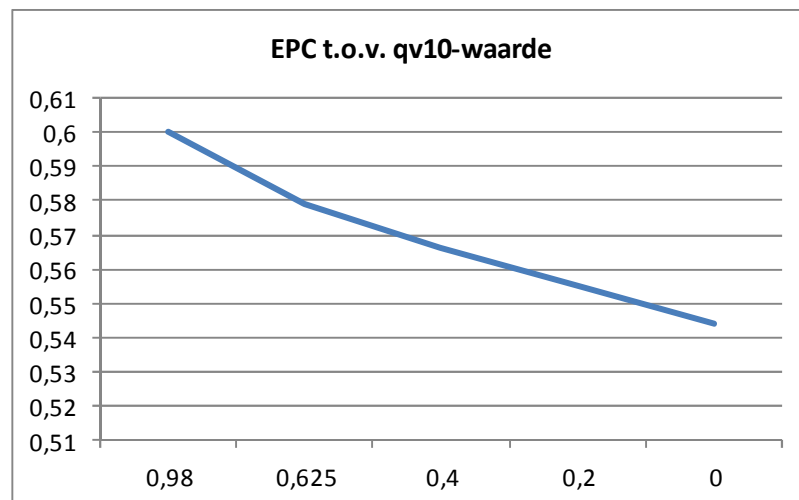
1. Concept B: Natuurlijke aanvoer, mechanische afvoer.
Natuurlijke aanvoer is energiezuinig, maar kan niet worden gecombineerd met een luchtdichtheidswaarde qv_{10} 0.4.
2. Concept C. Mechanische aan- en afvoer
Het gebruik van mechanische aanvoer vraagt energie en geeft daarom een minder gunstige uitgangspositie met betrekking tot energieverbruik. Voordeel is wel dat bij dit ventilatiesysteem het mogelijk is om te werken met een luchtdichtheidswaarde qv_{10} 0.4. Een goede luchtdichtheid bespaart veel energieverlies als gevolg van niet-controleerbare infiltratie.

Op basis van informatie die verstrekt is door adviesbureau PelserHartman kan echter worden gesteld dat het wel toegestaan is om met natuurlijke aanvoer te werken met qv_{10} 0,4, alleen valt dat wel onder verantwoordelijkheid van de uitvoerde partij en dient de qv_{10} waarde te worden aangetoond met een blowerdoortest.

De mate van luchtdichtheid heeft invloed op de energieprestatie van de woning. In de onderstaande tabel is weergegeven wat het effect is van de qv_{10} -waarde ten opzichte van de EPC.

qv10	EPC
0,98	0,6
0,625	0,579
0,4	0,566
0,2	0,555
0	0,544

Figuur 35



In Figuur .35 is duidelijk te zien wat het effect van de qv10-waarde is op de energieprestatie. In de praktijk is een waarde van 0.4 prima haalbaar, zo is ook gebleken uit interview met Niels Nijkamp van Bouwbedrijf Kamphuis. Het is met name het eigen maken van de werkmethode om een goede luchtdichtheid te creëren. Wanneer deze werkmethode een standaard is geworden, zullen de kosten gaan afnemen omdat de er minder inspanning hoeft te worden geleverd.

Om een goede indicatie te hebben van de te maken kosten is er een overzicht gemaakt van zaken die nodig zijn voor deze verhoogde luchtdichtheidswaarde.

Kozijnen

Het toepassen van nastelbare scharnieren. Voor deze kostenpost is een gemiddelde genomen van de 3 modelwoningen die in dit onderzoek zijn betrokken. Deze scharnieren worden geleverd door Buva (Atlas Control). Voor de ramen is geen post opgenomen omdat deze nu al nastelbare zijn. Daarnaast is er een post opgenomen voor het verbeteren van tocht dichting. Dit is een post voor hoogwaardiger materiaal dan tot nu toe wordt toegepast.

Bouwplaats

Voor een goede luchtdichtheid moeten gaten en naden worden afgedicht met pur. Hiervoor moet speciale flex-pur worden toegepast die blijvend flexibel is. Deze pur is duurder dan de standaard pur. Daarom is er op basis van 12 bussen een meerkostenpost opgenomen. Ook is er voor overige afdichtingen een post opgenomen. Dit zijn kosten voor het gebruik van tapes en andere kierdichtende materialen.

Personeel

Al het extra werk dat moet worden gedaan voor betere luchtdichtheid kost extra tijd (arbeid). Voor de extra handelingen is gedurende het hele project een kostenpost opgenomen van 16 manuur. Daarnaast is er een post opgenomen voor eenmalige scholing. Een deel daarvan wordt in deze post afgeschreven op dit project.

Nazorg

De gemeente heeft het recht een blowerdoortest te eisen om te controleren of er voldaan is aan de qv_{10} -waarde die in de EPC-berekening is aangegeven. Deze test brengt wel kosten met zich mee. Daarnaast dient er op kantoor het e.e.a. te worden geregeld. Ook daarvoor is een kostenpost opgenomen, totaal 4 manuur.

Een optelling van alle kosten geeft een meerkostenpost voor het realiseren van een hogere luchtdichtheidswaarde. Deze meerkostenpost kan worden weggezet tegen de reductie van de EPC.

-Verlaging v_{10} -waarde wordt verlaagd van 0.985 naar 0.4 $0.6 - 0.566 = 0.034$.

-De kosten voor deze reductie = €1.290,00

-Kosten reductie per 0.001 = $1.290 / 34 = € 37,94$

In verhouding zijn de kosten met bijv. isolatie erg laag (isolatie ong. €100,00 / 0.001 reductie).

Overzicht kosten luchtdichtheid $qv_{10} 0,4$		
Post	Onderdeel	Kosten
Kozijnen		
	Scharnieren	€ 65,00
	Tochtdichting	€ 25,00
Bouwplaats		
	PUR	€ 75,00
	Overige afdichting	€ 100,00
Personeel		
	Extra werk	€ 560,00
	Scholing	€ 25,00
Nazorg		
	Blowerdoortest	€ 300,00
	Kantoor	€ 140,00
Totaal kosten		€ 1.290,00

Figuur 36

Conclusie

EPC-reductie	Wanneer er een qv10-waarde van 0.4 wordt aangehouden geeft dit een reductie van 0.033.
Kosten per 0.001	De kosten voor deze reductie is €37,94 / 0.001
Praktisch	De verlaging is in de praktijk goed uit te voeren. Het heeft wel aandacht nodig bij de bouw, maar met goede scholing van het personeel moet het haalbaar zijn een qv10-waarde van 0.4 te realiseren.
Samenvatting	Een lagere qv10-waarde is erg interessant om de volgende redenen: • goedkoop een EPC-reductie realiseren • een woning wordt kwalitatief beter en het wooncomfort neemt toe • kosten zullen minder worden als het personeel de werkwijze eigen is.

9.2 Installatieconcepten

Algemeen

Als gevolg van de steeds strengere normen op het gebied van energiezuinigheid zijn de technici van de installatiebranche continu bezig met het ontwikkelen van installaties die de energieprestatie van een woning positief beïnvloeden. Gevolg hiervan is dat er een enorm aanbod is van installaties dat kan worden toegepast in een woning. Om in het belang van het onderzoek een overzichtelijk vergelijk te maken, zijn er een aantal installatieconcepten samengesteld die wezenlijk van elkaar verschillen en breed toepasbaar zijn in de vrije sector. De samenstelling van deze concepten is als volgt.

9.2.1 Concepten

Concepten met HR-ketel en natuurlijke toevoer en mechanische afvoer

Concept 1	HR107 ketel, natuurlijke toevoer en mechanische afvoer, zelfregulerende roosters en CO2 sturing
Concept 2	Concept 1 + douche wtw
Concept 3	Concept 1 + zonneboiler 4m2
Concept 4	Concept 1 + zonneboiler 6m2

Concepten met HR-ketel en WTW

Concept 5	HR107 ketel, WTW met CO2 sturing
Concept 6	Concept 5 + douche wtw
Concept 7	Concept 5 + zonneboiler 4m2
Concept 8	Concept 5 + zonneboiler 6m2

Concepten met HR-ketel en warmtepompboiler

- Concept 9 HR107ketel
 Ventilatie warmtepompboiler
 natuurlijke toevoer,
 zelfregulerende roosters en CO2 sturing
- Concept 10 Concept 9 + douche wtw

Concepten met warmtepomp

- Concept 11 Hybride warmtepomp
 HR107ketel
 Ventilatie warmtepompboiler
 natuurlijke toevoer,
 zelfregulerende roosters en CO2 sturing
- Concept 12 Warmtepomp met bodemwisselaar
 natuurlijke toevoer en mechanische afvoer,
 zelfregulerende roosters en CO2 sturing
- Concept 13 Warmtepomp met bodemwisselaar
 WTW met CO2 sturing

Om de vergelijking zoveel mogelijk gelijk te houden is uitgegaan van LT-verwarming door middel van vloerverwarming. Deze verwarming is met alle soorten opwekkers mogelijk en geeft ook in de EPC een gunstige uitgangspositie.

HR107-combiketel	
Model	Nefit Topline Compact HRC25
Toelichting	Model dat breed toepasbaar is in de vrije sector. HR107-ketel
Voordeel	Verzorgt zowel verwarming als warm tapwater
Nadeel	Eis warm tapwater afhankelijk van bewoner. Bij hogere eis dan capaciteit ketel moet er een duurdere variant worden gekozen.
Kosten	€2.000,00

Douche-WTW	
Model	Heitech Technea Douchepijp-wtw V3 2,1m
Toelichting	Aangesloten op koudepoort douchemengkraan en inlaat toestel Douche-WTW is breed toepasbaar
Voordeel	Wordt door EPC-berekening hoog gewaardeerd en kost relatief weinig
Nadeel	Verdieping onder badkamer is een pre zodat de pijp verticaal op ondergelegen verdieping kan geplaatst onder douchehoek . Wanneer dit niet het geval is moet er gebruik worden gemaakt van een douchegoot-WTW. Deze zijn 25% duurder. Een pijp-wtw is het uitgangspunt
Kosten	€750,00

Ventilatie (natuurlijke aanvoer, mechanische afvoer)	
Model	DucoTronic System CO2
Toelichting	Natuurlijke aanvoer d.m.v. elektronisch aangestuurde roosters. CO2-meting stuurt roosters aan. Mechanische afvoer door middel van centrale DucoBox.
Voordeel	Roosters zijn goedkoop (complete woning €1.000)
Nadeel	-Koude lucht 's winters en warme lucht zomers komen rechtstreeks de ruimte binnen -Roosters kunnen tochtklachten geven.
Kosten	€2.750,00

WTW	
Model	Itho Daalderop QualityFlow (HRU ECO RFT)
Toelichting	Ventilatiesysteem met centrale toevoer en WTW-functie. Werkt vraaggestuurd op basis van CO2 sensoren
Voordeel	Verse lucht aangevoerd op basis van luchtkwaliteit Verse lucht voorverwarmd, dus geen koude luchtvlagen
Nadeel	De prijs Onderhoud aan filters Geluidsproductie unit
Kosten	€4.500,00

Zonneboiler 3,98m2	
Model	Zonneboiler Acol 10m2 Brink Sunset 3,98m2
Toelichting	Zonneboiler met 2 panelen en 200liter vat (model CV2-200) Aangesloten op verwarming en warm tapwater
Voordeel	Bespaart zowel op warm tap water als op verwarming
Nadeel	Boiler neem ruimte in beslag Collectoren op het dak Rendabel bij regelmatig gebruik warm tapwater en verwarming.
Kosten	€4.500,00

Zonneboiler 5,97m2	
Model	Zonneboiler Acol 10m2 Brink Sunset 5,97m2
Toelichting	Zonneboiler met 23 panelen en 300liter vat (model CV3-300) Aangesloten op verwarming en warm tapwater
Voordeel	Bespaart zowel op warm tap water als op verwarming
Nadeel	Boiler neem ruimte in beslag Collectoren op het dak Rendabel bij regelmatig gebruik warm tapwater en verwarming.
Kosten	€5.500,00

Warmtepomp (bodem)	
Model	Atag Energion 6C
Toelichting	Warmtepomp haalt warmte uit de bodem door middel van bodemwarmtewisselaar. Naast de installatie is ook een bron nodig. Deze moet apart worden gemaakt ten behoeve van de installatie.
Voordeel	Kan woning ook koelen Wordt hoog gewaardeerd door EPC-software
Nadeel	Kosten voor bron + installatie Goede bron is noodzakelijk
Kosten	€17.000,00 (bron+installatie)

Warmtepompboiler	
Model	Inventum Ecolution 50 Combi
Toelichting	Warmteterugwinsysteem dat warmte uit ventilatieafvoerlucht haalt en dit teruggeeft aan warm tapwater of centrale verwarming.
Voordeel	Warmte in afgevoerde ventilatielucht wordt nuttig hergebruikt. Wordt hoog gewaardeerd door EPC-software
Nadeel	De omvang van de installatie is vrij groot (60x40x100cm)
Kosten	€3.500,00

Hybride warmtepompboiler	
Model	Itho Daalderop
Toelichting	Warmtepomp die warmte uit buitenlucht haalt en dit afgeeft aan verwarmingsinstallatie. Wordt bijgestaan door HR-ketel
Voordeel	Geen dure bron voor warmtepomp Hoog gewaardeerd door rekensoftware
Nadeel	Grote installatie Kast aan buitenzijde woning Maakt redelijk veel geluid
Kosten	€12.500,00

Figuur 37

Afgifte

-uitgangspunt is LT-verwarming omdat dit zeer energiezuinig is. Dit in combinatie met vloerverwarming voor het comfort. *Let op: vloerverwarming beneden en HT boven vraagt een extra circulatiepomp.*

Warm tapwater

-het effect en kosten van kortere leidinglengtes.
-ontwerp van woning met betrekking tot situering technische ruimte. (cv hok dus niet standaard op de zolder zetten.

Douche wtw

-is individueel systeem en kan veel worden toegepast. Wel in de gaten houden of dit aansluit op hoofdininstallatie

Installatie	Concept 1	Concept 2	Concept 3	Concept 4
HR107 ketel	€ 2.000,00	€ 2.000,00	€ 2.000,00	€ 2.000,00
Nat. toevoer	€ 950,00	€ 950,00	€ 950,00	€ 950,00
Mech. Afvoer	€ 1.800,00	€ 1.800,00	€ 1.800,00	€ 1.800,00
Douche wtw	€ 750,00			
Zonneboiler 4m2	€ 4.500,00			
Zonneboiler 6m2	€ 5.500,00			
Kosten	€ 4.750,00	€ 5.500,00	€ 9.250,00	€ 10.250,00
EPC qv10 0,985	0,691	0,653	0,612	0,601
Benodigd PV (in m2) tot 0.0	87	82	77	75
Kosten PV	€ 30.450,00	€ 28.700,00	€ 26.950,00	€ 26.250,00
Kosten totaal EPC 0.0, excl. BTW	€ 35.200,00	€ 34.200,00	€ 36.200,00	€ 36.500,00
Kosten totaal EPC 0.0, incl. BTW	€ 42.592,00	€ 41.382,00	€ 43.802,00	€ 44.165,00

Installatie	Concept 5	Concept 6	Concept 7	Concept 8
HR107 ketel	€ 2.000,00	€ 2.000,00	€ 2.000,00	€ 2.000,00
Nat. toevoer				
Mech. Afvoer				
Douche wtw	€ 750,00			
Zonneboiler 4m2	€ 4.500,00			
Zonneboiler 6m2	€ 5.500,00			
WTW	€ 5.500,00	€ 5.500,00	€ 5.500,00	€ 5.500,00
Ventilatie warmtepompboiler				
Kosten	€ 7.500,00	€ 8.250,00	€ 12.000,00	€ 13.000,00
EPC qv10 0,985	0,660	0,622	0,581	0,570
Benodigd PV (in m2) tot 0.0	83	78	73	72
Kosten PV	€ 29.050,00	€ 27.300,00	€ 25.550,00	€ 25.200,00
Kosten totaal EPC 0.0, excl. BTW	€ 36.550,00	€ 35.550,00	€ 37.550,00	€ 38.200,00
Kosten totaal EPC 0.0, incl. BTW	€ 44.225,50	€ 43.015,50	€ 45.435,50	€ 46.222,00

Installatie	Concept 9	Concept 10	Concept 11	Concept 12	Concept 13
HR107 ketel	€ 2.000,00	€ 2.000,00	€ 2.000,00	€ 2.000,00	€ 2.000,00
Nat. toevoer	€ 950,00	€ 950,00	€ 950,00	€ 950,00	
Mech. Afvoer				€ 1.800,00	
Douche wtw		€ 750,00	€ 750,00		
Zonneboiler 4m2					
Zonneboiler 6m2					
WTW					€ 5.500,00
Ventilatie warmtepompboiler	€ 3.500,00	€ 3.500,00	€ 3.500,00		
Grondwarmtepomp				€ 17.000,00	€ 17.000,00
Hybride warmtepomp			€ 4.500,00		
Kosten	€ 6.450,00	€ 7.200,00	€ 11.700,00	€ 21.750,00	€ 24.500,00
EPC qv10 0,985	0,644	0,606	0,529	0,485	0,486
Benodigd PV (in m2) tot 0.0	80	76	66	60	60
Kosten PV	€ 28.000,00	€ 26.600,00	€ 23.100,00	€ 21.000,00	€ 21.000,00
Kosten totaal EPC 0.0, excl. BTW	€ 34.450,00	€ 33.800,00	€ 34.800,00	€ 42.750,00	€ 45.500,00
Kosten totaal EPC 0.0, incl. BTW	€ 41.684,50	€ 40.898,00	€ 42.108,00	€ 51.727,50	€ 55.055,00

Figuur 38

Het onderdeel “Installatieconcepten” vormt een belangrijke pijler in het onderzoek naar de haalbaarheid van EPC0.0. In het onderzoek is gebleken dat met bouwfysische maatregelen het niet haalbaar is een EPC 0.0 te realiseren. Daarom is de installatie een essentieel onderdeel in het reduceren van energieverbruik.

HR107 combiketel

Uit het onderzoek blijkt dat deze installatie altijd nodig is. Dit kan in de vorm van een hoofdrol of een bijrol, maar de aanwezigheid van dit onderdeel is altijd nodig. De reden hiervan is dat een enkele installatie kan garanderen dat er altijd voldoende capaciteit aanwezig is voor verwarming en warm tapwater. Een HR107 combiketel kan deze garantie wel geven.

Douche WTW

Een douche-wtw is een onderdeel dat breed toepasbaar is en onafhankelijk kan functioneren. De energie die de installatie uit het warme afvoerwater haalt en dit teruggeeft aan verwarming of warm tapwater kan praktisch altijd worden ingezet.

Ventilatie met natuurlijke aanvoer

Ventilatie met natuurlijke aanvoer is populair onder de EPC-deskundigen. Doordat het systeem goed is aan te sturen met behulp van CO₂ sensoren is het mogelijk een prettige leefomgeving te creëren. In verband met de hoge waardering van systemen die warmte uit de ventilatieafvoerlucht halen, wordt de rechtstreekse afvoer niet veel meer toegepast.

Ventilatie met mechanische toe- en afvoer en warmteterugwinning

Ventilatie met mechanische toe- en afvoer met warmteterugwinning past goed in het systeem van hergebruik van warmte. De mechanische toevoer zorgt voor een perfecte balans van frisse lucht in een woning. Nadeel is wel dat er altijd 2 motoren moeten draaien: één voor afvoer en één voor aanvoer.

Zonneboiler

De zonneboiler is breed toepasbaar en functioneert onafhankelijk van andere systemen. Het installatiegedeelte op het dak neemt warmte op en geeft dat binnenshuis af aan het warm tapwater of aan de verwarmingsinstallatie. De maatregel zorgt er voor dat het water minder hoeft te worden opgewarmd en dat bespaart energie. Hoe groter het paneel op het dak, hoe groter de capaciteit, hoe meer energiebesparing.

Ventilatie warmtepompboiler

De installatie van het terugwinnen van warmte uit ventilatieafvoerlucht wordt door het berekeningsprogramma hoog gewaardeerd. Deze installatie geeft warmte af aan warm tapwater en verwarming. De installatie vervangt de bekende afvoerbox en zorgt tevens voor energiebesparing. In de vrije sector wordt deze installatie veel toegepast.

Grondwarmtepomp

De grondwarmtepomp is een bijzonder kostbare installatie. Dit komt met name door het boren van een bron. Deze vormt voor 60% van de totaalkosten. Door deze bron valt de installatie duurder uit dan de overige concepten. De installatie wordt wel hoog gewaardeerd door de rekensoftware omdat er met weinig energie veel wordt opgewekt.

Hybride warmtepomp

Deze installatie wordt niet heel veel toegepast, maar wel hoog gewaardeerd door de software. In de combinatie zoals het concept is voorgesteld geeft dit een hoge score. De samenwerking tussen de HR107-ketel en de warmtepomp geven een goed resultaat. Zoals ook in het installatiegedeelte "PV-installatie" is aangegeven, is het feit dat de installatie voor verwarming en warm tapwater altijd energie nodig heeft om te kunnen functioneren. Het is daarom noodzakelijk het laatste gedeelte tot EPC 0.0 aan te vullen met de PV-installatie. Uit de bovenstaande tabellen kan worden

Op basis van het onderzoek naar 13 verschillende concepten moet er een keuze worden gemaakt zodat er 6 concepten over blijven die onderling wezenlijk verschillen en waartussen een keuze kan worden gemaakt.

Concept 1

HR107 ketel

Natuurlijke toevoer, mechanische afvoer met warmteterugwinning (wtw)

Concept 2

HR107 ketel

Natuurlijke toevoer, mechanische afvoer met warmteterugwinning (wtw)

Zonneboiler 6m²

Douche wtw

Concept 3

HR107 ketel

Natuurlijke toevoer

Mechanische afvoer met warmteterugwinning (warmtepompboiler)

Zonneboiler 6m²

Douche wtw

Concept 4

HR107 ketel

Natuurlijke toevoer

Mechanische afvoer met warmteterugwinning (warmtepompboiler)

Douche wtw

Concept 5

Warmtepomp (buitenlucht)

Mechanische ventilatie met wtw

Zonneboiler 6m²

Douche wtw

Concept 6

Warmtepomp (grond)

Natuurlijke toevoer, mechanische afvoer (DucoTronic CO₂)

Zonneboiler

Douche wtw

9.2.2 Gemiddelde waarden van een woning met EPC0.6

Om een uitgangspunt te creëren wat de gemiddelde waarden zijn van een woning met een EPC 0.6 zijn 6 verschillende woningen naast elkaar gezet en zijn daar de gemiddelde waarden van genomen.

Woning	EPC	GO	Sp EnerPr	Verwarming	WarmTapw	Koeling	Zomercomf	Ventilatie	Verlichting
1	0,56	140,56	324	22338	10976	0	5078	684	6477
2	0,599	148,94	343	26889	11335	0	5292	684	6863
3	0,584	189,17	313	33028	12672	0	3975	871	8717
4	0,599	174	325	31913	12015	0	3877	746	8019
5	0,575	154,83	331	28208	10969	0	4152	808	7135
6	0,599	224,94	324	45720	12679	0	2926	1244	10365
Gemid	0,586	170	325	30000	11500	0	4200	800	7500

Figuur 39

9.2.3 Berekening van vermogen installatie

Verwarming

Om het vermogen van een verwarming te bepalen kan er gewerkt worden met kengetallen. Zo wordt het benodigd vermogen aan verwarming berekend volgens de formule:

$$\begin{aligned}
 \text{Benodigde vermogen} &= \text{GO} \times 50\text{W} \\
 &= 170 \times 50\text{W} \\
 &= 8500\text{W} \quad = 8.5\text{kW} \\
 &= 9\text{kW (afgerond vermogen)}
 \end{aligned}$$

Een warmtepomp heeft voor de verwarming 1600 draaiuren nodig

$$\begin{aligned}
 \text{Energieverbruik} &= 1600\text{uur} \times 9\text{kW} \\
 &= 14.400 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Wanneer er wordt uitgegaan van COP4.5, kan er worden berekend hoeveel stroom uit het openbare net nodig is om dit vermogen op te wekken: $14.400 : 4,5 = 3.200 \text{ kWh}$

Warm tapwater

Voor warm tapwater wordt standaard 400 draaiuren berekend. Benodigd vermogen is

$$\begin{aligned}
 \text{Energieverbruik} &= 400\text{uur} \times 9 \text{ kW} \\
 &= 3600 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Alternatieve berekening:

Een gezin met 2 kinderen verbruikt gemiddeld 200 liter warm tapwater van 55°C per dag.

Per jaar is er dus 365dagen x 200liter = 73.000liter van 55°C

Deze 73.000 liter moet verwarmd worden van 10°C naar 55°C

Daaruit volgt: $q = m \times c \times \Delta t$. 1 liter water weegt 1 kilogram.

$q = 73.000\text{kg} \times 4,19\text{kJ/kg.k} \text{ (c van water)} \times (55^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) = 13764150 \text{ KJ} (:3600 \text{ tijdsfactor}) = 3.823 \text{ kWh nodig}$
om dit te realiseren. Deze uitkomst ligt dicht in de buurt van de 1^e berekening met een uitkomst van 3600kWh.

3855 kWh : 9kWh = 428uur (dit klopt redelijk met het uitgangspunt 400 draaiuren)

De opwekking van warm tapwater geeft een lager rendement omdat het water tot een hogere temperatuur moet worden gebracht dan het water voor verwarming. Voor warm tapwater moet er worden uitgegaan van een COP 3. De benodigde energie uit het openbare net voor warm tapwater is 3855kWh : COP 3 = 1285 kWh.

Om met een warmtepomp te kunnen voldoen aan de warm tapwater-vraag, dient er een boiler te worden toegepast waar de opslag van het warme water plaatsvindt. Deze boiler verliest echter altijd iets warmte zodat het water afkoelt. Om een realistisch beeld te hebben van het verbruik van een warmtepomp moet ook dit verlies worden meegerekend.

Boilerverlies

Normaliter koelt een boiler 2°C per dag af.

Uitgangspunt is een boiler van 300 liter.

Totaal is dat per jaar 365 dagen x 300 liter = 109.500 liter 2° C opwarmen.

Formule: $q = m \times c \times \Delta t$. 1 liter water weegt 1 kilogram.

$q = 109.500\text{kg} \times 4,19\text{kJ/kg.k} \text{ (c van water)} \times 2^\circ\text{C} = 917610 \text{ KJ} (:3600 \text{ tijdsfactor}) = 255 \text{ kWh nodig}$

De boiler heeft een temperatuur van 55°C. Op deze temperatuur wordt legionella niet gedood, dus moet er 1x per week een temperatuurverhoging naar 60°C worden gemaakt om de boiler legionellavrij te houden. Deze wekelijkse temperatuurverhoging kost energie. Hoeveel energie deze temperatuurverhoging kost kan als volgt worden berekend:

Elke week moet de boiler van 55°C naar 60°C. Dit geldt voor 300liter, 52x per jaar.

300liter x 52weken = 15.600liter 5°C verhogen.

Formule: $q = m \times c \times \Delta t$.

$q = 15.600\text{kg} \times 4,19\text{kJ/kg.k} \text{ (c van water)} \times 5^\circ\text{C} = 326820 \text{ KJ} (:3600 \text{ tijdsfactor}) = 91 \text{ kWh nodig}$

In totaal is voor het warmtapwater 1285 + 255 + 91 = 1631kWh nodig

Koeling

Om de bron in balans te houden moet de warmtepomp 750uur per jaar koeling toepassen. Wanneer we er vanuit gaan dat er 2 pompen aanwezig zijn die elk 100W gebruiken, kan er uitgerekend worden hoeveel energie deze koeling kost. Energiekosten koeling: 750u x 0.2kW= 150kWh

Totaal verbruik voor verwarming, warm tapwater en koeling is 3200kWh + 1631 kWh + 150 = 4981kWh x €0,20
= €996,20

9.2.4 Kosten verbruik CV ketel

Verwarming

Voor een goed vergelijk wordt voor de CV-ketel dezelfde waarden gebruikt voor verwarming en warm tapwater:

- 14.400kWh verwarming
- 3600kWh warm tapwater

De energie inhoud van elektra is 3,6MJ per kWh.

De benodigde energie voor verwarming is dan ook $14.400\text{kWh} \times 3,6 = 51.840 \text{ MJ}$

De energie inhoud van aardgas uit Slochteren is 35,17 MJ per m³ op bovenwaarde. De term 'op bovenwaarde' houdt in dat er bij het verbruik van het gas rekening wordt gehouden met de condensatie bij HR-ketels. Hierdoor wordt het maximale vermogen gehaald uit het aardgas.

Om aan de vraag van totaal 51.840 MJ aan verwarming te voldoen, moet er $51.840 : 35,17 = 1.474\text{m}^3$ aardgas worden verstoekt.

Een HR-ketel heeft op jaarbasis een rendement van 95%, aangezien er bijvoorbeeld warmte verdwijnt via de rookgasafvoer, dus is er $1.474 : 0.95 = 1.552 \text{ m}^3$ aardgas nodig.

Warm tapwater

Om een goed vergelijk met de warmtepomp te hebben, moet bij de HR-ketel hetzelfde comfort worden aangehouden. Naast de cv-ketel is er ook een indirect gestookte boiler aanwezig. Omdat een HR-ketel meer in staat is om aan piekbelasting te voldoen, gaan we hier uit van een boiler met een inhoud van 150liter.

Het vermogen dat nodig is voor de voorziening van warm tapwater is gelijk als is berekend bij de warmtepomp, namelijk 3600kWh. Een boiler met een kleinere inhoud heeft echter meer warmteverlies omdat er ten opzichte van de inhoud meer verliesoppervlak aanwezig is.

Boilerverlies

Normaliter koelt een boiler van 150liter 3°C per dag af.

Uitgangspunt is een boiler van 150 liter.

Totaal is dat per jaar 365 dagen x 150 liter = 54.750 liter 2° C opwarmen.

Formule: $q = m \times c \times \Delta t$. 1 liter water weegt 1 kilogram.

$q = 54.750 \times 4,19\text{kJ/kg.k} (c \text{ van water}) \times 3^\circ\text{C} = 688.208\text{KJ} (:3600 \text{ tijdsfactor}) = 191 \text{ kWh}$ nodig

In totaal is voor het warmtapwater $3600 + 191 = 3791 \text{ kWh}$ nodig

De energie inhoud van elektra is 3,6MJ per kWh.

De benodigde energie voor warm tapwater is dan $3.791\text{kWh} \times 3,6 = 13.648 \text{ MJ}$

De energie inhoud van aardgas uit Slochteren is 35,17 MJ per m³ op bovenwaarde.

Totaal is dan nodig aan aardgas: $13.648 \text{ MJ} : 35,17 = 388\text{m}^3$

Omdat er bij een HR-ketel met hogere temperaturen wordt gewerkt, is het rendement lager omdat er minder winning als gevolg van condensatie is. Daarom moet er met een rendement van 85% worden gerekend.

Het totaal benodigde aardgas voor warm tapwater wordt dan: $388\text{m}^3 : 0.75 = 518\text{m}^3$

Totaal gasverbruik voor verwarming en warm tapwater is $1.552\text{m}^3 + 518\text{kWh} = 2.070\text{m}^3 \times €0,64 = €1.325,00$

Na deze berekening moet de opmerking worden gemaakt dat er bij deze uitvoering geen koeling wordt toegepast, dus minder comfort in de zomer.

Berekening verbruik concepten

Concept 1

Nefit compact HRC30

Ventilatie met wtw (Itho Daalderop Quality Flow)

Concept 2

Atag E325EC + zonneboiler 4.6m²

Douchewtw heitech 2.1 koudepoort + inlaat

Ventilatie met wtw (Itho Daalderop Quality Flow)

Concept 3

HR107 ketel Nefit Compact HRC 30

Hybride warmtepomp met hr ketel

Ecolution verwarming en ventilatie (zr roosters)

Concept 4

HR107 ketel ATAG E325EC+ zonneboiler 4.6m²

Hybride warmtepomp met hr ketel

Ecolution verwarming en ventilatie (zr roosters)

Douche wtw

Concept 5

Hybride warmtepomp op buitenlucht Nefit Multiline + Nefit Topline Compact HRC30

Douche wtw

Zonneboiler 4.6m² Atag. Warm tapwater + verwarming

Ventilatie Systeem C DucoTronic CO2

Concept 6

Combiwarmtepomp bodem 4 (cw4, 5, 6)

Douche wtw heitec 2.1

Zonneboiler atag warmwater

Ventilatie Systeem C. DucoTronic CO2 system

Concept	1	2	3	4	5	6
EPC	0,565	0,424	0,463	0,358	0,377	0,297
Verwarming	32441	31401	24882	24792	25728	17224
Warm tapwater	19528	3511	15703	3004	4779	3558
Koeling	0	0	0	0	0	0
Zomercomfort	5228	5228	3873	3873	4081	4081
Ventilatoren	854	854	1244	1244	701	701
Verlichting	10365	10365	10365	10365	10365	10365

Figuur 40

Omdat bij Concept 1 t/m 4 een HR ketel aan de basis staat, kan er vanuit het energieverbruik van Concept 1 worden doorberekend wat het verbruik in verhouding zal zijn van Concept 2, 3 en 4 in verhouding tot het resultaat uit de EPC-berekening, zoals weergegeven in de bovenstaande tabel.

Berekening kosten zomercomfort

Uit EPC-berekening komt een post voor zomercomfort van 4081MJ. Om deze om te rekenen naar kosten per jaar moeten de volgende stappen worden gemaakt: $4081\text{MJ} : 3,6 = 1133,61 \text{ kWh}$. Dit omgerekend naar kosten geeft: $1133,61 \times \text{€}0,20 = \text{€}226,72$

Berekening kosten ventilatoren

De kosten per jaar aan energieverbruik voor de ventilatoren wordt op dezelfde wijze berekend als bij zomercomfort: $701\text{MJ} : 3,6 = 194,72 \text{ kWh}$. Omgerekend naar kosten: $194,72 \times \text{€}0,20 = \text{€} 38,94$

Berekening kosten verlichting

Energieverbruik verlichting is $10365 : 3,6 = 2.879,16 \text{ kWh}$. Kosten per jaar: $2.879,16 \times \text{€}0,20 = \text{€}575,83$

Berekening kosten energieverbruik Concept 5

Bij Concept 5 wordt een hybride warmtepomp toegepast met als de buitenlucht als bron. Deze warmtepomp heeft een COP 3.2 en voorziet de woning van verwarming. Omdat het vermogen van dit type warmtepomp te laag is om ook het warm tapwater te leveren, wordt er een HR107 ketel bij geplaatst die zorgt voor het warm tapwater.

Berekening kosten energieverbruik Concept 6

De kosten voor het energieverbruik van Concept 6 zijn reeds berekend in paragraaf xx. In deze berekening is echter geen rekening gehouden met de toepassing van een douche-wtw en een zonneboiler.

Op basis van MJ-reductie in het onderzoek kan het volgende worden geconcludeerd:

-reductie in MJ bij toepassing douche-wtw is 1898MJ.

-reductie in MJ bij toepassing zonneboiler met 4.6m² paneel is 7993MJ.

Bij beide installatiedelen wordt er vanuit gegaan dat de reductie ten goede komt van het warm tapwater. Dit uitgangspunt is bewust gekozen omdat een warmtepomp normaliter het meest moeite heeft met de warm tapwatervoorziening. In de berekening van de energiereductie is daarom uitgegaan van COP3.

Kostenreductie door toepassing douche-wtw:

$1898 \text{ MJ} : 3.6 = 527,22 \text{ kWh}$.

Met COP3 geeft dit een energiebesparing van $527,22 : COP3 = 175,74 \text{ kWh}$.

Kostenbesparing is $174,74 \times \text{€}0,20 = \text{€}34,95$

Kostenreductie door toepassing zonneboiler

$7993 \text{ MJ} : 3.6 = 2.220,28 \text{ kWh}$.

Met COP3 geeft dit een energiebesparing van $2.220,73 : COP3 = 740,09 \text{ kWh}$.

Kostenbesparing is $740,09 \times \text{€}0,20 = \text{€}148,02$

Berekende kosten voor warm tapwater uit 1^e berekening met warmtepomp

$1631 \text{ kWh} \times \text{€}0,2 = \text{€} 326,20$

Douche wtw € - 34,95

Zonneboiler € -148,02 +

Totaal € 143,23

In de berekening wordt uitgegaan dat de hybride warmtepomp alleen de verwarming voedt. De energiekosten voor de verwarming kunnen dan als volgt worden berekend:

Verwarming vraag 14.400 kWh, met een COP 3.2 vraagt dit $14.400 : 3.2 = 4500 \text{ kWh}$ uit het openbare net. De kosten voor dit stroomverbruik is dan $4500 \text{ kWh} \times \text{€}0,20 = \text{€}900,00$

Warm tapwater wordt opgewekt door de HR107 ketel. Voor dit onderdeel kunnen de berekende kosten worden meegenomen zoals eerder is berekend bij de cv-ketel ($518 \text{ m}^3 \text{ gas} \times \text{€}0,64 = \text{€}331,52$)

Concept 1	MJ	%	Kosten
Verwarming	32441	100	€ 993,28
Warm tapwater	19528	100	€ 331,52
Koeling	0	100	€ 0,00
Zomercomfort	5228	100	€ 290,44
Ventilatoren	854	100	€ 47,44
Verlichting	10365	100	€ 575,83
Totaal			€ 2.238,51

Concept 2	MJ	%	Kosten
Verwarming	31401	96,8	€ 961,50
Warm tapwater	3511	18	€ 59,67
Koeling	0	100	€ 0,00
Zomercomfort	5228	100	€ 290,44
Ventilatoren	854	100	€ 47,44
Verlichting	10365	100	€ 575,83
Totaal			€ 1.934,88

Concept 3	MJ	%	Kosten
Verwarming	24882	76,7	€ 761,85
Warm tapwater	15703	80,4	€ 266,54
Koeling	0	100	€ 0,00
Zomercomfort	3873	74,1	€ 215,21
Ventilatoren	1244	145,7	€ 69,12
Verlichting	10365	100	€ 575,83
Totaal			€ 1.888,55

Concept 4	MJ	%	Kosten
Verwarming	24792	76,4	€ 758,86
Warm tapwater	3004	15,3	€ 50,72
Koeling	0	100	€ 0,00
Zomercomfort	3873	74,1	€ 215,21
Ventilatoren	1244	145,7	€ 69,12
Verlichting	10365	100	€ 575,83
Totaal			€ 1.669,74

Concept 5	MJ	%	Kosten
Verwarming	x	x	€ 900,00
Warm tapwater	x	x	€ 331,52
Koeling	0	100	€ 0,00
Zomercomfort	3873	94,9	€ 215,15
Ventilatoren	1244	145,7	€ 69,12
Verlichting	10365	100	€ 575,83
Totaal			€ 2.091,62

Concept 6	MJ	%	Kosten
Verwarming	x	x	€ 640,00
Warm tapwater	x	x	€ 143,23
Koeling	x	x	€ 30,00
Zomercomfort	x	x	€ 0,00
Ventilatoren	1244	145,7	€ 69,12
Verlichting	10365	100	€ 575,83
Totaal			€ 1.458,18
Concept 0.6			
Verwarming	44715	137,8	€ 1.369,08
Warm tapwater	12679	65,8	€ 215,25
Koeling	0	100	€ 0,00
Zomercomfort	1770	33,9	€ 98,33
Ventilatoren	1244	145,7	€ 69,12
Verlichting	10365	100	€ 575,83
Totaal			€ 2.327,61

Figuur 41

Overzicht kosten installatie ten opzichte van energiekosten

	EPC score excl. Pv-installatie	Kosten install. Excl. BTW	Kosten verbruik
Concept 0.6	0,600	€ 7.200,00	€ 2.327,61
Concept 1	0,565	€ 6.500,00	€ 2.238,51
Concept 2	0,424	€ 11.750,00	€ 1.934,88
Concept 3	0,463	€ 6.850,00	€ 1.888,55
Concept 4	0,358	€ 12.050,00	€ 1.669,74
Concept 5	0,377	€ 22.500,00	€ 2.091,62
Concept 6	0,297	€ 27.000,00	€ 1.458,18

Figuur 42

Beoordeling concepten korte termijn (1-5 jaar)

Concept	• Kosten aanschaf is laag • EPC score ongunstig • Benodigd aantal m2 PV zodanig hoog dat moet worden afgevraagd of dit in de praktijk haalbaar is. • De kosten voor het verbruik in verhouding tot totaalkosten is ongunstig.
Conclusie 1	• Niet interessant omdat verbruikskosten hoog zijn en m2 PV-paneel te hoog.
Concept 2	• Kosten zijn hoog in vergelijking met Concept 3 dat een bijna gelijke prestatie heeft • Kosten per maand zijn ongunstig in verhouding tot Concept 3
Conclusie 2	• Niet interessant omdat bijna alle factoren ongunstiger zijn dan Concept 3.
Concept 3	• Kosten aanschaf in vergelijking tot energieprestatie is gunstig • Aantal m2 PV is hoog • Totaalkosten installatie in combinatie met verbruikskosten is gunstig
Conclusie 3	• Interessant concept, maar wanneer er wordt gekeken naar Concept 4 dan zijn de totaalkosten gelijk, maar is het verbruik van Concept 4 gunstiger.
Concept 4	• Kosten installatie in vergelijking met energieprestatie is gunstig • Benodigd aantal m2 PV is relatief laag in vergelijking met Concept 1-3 • Totaalkosten installatie in vergelijking met verbruik is gunstig
Conclusie 4	• Interessant concept om verder uit te werken
Concept 5	• Kosten installatie in vergelijking met energieprestatie is ongunstig wanneer het wordt vergeleken met Concept 4. • Verbruikskosten zijn hoog • Totaalkosten installatie in vergelijking tot Concept 4 is hoog.
Conclusie 5	• Geen interessant concept. Te veel aanschafkosten en verbruikskosten
Concept 6	• Kosten installatie in verhouding tot energieprestatie relatief hoog • Aantal m2 benodigd PV is gunstig • Kosten totaalinstallatie in vergelijking met andere concepten is hoog • Verbruikskosten zijn gunstig
Conclusie 6	• Interessant concept omdat het aantal m2 PV laag is en daarnaast zijn ook de verbruikskosten laag.

9.3 PV-installatie

Algemeen

Bij de installatieonderdelen warmteopwekking en –terugwinning is er altijd sprake van energiegebruik. Hoewel er ook energie wordt bespaard door het hergebruiken van energie, kan dit niet zonder gebruik van energie. Gevolg van al deze inspanningen is dat alle middelen die worden aangewend voor een goede energieprestatie toch energie kosten.

Dit is bijvoorbeeld het geval bij het ventilatieconcept mechanische aan- en afvoer. Wanneer er gebruik wordt gemaakt natuurlijke aanvoer en mechanische afvoer, dan is daar 1 motor nodig voor de afzuiging. Wanneer er gebruik wordt gemaakt van mechanische aan- en afvoer, dan is voor de aanvoer een motor nodig en voor de afvoer een motor. Er kan met dit ventilatieconcept wel worden gewerkt met een hogere luchtdichtheidswaarde, maar er moet een extra motor worden ingezet om mechanische aanvoer te realiseren zodat er een gunstiger energieprestatie als gevolg van hogere luchtdichtheid kan worden gerealiseerd.

Om te komen tot een EPC 0.0 dient het gebouwgebonden energieverbruik gelijk te zijn aan de hoeveelheid duurzaam opgewekte energie. Het is dus noodzakelijk dat er een energieopwekker wordt toegevoegd aan de installatie. Wat de EPC-reductie is bij het toepassen van een PV-installatie is onderzocht met behulp van het rekenprogramma Uniec2.0.

De EPC-waarden ten opzichte van een aantal m² PV-panelen is weergegeven in de onderstaande tabel.

Uit de uitkomsten kan worden geconcludeerd dat reductie als gevolg van een PV-installatie lineair is. Dit is in tegenstelling tot alle overige maatregelen die kunnen worden getroffen. De reden van dit lineair verband is dat een PV-installatie geen enkele invloed heeft op de invloed van overige factoren, en andersom ook niet. Dit is wel het geval bij gevelisolatie of een samenhang tussen verschillende onderdelen van een verwarmingsinstallatie.

De uitkomsten van dit onderzoekgedeelte geven nieuwe mogelijkheden met betrekking tot de haalbaarheid van EPC 0.0. Bij het onderzoeken van diverse maatregelen is gebleken dat hoe dichter de 0.0 wordt benaderd, hoe minder het effect van een energiebesparende maatregel. Het laatste gedeelte tot EPC 0.0 wordt dus een kostbare zaak. Daarnaast speelt het feit

EPC	PV m ²	Interval
0,694		
0,614	10	0,08
0,533	20	0,081
0,452	30	0,081
0,372	40	0,08
0,291	50	0,081
0,211	60	0,08
0,13	70	0,081
0,059	80	0,071
-0,004	90	0,063

Figuur 43

zoals in het begin van dit hoofdstuk is aangegeven: om tot EPC 0.0 te komen moet er gebruik worden gemaakt van een energieopwekker aangezien alle installatieonderdelen energie gebruiken.

Met deze resultaten is het mogelijk om op een bepaald moment over te stappen van een energie-gebruikende installatie naar een energieopwekkende installatie. Deze keuze kan worden gemaakt met behulp van het kengetal '€/ 0.001 reductie'.

Aantal personen in het huishouden	Gemiddeld stroomverbruik per jaar in kWh
1	2.400
2	3.550
3	4.150
4	4.750
5	5.350
6	5.450

Figuur 44. Stroomverbruik huishouden gekoppeld aan personen. (Bron: Nuon.nl)

De kosten voor een paneel worden als volgt berekend:

Uitgangspunt voor een paneel:

-afmeting 100x165cm

-250WP/paneel

-jaaropbrengst $250 \times 0,9 = 225\text{kWh/jaar}$

1m² brengt per jaar op: $225\text{kWh}/1,65\text{m}^2 = 135\text{kW/jaar}$

Kosten voor een paneel: $250\text{WP} \times € 2,25 = 562,50$

Paneel is totaal 1,65m², dus per m² paneel kost het $€562,50 / 1,65\text{m}^2 = \text{ong. } €350,00$

EPC	PV m2	Interval	Wpiek	Kosten	Ampere	kWh/jaar
0,694						
0,614	10	0,08	1350	€ 3.500,00	5,9	1215
0,533	20	0,081	2700	€ 7.000,00	11,7	2430
0,452	30	0,081	4050	€ 10.500,00	17,6	3645
0,372	40	0,08	5400	€ 14.000,00	23,5	4860
0,291	50	0,081	6750	€ 17.500,00	29,3	6075
0,211	60	0,08	8100	€ 21.000,00	35,2	7290
0,13	70	0,081	9450	€ 24.500,00	41,1	8505
0,059	80	0,071	10800	€ 28.000,00	47,0	9720
-0,004	90	0,063	12150	€ 31.500,00	52,8	10935

Figuur 45

Het gemiddeld huishouden van opdrachtgevers in de vrije sector bestaat uit 4 personen. Aangezien de opdrachtgevers over het algemeen een boven-modaal inkomen hebben, kan er aangenomen worden dat deze beschikken over diverse luxe-artikelen die stroom verbruiken. Om deze redenen kan er vanuit worden gegaan dat een gemiddelde opdrachtgever 5000kWh per jaar aan stroom verbruikt.

Het nut van de bovenstaande berekening van stroomverbruik in een gezin is dat het onzeker is wat er gaat gebeuren met het 'terug leveren' van stroom aan het openbare net. In 2013 is het nog gebruikelijk om voor terug leveren dezelfde vergoeding te ontvangen als voor het verbruik van stroom van het openbare net. In de toekomst kan dit veranderen omdat het terug leveren van stroom een extra belasting vormt voor het openbare net. Conclusie is dat het het meest gunstig is om alleen te voorzien in eigen behoefte.

Volgens tabel 45 zou het installeren van 40m² PV-panelen voldoende zijn om een huishouden van 4 personen te voorzien van stroom voor gebouwgebonden en niet-gebouwgebonden verbruik. De kosten voor een dergelijke hoeveelheid PV-panelen is volgens de tabel €14.000,00

De kosten die een gezin daarmee uitspaart is eenvoudig te berekenen:

Een kWh kost : €0,25

Opwekking per jaar : 4860kWh

Besparing per jaar : 4860kWh x €0,25 = €1.215,00

Kosten aanschaf : €14.000

Benodigde terugverdientijd: €14.000 / €1.215,00 = 11,5 jaar

Gemiddelde levensduur : 25 jaar

Het vermogen dat de PV-installatie opwekt is niet geheel zonder risico. Wanneer bij het gebruik van huishoudelijke apparaten een bepaalde 'groep' te zwaar wordt belast, slaan de stoppen door om te voorkomen dat het te zwaar wordt belast. Deze belasting vindt plaats van 'buiten naar binnen'. Je vraagt dus te veel stroom van buitenaf en dat kan je meterkast niet aan. Andersom kan ook gebeuren: het is zonnig weer en verbruikt zelf geen stroom. Er wordt dus maximaal stroom aan het openbare net terug geleverd. Ook op deze manier kan een groep worden overbelast. De stoppen kunnen nu ook door slaan.

Op dit moment worden woningen voorzien van 3x 25Ampere. In voorgaande jaren was dit normaliter 1x40Ampere. Met deze nieuwe voorziening is het altijd mogelijk een krachtstroomvoorziening te realiseren.

Daarnaast is het totaal aantal Ampère hoger geworden, dus kan er ook een hogere belasting op de meterkast worden uitgeoefend. Wanneer we uitgaan van het gemiddelde huishouden dat voorziet in eigen behoefte met 4860kWh/jaar, dan is daar 23,5Ampere voor nodig in de meterkast. Dit is gelijk aan 1 fase in de meterkast. In de praktijk is dit dus goed uit te voeren.

Reductie

Op basis van alle gegevens kan worden geconcludeerd dat het ideaal is om 40m² PV-paneel toe te passen. Het is echter wel belangrijk welke EPC-reductie dit oplevert. Aangezien het een kostbare aangelegenheid is om lager dan EPC 0.4 voor een relatief voordelige wijze nog reductie te realiseren.

EPC	PV m ²	Interval	Cummulatief
0,694			
0,614	10	0,08	0,08
0,533	20	0,081	0,161
0,452	30	0,081	0,242
0,372	40	0,08	0,322
0,291	50	0,081	0,403
0,211	60	0,08	0,483
0,13	70	0,081	0,564
0,059	80	0,071	0,635
-0,004	90	0,063	0,698

Op basis van tabel 46 kan worden geconcludeerd dat bij de toepassing van 40m² PV-paneel er een EPC-reductie optreedt van 0.322 (€43,48 / 0.001 reductie).

Figuur 46

9.4 Windmolen

Algemeen

Aangezien woningen in de vrije sector over het algemeen zijn voorzien van een bovengemiddeld grote tuin, is het een optie om te kijken naar een kleine windturbine. Deze turbines zijn verkrijgbaar voor particulier gebruik en kunnen per jaar een opbrengst van 3.500kWh per jaar genereren (*bron: Maes Totaalprojecten*). De kosten voor deze turbine ligt tussen €16.000 en €26.000 euro (*bron: Maes Totaalprojecten*).

Hoewel in ons buurland België het redelijk eenvoudig is om een vergunning te krijgen voor het plaatsen van een kleine windmolen, is dat in Nederland anders geregeld. Bij overleg met een medewerker van de gemeente Zeewolde blijkt dat voor een particuliere windmolen op eigen kavel in Nederland altijd een vergunning moet worden aangevraagd. Daarbij wordt ook gekeken of deze windmolen past in het bestemmingsplan. Het plaatsen van een windmolen wordt dus niet automatisch goedgekeurd door de gemeente. De medewerker geeft wel aan dat in het verleden voor bepaalde wijken een aparte voorziening is gemaakt in het bestemmingsplan met betrekking tot het plaatsen van windmolens. In een dergelijke situatie kan een gemeente het plaatsen van particuliere windmolens via een eigen procedure eenvoudiger maken zodat particulieren een eigen windmolen kunnen plaatsen. Tegelijkertijd wordt door de medewerker aangegeven dat deze voorziening in het bestemmingsplan inmiddels weer is verwijderd in verband met bezwaren van bewoners van deze wijk.



Figuur 47

Conclusie

Conclusie van dit onderzoek gedeelte met betrekking tot het plaatsen van kleine windmolens is dat het in de eerste plaats een grote investering is in vergelijking met energieopbrengst ten opzichte van pv-panelen. Voor een vergelijkbare energieopwekking met een PV-installatie is het aanbrengen van 30m² zonnepanelen (3645kWh/jaar) een stuk goedkoper. De kosten voor een dergelijk installatie is €9.112,50. Een windmolen kost €16.000 - €26.000, dus al snel 2x zoveel als een PV-installatie.

Ten tweede is het verkrijgen van een vergunning voor een kleine windmolen erg onzeker. Om deze redenen is het gebruiken van een windmolen in de EPC-berekening geen haalbare zaak.

10. Totaaloverzicht concepten met installatie, pv, kosten en verbruik.

TOTAALOVERZICHT CONCEPTEN MET INSTALLATIE, PV, KOSTEN EN VERBRUIK							
Concept 1	Kosten	EPC	PV tot EPC 0,0	Kosten PV	Totaal excl BTW	Totaal incl. BTW	Verbruik
HR107 Nefit Topline HRC30	€ 2.000,00	0,565	74m2				
Ventilatie Itho Daalderop Quality Flow	€ 4.500,00						
	€ 6.500,00			€ 25.900,00	€ 32.400,00	€ 39.204,00	€ 2.238,51
Concept 2							
HR107 Atag E325EC Alec	€ 2.000,00	0,424	56m2				
Ventilatie Itho Daalderop Quality Flow	€ 4.500,00						
Douche wtw Heitech 2,1 koude poort + inlaat	€ 750,00						
Zonneboiler Atag CB Solar 200/5,0 Alec 4,6m2	€ 4.500,00						
	€ 11.750,00			€ 19.600,00	€ 31.350,00	€ 37.933,50	€ 1.934,88
Concept 3							
Hybride warmtepomp ventilatieretourlucht	€ 3.500,00	0,463	61m2				
Nefit Topline Compact HRC30	€ 2.000,00						
ZR Roosters elektronisch gestuurd	€ 1.300,00						
	€ 6.800,00			€ 21.350,00	€ 28.150,00	€ 34.061,50	€ 1.888,55
Concept 4							
Hybride warmtepomp ventilatieretourlucht	€ 3.500,00	0,356	48m2				
ZR Roosters elektronisch gestuurd	€ 1.300,00						
Atag E325EC	€ 2.000,00						
Douche wtw Heitech 2,1 koude poort + inlaat	€ 750,00						
Zonneboiler Atag CB Solar 200/5,0 Alec 4,6m2	€ 4.500,00						
	€ 12.050,00			€ 16.800,00	€ 28.850,00	€ 34.908,50	€ 1.669,74
Concept 5							
Hybride warmtepomp buitenlucht	€ 12.500,00	0,377	50m2				
Nefit Multiline + Proline HRC30 CW5 45<60	€ 2.000,00						
Douche wtw Heitech 2,1 koude poort + inlaat	€ 750,00						
Zonneboiler Atag CB Solar 200/5,0 Alec 4,6m2	€ 4.500,00						
Ducotronic System CO2	€ 2.750,00						
	€ 22.500,00			€ 17.500,00	€ 40.000,00	€ 48.400,00	€ 2.091,62
Concept 6							
Combi warmtepomp grond	€ 10.000,00	0,297	40m2				
Itho Daalderop WPU75+ boiler 150H	€ 7.000,00						
Douche wtw Heitech 2,1 koude poort + inlaat	€ 750,00						
Zonneboiler Atag CB Solar 200/5,0 Alec 4,6m2	€ 4.500,00						
Ducotronic System CO2	€ 2.750,00						
	€ 25.000,00			€ 14.000,00	€ 39.000,00	€ 47.190,00	€ 1.354,95
Concept 4 Verbeterd							
Hybride warmtepomp ventilatieretourlucht	€ 3.500,00	0,269	37m2				
ZR Roosters elektronisch gestuurd	€ 1.300,00						
Atag E325EC	€ 2.000,00						
Douche wtw Heitech 2,1 koude poort + inlaat	€ 750,00						
Zonneboiler Atag CB Solar 200/5,0 Alec 6,9m2	€ 5.500,00						
Zonwering	€ 7.500,00						
	€ 20.550,00			€ 12.950,00	€ 33.500,00	€ 40.535,00	€ 1.390,79
Concept 6 Verbeterd							
Combi warmtepomp grond	€ 10.000,00	0,212	30m2				
Itho Daalderop WPU75+ boiler 150H	€ 7.000,00						
Douche wtw Heitech 2,1 koude poort + inlaat	€ 750,00						
Zonneboiler Atag CB Solar 200/5,0 Alec 6,9m2	€ 5.500,00						
Ventilatie met wtw	€ 4.500,00						
Zonwering	€ 7.500,00						
	€ 35.250,00			€ 10.500,00	€ 45.750,00	€ 55.357,50	€ 1.161,55

Figuur 48

11. Total Cost of Ownership (TCO)

Bij Total Cost of Ownership wordt niet alleen gekeken naar het moment van de bouw, maar ook naar de tijd van het gebruik. Op deze manier wordt er op basis van langere termijn gekeken naar investeringen. Met name bij het behalen van de gestelde energieprestatie wordt er niet gekeken naar TCO. Gevolg hiervan kan zijn dat bepaalde investeringen op korte termijn een gunstige energiebesparing geven tegen een lage prijs, maar over de levenscyclus meerdere keren moeten worden vervangen, en dus eigenlijk duur zijn. Voor een goed beeld wat de levensduur is van de onderdelen die invloed hebben op de energieprestatie is een overzicht gemaakt van de kosten op basis van 50 jaar.

11.1 Bouwkundige maatregelen

Naast de installatietechnische maatregelen worden er ook bouwkundige maatregelen getroffen om de energieprestatie te realiseren die is berekend. Deze kosten zijn eenmalig en worden tijdens een woningleven niet vervangen. Op basis van het onderzoek moeten de volgende kosten worden berekend:

Extra bouwkundige kosten standaard totaalconcept				
Onderzoekhfst.	Bouwdeel	Waarde	Kosten	
5.2	Spouwmuur	6,0m2.K/W	€ 2.458,10	
5.3	Beg.grondvloer	5,0m2.K/W	€ 453,00	
5.4	Dak	5,0m2.K/W	€ 867,20	
6	Kozijnen	Uglas 0,6	€ 3.250,00	
7	Luchtdichtheid	qv10 0,4	€ 1.290,00	
Subtotaal			€ 8.318,30	
			21% btw	€ 1.746,84
Totaal			€ 10.065,14	

Extra bouwkundige kosten verbeterd totaalconcept				
Onderzoekhfst.	Bouwdeel	Waarde	Kosten	
5.2	Spouwmuur	8,0m2.K/W	€ 3.900,80	
5.3	Beg.grondvloer	5,0m2.K/W	€ 453,00	
5.4	Dak	5,0m2.K/W	€ 867,20	
6	Kozijnen	Uglas 0,6	€ 3.250,00	
7	Luchtdichtheid	qv10 0,4	€ 1.290,00	
Subtotaal			€ 9.761,00	
			21% btw	€ 2.049,81
Totaal			€ 11.810,81	

Figuur 49

Op basis van Figuur 49 wordt er voor de extra bouwkundige maatregelen ten opzichte van Concept 0.6 €10.065,00 extra in rekening gebracht het standaard concept. Bij het Verbeterd Concept €11.810,00.

11.2 Vervangingscyclus invloedfactoren energieprestatie

TCO	Onderdeel woning	Vervanging	Kosten
Ontwerp	Oriëntatie, compactheid	Geen	Deze onderdelen vragen een eenmalige keuze die in principe geen extra kosten met zich meebrengen.
Isolatie	Gevel, dak, vloer	Geen	Kosten voor isolatie vragen een eenmalige investering. Isolatie gaat een leven lang mee en vraagt geen onderhoud.
Luchtdichtheid	Schil woning	Geen	Kosten voor verbetering luchtdichtheid woning vragen een eenmalige investering. Hang- en sluitwerk wordt nastelbaar uitgevoerd en geven garantie voor blijvende goede kierdichting.
Installatie - ventilatie	Afzuigbox mechanische afzuiging	25 jaar	Vervanging box €500,00
Installatie – ventilatie	WTW-ventilatie unit	25 jaar	Vervanging unit €2.500,00
Installatie – douche wtw	WTW-douchepijp	Geen	De douche-wtw bestaat grotendeels uit koper en slijt niet of nauwelijks. Vervangingskans is nihil.
Installatie - zonneboiler	Zonneboiler 3.98m ²	25 jaar	Na 25 jaar dient over het algemeen de helft van de installatie te worden vervangen. Dat kan een boiler zijn, maar ook een lek paneel. Kosten €2.500,00
Installatie - zonneboiler	Zonneboiler 5.97m ²	25 jaar	Na 25 jaar dient over het algemeen de helft van de installatie te worden vervangen. Dat kan een boiler zijn, maar ook een lek paneel. Kosten €3.500,00
PV-installatie	Inverters	15 jaar	Na 15 jaar dienen de inverters/omvormers te worden vervangen.
PV-installatie	PV-panelen	25 jaar	Na 25 jaar dienen de panelen te worden vervangen.
Warmtepomp	Bron	50 jaar	Over de cyclus van 50 jaar hoeft er geen nieuwe bron te worden gemaakt.
Warmtepomp	Pomp	25 jaar	Na 25 jaar dient de pomp te worden vervangen. Kosten vervanging €7.000,00
Combiketel	Verwarming Warm tapwater	12.5jr	Per vervanging €2.000.

Figuur 50

11.3 Kosten W-installatie (vervanging en verbruik)

TOTAALKOSTEN CONCEPTEN 50 JAAR								
Concept 1	Onderdeel	Vervangen	ZONDER INFLATIE		MET INFLATIE (energie 5,4%, vervanging 2,1%)			
			Kosten totaal	Totaal 50 jaar	12,5jr	25jr	37,5jr	Totaal 50 jaar
	HR ketel	3x	€ 7.260,00		€ 3.300,00	€ 4.470,00	€ 6.100,00	€ 13.870,00
	WTW unit	1x	€ 3.025,00			€ 5.585,00		€ 5.585,00
	Verbruik		€ 108.314,50					€ 564.495,60
				€ 118.599,50				€ 583.950,60
Concept 2	HR ketel	3x	€ 7.260,00		12,5jr	25jr	37,5jr	Totaal
	WTW unit	1x	€ 3.025,00		€ 3.300,00	€ 4.470,00	€ 6.100,00	€ 13.870,00
	Douche wtw	0x	€ 0,00			€ 5.585,00		€ 5.585,00
	Zonneboiler	1x	€ 3.025,00			€ 5.585,00		€ 5.585,00
	Verbruik		€ 94.374,00					€ 487.927,80
				€ 107.684,00				€ 512.967,80
Concept 3	HR ketel	3x	€ 7.260,00		12,5jr	25jr	37,5jr	Totaal
	Hybride venti	1x	€ 4.235,00		€ 3.300,00	€ 4.470,00	€ 6.100,00	€ 13.870,00
	Mech.afz.	1x	€ 605,00			€ 7.820,00		€ 5.900,00
	Verbruik		€ 89.773,00			€ 1.120,00		€ 840,00
				€ 101.873,00				€ 496.854,60
Concept 4	HR ketel	3x	€ 7.260,00		12,5jr	25jr	37,5jr	Totaal
	Hybride venti	1x	€ 4.235,00		€ 3.300,00	€ 4.470,00	€ 6.100,00	€ 13.870,00
	Mech.afz.	1x	€ 605,00			€ 7.820,00		€ 5.900,00
	Douche wtw	0x	€ 0,00			€ 1.120,00		€ 840,00
	Zonneboiler	1x	€ 3.025,00			€ 5.585,00		€ 5.585,00
	Verbruik		€ 78.447,00					€ 421.066,20
				€ 93.572,00				€ 447.261,20
Concept 5	HR ketel	3x	€ 7.260,00		12,5jr	25jr	37,5jr	Totaal
	Hybride buitenl	1x	€ 8.470,00		€ 3.300,00	€ 4.470,00	€ 6.100,00	€ 13.870,00
	WTW unit	1x	€ 3.025,00			€ 15.640,00		€ 15.640,00
	Douche wtw	0x	€ 0,00			€ 5.585,00		€ 5.585,00
	Zonneboiler	1x	€ 3.025,00			€ 5.585,00		€ 5.585,00
	Verbruik		€ 103.417,50					€ 527.453,70
				€ 125.197,50				€ 568.133,70
Concept 6	Warmtepomp	1x	€ 8.470,00		12,5jr	25jr	37,5jr	Totaal
	Bron	0x	€ 0,00			€ 15.640,00		€ 15.640,00
	Mech.afz.	1x	€ 605,00			€ 1.120,00		€ 1.120,00
	Douche wtw	0x	€ 0,00			€ 5.585,00		€ 5.585,00
	Zonneboiler	1x	€ 3.025,00			€ 5.585,00		€ 5.585,00
	Verbruik		€ 71.745,50					€ 341.684,10
				€ 83.845,50				€ 364.029,10
Concept 4 Verb	HR ketel	3x	€ 7.260,00		12,5jr	25jr	37,5jr	Totaal
	Hybride venti	1x	€ 4.235,00		€ 3.300,00	€ 4.470,00	€ 6.100,00	€ 13.870,00
	Mech.afz.	1x	€ 235,00			€ 7.820,00		€ 7.820,00
	Douche wtw	0x	€ 0,00			€ 0,00		€ 0,00
	Zonneboiler	1x	€ 3.630,00			€ 6.100,00		€ 6.100,00
	Zonwering	3x	€ 27.225,00		€ 11.750,00	€ 15.250,00	€ 19.800,00	€ 46.800,00
	Verbruik		€ 69.539,50					€ 350.722,10
				€ 111.889,50				€ 425.312,10
Concept 6 Verb	Warmtepomp	1x	€ 8.470,00		12,5jr	25jr	37,5jr	Totaal
	Bron	0x	€ 0,00			€ 15.640,00		€ 15.640,00
	Mech.afz.	1x	€ 605,00			€ 1.120,00		€ 1.120,00
	Douche wtw	0x	€ 0,00					€ 0,00
	Zonneboiler	1x	€ 3.630,00			€ 6.100,00		€ 6.100,00
	Zonwering	3x	€ 27.225,00		€ 11.750,00	€ 15.250,00	€ 19.800,00	€ 46.800,00
	Verbruik		€ 70.389,00					€ 292.913,50
				€ 110.319,00				€ 362.573,50

Figuur 51

TOTAALKOSTEN CONCEPTEN 50 JAAR							
Concept 0.6	Onderdeel	Vervangen	ZONDER INFLATIE		MET INFLATIE (energie 5,4%, vervanging 2,1%)		
			Kosten totaal	Totaal 50 jaar	12,5jr	25jr	Totaal 50 jaar
	HR ketel	3x	€ 7.260,00		€ 3.300,00	€ 4.470,00	€ 13.870,00
	Mech. Afz	1x	€ 605,00			€ 1.120,00	€ 1.120,00
	Warmtepomp	1x	€ 4.235,00			€ 7.820,00	€ 7.820,00
	Verbruik		€ 116.380,50				€ 586.964,38
				€ 128.480,50			€ 609.774,38

Figuur 52

11.4 Kosten verbruik W-installatie 50 jaar

KOSTEN VERBRUIK O.B.V. JAARLIJKSE VERHOOGING 5,4%									
	0	1	2	3	t/m	48	49	50	TOTAAL
Concept 0.6	€ 2.327,61	€ 2.453,30	€ 2.585,78	€ 2.725,41	t/m	€ 29.057,59	€ 30.626,70	€ 32.280,54	€ 586.964,38
Concept 1	€ 2.238,51	€ 2.359,39	€ 2.486,80	€ 2.621,08	t/m	€ 27.945,27	€ 29.454,32	€ 31.044,85	€ 564.495,61
Concept 2	€ 1.934,88	€ 2.039,36	€ 2.149,49	€ 2.265,56	t/m	€ 24.154,80	€ 25.459,15	€ 26.833,95	€ 487.927,81
Concept 3	€ 1.888,55	€ 1.990,53	€ 2.098,02	€ 2.211,31	t/m	€ 23.576,42	€ 24.849,54	€ 26.191,42	€ 476.244,55
Concept 4	€ 1.669,74	€ 1.759,91	€ 1.854,94	€ 1.955,11	t/m	€ 20.844,82	€ 21.970,44	€ 23.156,85	€ 421.066,20
Concept 5	€ 2.091,62	€ 2.204,57	€ 2.323,61	€ 2.449,09	t/m	€ 26.111,52	€ 27.521,54	€ 29.007,70	€ 527.453,67
Concept 6	€ 1.354,95	€ 1.428,12	€ 1.505,24	€ 1.586,52	t/m	€ 16.915,02	€ 17.828,43	€ 18.791,17	€ 341.684,13
Concept 4 Verbeterd	€ 1.390,79	€ 1.465,89	€ 1.545,05	€ 1.628,48	t/m	€ 17.362,44	€ 18.300,02	€ 19.288,22	€ 350.722,07
Concept 6 Verbeterd	€ 1.161,55	€ 1.224,27	€ 1.290,38	€ 1.360,07	t/m	€ 14.500,64	€ 15.283,68	€ 16.109,00	€ 292.913,54

Figuur 53

11.5 Opbrengsten E-installatie (vervanging en opbrengsten)

Installatie PV opbrengsten						
	m2	kWh	Opbrengst/jaar	Opbrengst 50 jr	1x compleet vervangen	Netto opbrengst
Concept 4	48	6480	€ 1.296,00	€ 326.818,43	€ 34.176,00	€ 292.642,43
Concept 4 Verb	37	4995	€ 999,00	€ 251.922,54	€ 26.344,00	€ 225.578,54
Concept 6	40	5400	€ 1.080,00	€ 272.348,69	€ 28.480,00	€ 243.868,69
Concept 6 Verb	30	4050	€ 810,00	€ 204.261,52	€ 21.360,00	€ 182.901,52

Figuur 54

11.6 Rendement extra investering EPC 0.0 woning

OPBRENGSTEN VAN INVESTERING OVER LOOPTIJD 50 JAAR BIJ RENTE OP RENTE									
	Rendement	Investering	Jaar 1	Jaar 2	Jaar 3	t/m	Jaar 47	Jaar 48	Jaar 49
Concept 4	5,19%	€ 36.261,50	€ 38.143,47	€ 40.123,12	€ 42.205,51	t/m	€ 391.061,58	€ 411.357,68	€ 432.707,14
Concept 4 V	4,67%	€ 41.888,00	€ 43.844,17	€ 45.891,69	€ 48.034,83	t/m	€ 357.877,31	€ 374.590,18	€ 392.083,54
Concept 6	4,65%	€ 50.288,00	€ 52.626,39	€ 55.073,52	€ 57.634,44	t/m	€ 425.802,59	€ 445.602,41	€ 466.322,92
Concept 6 V	4,07%	€ 58.455,50	€ 60.834,64	€ 63.310,61	€ 65.887,35	t/m	€ 381.176,79	€ 396.690,68	€ 412.835,99

Figuur 55

De bedragen komen niet exact overeen met de bedragen in de scriptie bij hoofdstuk 11.4. De bovenstaande rendementsberekening is dan ook een benadering van het rendement, tot 2 decimalen nauwkeurig.

11.7 Terugverdientijd extra investering

De extra investering in bouwkundige- en installatietechnische maatregelen leveren een lagere energierekening op. Daar moet eerst een extra investering voor worden gedaan tijdens de bouw. De extra investering laat zich wel terugverdienen. In het kostenverloop zijn de volgende zaken opgenomen:

- verbruikskosten ten behoeve van W-installatie
- opbrengsten uit de E-installatie (pv-panelen)
- vervangingskosten, evenredig verdeeld over 50 jaar.

In de tabellen zijn de 'kruisingsmomenten' opgenomen van de lijnen van de totaalkosten. Per concept verschilt dit punt.

Totaalconcept 4

Verloop in totaalkosten verbruik W-install minus opbrengst E-install				
	13 jaar	14 jaar	15 jaar	16 jaar
Concept 4	€ 59.444,40	€ 61.432,25	€ 63.462,25	€ 65.536,67
Concept 0.6	€ 52.835,52	€ 58.152,19	€ 63.731,34	€ 69.587,12

Totaalconcept 4 Verbeterd

Verloop in totaalkosten verbruik W-install minus opbrengst E-install				
	19 jaar	20 jaar	21 jaar	22 jaar
Concept 4 V	€ 93.359,24	€ 96.499,59	€ 99.700,51	€ 102.965,27
Concept 0.6	€ 88.967,75	€ 96.087,76	€ 103.567,61	€ 111.426,74

Totaalconcept 6

Verloop in totaalkosten verbruik W-install minus opbrengst E-install				
	15 jaar	16 jaar	17 jaar	18 jaar
Concept 6	€ 72.255,46	€ 73.909,79	€ 75.598,56	€ 77.323,63
Concept 0.6	€ 63.731,34	€ 69.587,12	€ 75.734,47	€ 82.189,15

Totaalconcept 6 Verbeterd

Verloop in totaalkosten verbruik W-install minus opbrengst E-install				
	21 jaar	22 jaar	23 jaar	24 jaar
Concept 6 V	€ 110.879,27	€ 113.817,77	€ 116.816,64	€ 119.879,16
Concept 0.6	€ 103.567,61	€ 111.426,74	€ 119.685,63	€ 128.365,86

12. Levens Cyclus Analyse (LCA)

Met de levenscyclusanalyse wordt geanalyseerd wat de milieubelasting is van een bepaald product vanaf het begin (de winning) tot aan het einde (de afvalverwerking/hergebruik).

Het bouwen van een energiezuinige woning met materialen die milieubelastend zijn is een voorbeeld van dweilen met de kraan open. Aan de voorkant wordt er netjes energiezuinig gewerkt, maar aan de achterkant wordt het milieu belast met de productie van energiezuinige materialen.

Om deze redenen is het belangrijk te weten wat de herkomst van de producten is. In dit deel van het onderzoek wordt onderzocht welke materialen in de huidige bouwmethode worden gebruikt en of deze passen binnen het concept van LCA.

Leidraad voor dit onderzoek gedeelte is de materiaal-lijn van Raab Karcher, Greenworks. Deze materialen zijn geanalyseerd van winning tot afvalverwerking en dragen bij aan een duurzaam bebouwde omgeving.

Bouwdeel	Materiaal	Opmerking
Fundering metselwerk	Kalkzandsteen	Fundering wordt opgemetseld in kalkzandsteen metselblokken.
Fundering balk	EPS	De bekisting van funderingsbalken wordt gemaakt van De Hoop Topkist. Deze bekisting is opgenomen in de Greenworks-lijn. Bestaande werkwijze kan worden voortgezet.
Begane grondvloer	Prefab element	VBI voorziet in een gecertificeerde vloer. Momenteel worden de vloeren bij EBM of Omnia besteld. Om in toekomst te voldoen aan het LCA-principe dient er overgestapt te worden op VBI-vloeren.
Binnenspouwblad	Kalkzandsteen Porotherm	Kalkzandsteen is een duurzaam product, maar voor Porotherm geldt dit niet. Tot op heden mogen opdrachtgevers zelf kiezen welk materiaal ze als binnenspouwblad willen hebben. In de toekomst zal de overstap naar kalkzandsteen moeten worden gemaakt.
Binnenwanden	Kalkzandsteen Porotherm	Binnenwanden worden gezet van kalkzandsteen of porotherm. Voor een verantwoord materiaalgebruik dient in de toekomst te worden gewerkt met

		kalkzandsteen. Dit materiaal voldoet aan de Greenworks-eisen. Porothersm voldoet niet.
Isolatie	Glaswol/resolschuim	Wanneer er gewerkt kan worden met glaswol, levert Ursa het materiaal. Deze vallen niet onder de Greenworks lijn. Bij harde isolatie wordt over het algemeen gewerkt met Kingspan. Deze laatste valt wel onder Greenworks. In de toekomst dient er dan ook overgestapt te worden op Isover, wat wel is goedgekeurd door Greenworks.
Buitenspouwblad	Gevelsteen	De gevelstenen die onder Greenworks vallen zijn zeer beperkt. Om over te stappen op deze materialen dienen er veel concessies te worden gedaan. Haalbaarheid om met dit product te gaan werken is niet gegarandeerd. In de toekomst kan wel worden gekeken of er in overleg met opdrachtgevers mogelijkheden zijn.
Verdiepingsvloer Dakvloer	Kanaalplaat	Momenteel worden de vloeren bij EBM of Omnia besteld. Om in toekomst te voldoen aan het LCA-principe dient er overgestapt te worden op VBI-vloeren. VBI voorziet in een gecertificeerde vloer.
Dakranden	Boeidelen	Als boeideel wordt gewerkt met Redcedar delen. Deze vallen niet onder Greenworks. Alternatief is het werken met Uniprime boeidelen. Deze vallen wel onder Greenworks
Dakranden	Plafond overstek	De plafonds van het overstek worden gemaakt van Uniprime platen. Deze vallen onder Greenworks.
Kozijnen	Binnendeurkozijnen	De binnendeurkozijnen vallen niet het Greenworks-label. Als er op een duurzame manier gewerkt gaat worden dient op dit onderdeel overgestapt te worden op een Greenworks-artikel
Kozijnen	Binnendeuren	Een kleine selectie binnendeuren valt onder Greenworks. Er wordt op dit moment niet bewust met een bepaald merk gewerkt. In de toekomst dient er gelet te worden of het valt onder Greenworks. In feite in de praktijk goed haalbaar
Dakbedekking	Dakpannen	Standaard worden de woningen voorzien betonpannen. Wanneer deze bij Monier worden

		afgenomen wordt er voldaan aan het LCA-principe.
Afwerking	Tegelwerk	Een opdrachtgever mag zelf de tegels uitzoeken. Vanuit de aannemer kan het advies worden gegeven te werken met materialen die vallen onder Greenworks.
Dak	Prefab Kap	Tot op heden werd er samengewerkt met een andere kapleverancier dan degene die valt onder Greenworks. Aangezien dit bouwdeel een groot aandeel heeft in de totale woning dient in de toekomst te worden onderzocht of er samengewerkt kan worden met de leverancier die valt onder Greenworks, Vogelzang Prefab Systeemdakelementen.

Figuur 55

Op basis van inventarisatie van de bouwdelen van een woning kan worden geconcludeerd dat veel toegepaste materialen vallen onder het Greenworks-label. Hiermee kan worden aangetoond dat deze materialen bijdragen aan een duurzaam bebouwde omgeving. Toch zijn er ook nog diverse aanpassingen nodig om een woning volledig te bouwen met materialen die vallen onder Greenworks. Niet op alle onderdelen kan eenvoudig worden overgestapt op een product dat voldoet aan de eisen. De keuze van de klant speelt hierin een grote rol. Te denken valt hier bij aan: dakpannen, gevelstenen en tegelwerk.

Toch zijn er ook veel materialen waar met een kleine aanpassing kan worden voldaan aan de eisen van duurzaamheid, zoals de fabrikant van de vloeren of de prefab kap. Het maken van bewuste keuzes kan hier bijdragen aan een duurzaam gebouwde woning die in de toekomst bijdraagt aan verantwoord omgaan met het milieu.

Bijlage 3. Proces.

1. Inhoudsopgave

1.	Inhoudsopgave	145
2.	Inleiding.....	147
3.	Bouwbedrijf Mulder Elspeet	148
3.1	Geschiedenis.....	148
3.2	Marktsegment	148
3.3	Ontwerpbureau Brummelhuis	149
3.4	Uitbreiding samenwerking.....	149
3.	A4 afstudeervoorstel	150
4.	Plan van Aanpak	151
4.1	1 ^e Plan van Aanpak	151
4.2	Reactie mentoren op 1 ^e Plan van Aanpak.	159
4.3	2 ^e Plan van Aanpak	160
4.4	Reactie mentoren op 2 ^e Plan van Aanpak.	169
4.5	Mening over verloop proces.....	169
5.	Interviews en overlegverslagen met deskundigen	171
5.1	Overleg 1 met dhr. W. Beltman, EPC-deskundige bij Ontwerpbureau Brummelhuis	171
5.2	Overleg 2 met dhr. W. Beltman, EPC-deskundige bij Ontwerpbureau Brummelhuis	173
5.3	Telefonisch interview met Remy ten Have, eigenaar van het bedrijf Earth Energie bv,	176
5.4	Verslag overleg met dhr. Niels Nijkamp van Bouwbedrijf Kamphuis	178
6.	Verslagen overleg mentoren	180
4.1	Overleg 1.....	180
4.2	Overleg 2.....	183
4.3	Overleg 3.....	186
4.4	Overleg 4.....	188
4.5	Overleg 5.....	190

4.6	Overleg 6.....	192
7.	Procesbeoordeling afstudeerproject.....	194
8.	Logboek	195

2. Inleiding

In het Proces-deel wordt het verloop van het afstudeerproces weergegeven. De route die is gevolgd om tot het gewenste resultaat te komen. Het proces-deel is erg belangrijk omdat de vaardigheden worden aangetoond die nodig zijn voor een dergelijk onderzoek. Met deze vaardigheden kunnen ook andere onderzoek worden gedaan. In dit Proces-deel mag in de “ik-vorm” worden gesproken omdat er ook reflectie is opgenomen. Het proces-deel vormt dan ook een waardevolle aanvulling bij het afstudeerrapport.

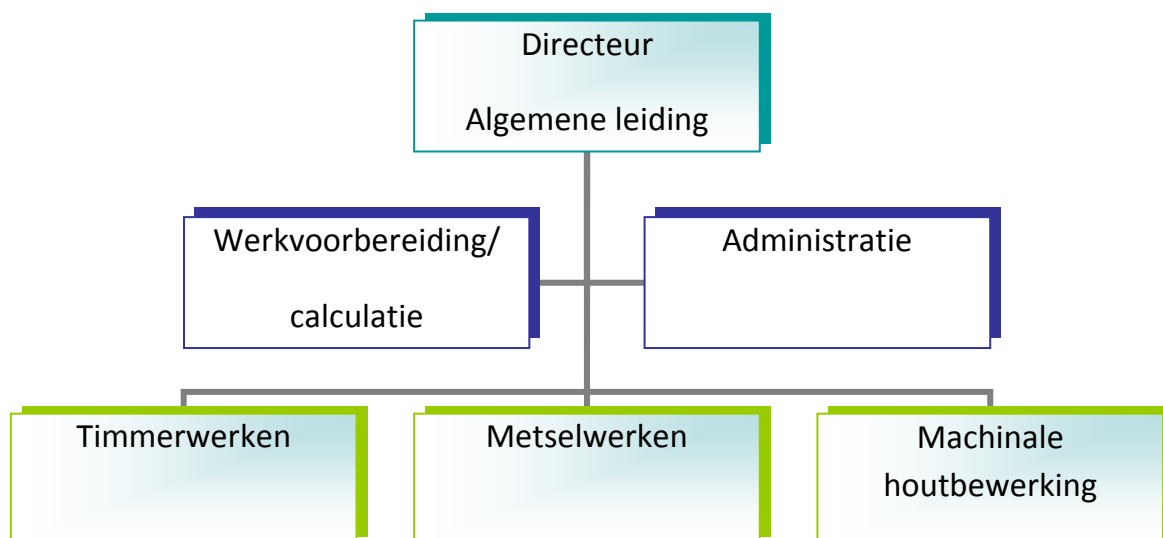
3. Bouwbedrijf Mulder Elspeet

3.1 Geschiedenis

Bouwbedrijf Mulder Elspeet BV is opgericht in 1984 door dhr. J. (Jaap) Mulder. Het bedrijf is begonnen als eenmansbedrijf, maar door het groeiende aantal opdrachten is het bedrijf al snel uitgebreid met meerdere medewerkers. Na een paar jaar ging het slechter met het bedrijf als gevolg van financieel wanbeleid. Gevolg was dat het bedrijf bijna failliet ging en is overgenomen door 2 medewerkers van het bedrijf: Jan Dijkgraaf en Gerrit Westerbroek. De laatstgenoemde heeft 2 jaar geleden het bedrijf verlaten. De onderneming is nu eigendom van Jan Dijkgraaf. Hij heeft de algemene leiding over het bouwbedrijf.

Bouwbedrijf Mulder Elspeet BV bestaat uit 7 bouwplaatsmedewerkers, een parttime administratief medewerkster, een calculator/werkvoorbereider en een algemeen directeur.

Binnen dit bedrijf functioneer ik als (enige) werkvoorbereider/calculator.



Figuur 1. Schematische weergave opbouw organisatie Bouwbedrijf Mulder Elspeet.

3.2 Marktsegment

Bouwbedrijf Mulder Elspeet haalt veel van haar opdrachten uit de vrije sector. Het realiseren van woningen voor particulieren vormt de belangrijkste pijler van het bedrijf. In dit marktsegment wordt voor een groot gedeelte de omzet gehaald. De markt van de vrije sector is momenteel erg mager en prijzen staan onder druk. Belangrijk is om je in dit segment positief te onderscheiden van de concurrentie en op deze manier extra opdrachten binnen te halen. Met name op het onderdeel energieprestatie kunnen hier resultaten worden geboekt.

3.3 Ontwerpbureau Brummelhuis

In de vrije sector wordt veel samengewerkt met ontwerpbureau Brummelhuis. Dit bureau beschikt over een catalogus met afgeprijsde modelwoningen die als basis dienen voor een verder uit te werken ontwerp. Het bureau beschikt over een commerciële tak dat opdrachten binnen haalt en dit samen met de aannemer verder uitwerkt. Meer- en minderwerkkosten voor een ontwerp worden in overleg met de aannemer bepaald. Het ontwerpbureau werkt met meerdere aannemers die elk hun eigen regio hebben. De plaats van de te bouwen woning bepaald gelijk de uitvoerende aannemer. De aannemers zijn geselecteerd op bouwmethode en op bouwkwaliteit.

3.4 Uitbreiding samenwerking

De markt waarin Brummelhuis en Mulder Elspeet zich begeven bestaat voornamelijk uit 'prijsvechters'. Hierbij positioneren zij zich wat hoger in de markt omdat er een bepaalde kwaliteitsstandaard wordt gehanteerd. Deze standaard berust met name op het traditioneel bouwen van de woning met zware materialen (stenen wanden en betonnen vloeren). Momenteel is alle aandacht gericht op het prijstechnisch gunstig behalen van de EPC norm 0.6. De concurrentie biedt inmiddels ook de mogelijkheid tot EPC 0.0 aan. Hier heeft Brummelhuis nog geen antwoord op. Met dit afstudeeronderzoek zal worden onderzocht waar de mogelijkheden liggen om de uitvoering in EPC 0.0 nu al te gaan aanbieden. Op deze manier kan de samenwerking worden uitgebreid waar beide partijen momenteel veel belang bij hebben.

3. A4 afstudeervoorstel

Onderstaand projectvoorstel is bij dhr. Ernest L.M. Boel ingeleverd als afstudeeronderwerp en goedgekeurd voor verdere uitwerking. Ingezonden 28 november 2012. Akkoord ontvangen 5 december 2012.

bijlage 1 bij reglement afstuderen

Hogeschool van Arnhem en Nijmegen		Opleiding	: ABI BMU
Faculteit Techniek		Periode	: 2012 - 2013
Instituut Built Environment			
A4-TJE PROJECTVOORSTEL			
GROEPSLEDEN			
Student 1	: Andres van den Hoorn	Student 3	: niet van toepassing
Studentnummer	: 489197	Studentnummer	:
Afstudeerrichting	: BMU	Afstudeerrichting	:
Telefoonnummer	: 06-12737940	Telefoonnummer	:
E-mailadres	: andresvdhoorn@hotmail.com	E-mailadres	:
Student 2	: niet van toepassing	Door afgeven van dit voorstel zijn de studenten op de	
Studentnummer	:	hoogte van de eisen die in het OER, het statuut en het	
Afstudeerrichting	:	afstudeerreglement aan het aan het afstudeerproces	
Telefoonnummer	:	worden gesteld.	
E-mailadres	:		
VOORSTEL AFSTUDEERPROJECT			
Onderwerp	: Duurzaam en betaalbaar naar EPC 0,0 voor woningen in de vrije sector		
Verdere omschrijving, bijzonderheden en andere zaken waaruit duidelijk de afstudeerpotentie blijkt:			
De overheid eist in 2020 een EPC van 0.0. In de werkomgeving van de student is dit een probleem dat regelmatig terug keert. Het bouwbedrijf waar de student werkzaam is werkt nauw samen met ontwerpburo Brummelhuis. Een passende oplossing voor de steeds hoger worden EPC-eis is er echter nog steeds niet. De student wil onderzoek doen op welke wijze dit duurzaam en betaalbaar kan worden gerealiseerd. Dit geldt met name voor de sector waarin de onderneming werkzaam is, de vrije sector. Nu de norm nog 0.6 is, is het redelijk haalbaar hieraan te voldoen. Over 8 jaar dient dit echter 0.0 te zijn. Hoe gaan we dit op een betaalbare wijze realiseren? Daarnaast is het van belang deze norm te realiseren op een duurzame wijze. Het toepassen van duurzame materialen is daar één van de uitgangspunten van. Een woning kan dan wel een EPC van 0.0 hebben, maar als de productie van de toegepaste materialen zodanig milieubelastend is, komt er een ernstige scheefgroei in de realisatie van energiezuinige woningen. In het verlengde van dit onderzoek is het de bedoeling om de onderneming, waar de student werkzaam is, op de markt te presenteren als een duurzaam bouwer. Met de opgedane kennis uit het onderzoek en de daaruit voortvloeiende conclusies en aanbevelingen wil de student de onderneming op de markt zetten als een deskundige op het gebied van zeer energiezuinige/energie neutrale woningen. Momenteel is het voor opdrachtgevers moeilijk om een deskundig bouwbedrijf te vinden dat gespecialiseerd is in de bouw van zeer energiezuinige/energie neutrale woningen.			
OPDRACHTGEVER AFSTUDEERPROJECT			
(bedrijfs)Naam	: Bouwbedrijf Mulder Elspeet BV	Telefoon	: 0577-491703
Afdeling	: Calculatie/werkvoorbereiding		
Akkoord afstudeercoördinator	:	Datum	:
INGEVULD FORMULIER INLEVEREN BIJ DE AFSTUDEERCOMMISSIE			

4. Plan van Aanpak

4.1 1^e Plan van Aanpak

Het eerste Plan van Aanpak is ingediend op 19 februari 2013

Inhoudsopgave

DEEL 1 ALGEMEEN

1.1a Student	3
1.1b Er wordt samengewerkt met	3
1.1c Titel van het onderzoek	3
1.2 Mentor	3
1.3 Co-mentor	3
1.4 Zakelijke informatie	3
1.5 Geschiedenis	4

DEEL 2 ONDERZOEK

2.1 Analyse probleem	5
2.2 Hoofdvraag	5
2.3 Doelstelling	5
2.4 Probleemstelling	5
2.5 Procesanalyse	6
2.6 SWOT analyse	7
2.7 Planning	8
2.8 Bronnen	8

DEEL 1 ALGEMEEN

1.1a. Student

Voornaam : Andres
Achternaam : van den Hoorn
Adres : Dreeslaan 45, 8072 XN Nunspeet
E-mail : andresvdhoorn@hotmail.com
Telefoon : 06-12 73 79 40
Studentnr. : 489197

1.1b. Er wordt samengewerkt met

De student voert het onderzoek alleen uit.

1.1c. Titel van het onderzoek

Titel: Duurzaam en betaalbaar naar een EPC 0.0 voor woningen in de vrije sector.

1.2. Mentor

Naam : ing. J.J.P. van Dalen
Bedrijf : Nieman Raadgevende Ingenieurs
Functie : senior projectleider

1.3. Co-mentor

Naam : ing. Ernest L.M. Boel
Bedrijf : Ernest Boel. Advies, training en ontwikkeling
Functie : ondernemer

1.4 Zakelijke informatie

Werkgever
Bouwbedrijf Mulder Elspeet BV
Staverdenseweg 51
8075 AP Elspeet
Tel : 0577 – 49 17 03
Fax : 0577 – 49 12 96
Email : info@bbme.nl
Web : www.bbme.nl

Afstudeerbegeleider

Naam : Jan Dijkgraaf
Functie : directeur
Mob. : 06 - 12 73 77 27
Email : jdijkgraaf@bbme.nl

1.5 Geschiedenis

Bouwbedrijf Mulder Elspeet BV is opgericht in 1984 door dhr. J. (Jaap) Mulder. Het bedrijf is begonnen als eenmansbedrijf, maar door het groeiende aantal opdrachten is het bedrijf al snel uitgebreid met meerdere medewerkers.

Na een paar jaar ging het slechter met het bedrijf als gevolg van financieel wanbeleid. Gevolg was dat het bedrijf bijna failliet en is overgenomen door 2 medewerkers van het bedrijf: Jan Dijkgraaf en Gerrit Westerbroek. De laatstgenoemde heeft 2 jaar geleden het bedrijf verlaten. De onderneming is nu eigendom van Jan Dijkgraaf. Hij heeft de algemene leiding over het bouwbedrijf.

Bouwbedrijf Mulder Elspeet BV bestaat uit 7 bouwplaatsmedewerkers, een parttime administratief medewerkster, een calculator/werkvoorbereider en een algemeen directeur.

1.6 Ontwerpburo Brummelhuis

In de vrije sector wordt veel samengewerkt met ontwerpburo Brummelhuis. Dit bureau beschikt over een catalogus met modelwoningen die als basis dienen voor een verder uit te werken ontwerp. Het bureau beschikt over een commerciële tak dat opdrachten binnen haalt en dit samen met de aannemer verder uitwerkt. Het ontwerpbureau werkt met meerdere aannemers die elk hun eigen regio hebben. De plaats van de te bouwen woning bepaald gelijk de uitvoerende aannemer. De aannemers zijn geselecteerd op bouwmethode en op bouwkwaliteit.

DEEL 2 ONDERZOEK

2.1 Analyse probleem

De overheid heeft bepaalde eisen gesteld aan energiezuinigheid van gebouwen. Dit wordt uitgedrukt in de EnergiePrestatieCoëfficiënt (EPC). Voor de woningbouw ligt die energie-prestatie-eis in 2020 op 0.0. Dit gaat alleen over het gebouwgebonden energiegebruik. Dat is de energie die nodig is voor het verwarmen of koelen van het binnenklimaat, het warm tapwater en de verlichting. De energieprestatie van een woning wordt beïnvloed door meerdere factoren. Niet alle factoren hebben evenveel invloed op de energieprestatie. Dat houdt in dat niet alle maatregelen die worden getroffen efficiënt zijn, zowel technisch als financieel. Het is de balans tussen meerdere factoren die een kleine en grote rol spelen in de energieprestatie van een woning.

2.2 Hoofd vraag

Hoe kan op een duurzame en betaalbare wijze een woning in de vrije sector in 2020 voldoen aan de gestelde EPC 0.0?

2.3 Doelstelling

Het doel van deze afstudeeropdracht is het uitbrengen van advies aan Bouwbedrijf Mulder Elspeet en ontwerpbureau Brummelhuis op welke wijze duurzaam en betaalbaar kan worden voldaan aan de gestelde EPC 0.0 in 2020.

2.4. Opzet scriptie

Theorie

Onderzoek naar theorie

- wat is EPC 0.8-EPC 0.0, Passief, Energieneutraal, Energieplus
- wat zijn de rekenmethodes, hoe wordt de energieprestatie vastgesteld
- wat zijn de invloedfactoren
- wat is het effect van deze invloedfactoren
- wat zijn de belangrijkste invloedfactoren

Invulling in praktijk

Toepassen van uitkomsten theorie op referentieprojecten

- introduceren van 2-3 referentieprojecten
- toepassen van uitkomsten theorie op referentieprojecten
- bepalen van:
 - technische haalbaarheid
 - kosten
 - duurzaamheid

2.5 Probleemstelling

Probleemstelling 1: Welke energievarianten zijn er en hoe worden deze berekend?

Probleemstelling 2: Wat zijn de invloedfactoren, wat is het effect en welke zijn het belangrijkste.

Probleemstelling 3: Welke maatregelen zijn nodig om een woning in de vrije sector te laten voldoen aan EPC 0.0

Probleemstelling 3: Kan EPC 0.0 interessant/betaalbaar worden gemaakt voor klanten in de vrije sector?

Probleemstelling 4: Is het haalbaar om met alleen duurzame materialen te werken?

2.6 Procesanalyse

- Onderwerp

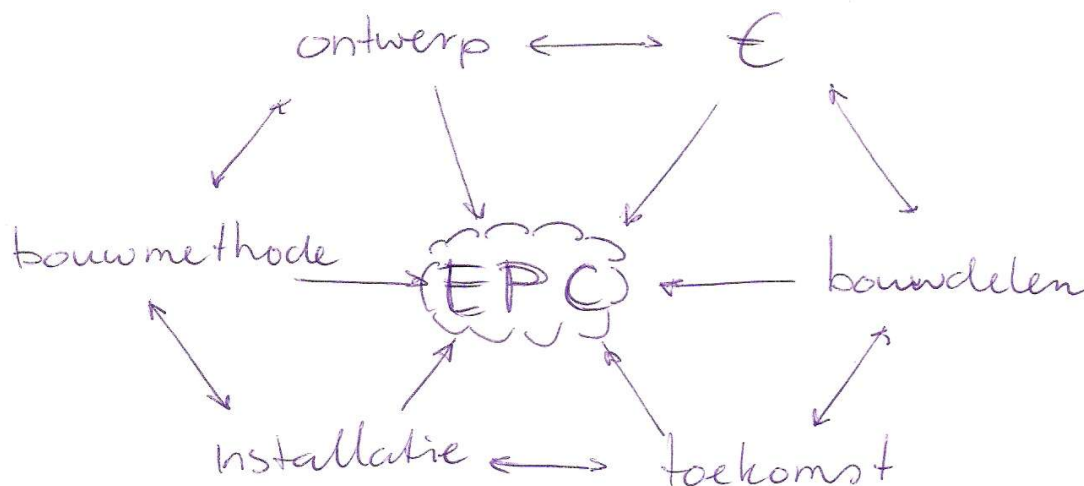
Het kiezen van een afstudeeronderwerp

- Probleemstelling

Het opstellen van een probleemstelling voor het afstudeeronderwerp

- Leggen van verbanden

De verbanden tussen de verschillende invloedfactoren rondom EPC.



- Indelen onderzoeksvelden

Om een antwoord te formuleren op de probleemstellingen, zijn er onderzoeksvelden ingericht.

Onderzoeksvelden

Invloed bouwdelen -ontwerp -vloer -gevel -dak -kozijnen + glas	Kostenefficiëntie -extra kosten uitgedrukt in % van bouwsom die gemaakt moeten worden om te voldoen aan 0.0 t.o.v. 0.6. -terugverdiëntijd	Balans duurzaam -kostenefficiëntie duurzame materialen
Neutraal -hoe groot is de stap van 0.0 naar neutraal (financieel, technisch, terugverdiëntijd)	Installatie -breed toepasbaar concept -esthetische gevolgen	Toekomstbestendigheid -huidige bouwmethode -huidige kozijnen -nieuwe ontwikkelingen

- Opsplitsen van onderzoeksvragen in gerichte deelvragen

De deelvragen maken het de inhoud van het onderzoeksveld concreet en overzichtelijk.

- Beantwoorden van de deelvragen

De deelvragen in de onderzoeksvelden zullen als volgt worden benaderd.

- het opstellen van een hypothese
- verzamelen van literatuur
- samenvatten van de literatuur
- toetsen van de hypothese
- aanpassen van de hypothese

- Het schrijven van de tekst

Op basis van het literatuuronderzoek en de beantwoorde vragen kan de tekst van de scriptie worden opgesteld.

- Afronding onderzoek

Het onderzoek en het schrijven van de scriptie wordt afgesloten met een conclusie en het doen van aanbevelingen.

- Presentatie

Het presenteren van de onderzoeksresultaten aan de diverse commissies.

2.6 SWOT analyse

SWOT	Kansen	Bedreigingen
Sterkten	• Er is specifiek onderbouwde informatie beschikbaar. • De vrije sector geeft veel vrijheid. • De ontwikkelingen in de techniek gaan snel.	• Goede informatie moet specifiek op de deelvraag aansluiten om niet te breed te worden. • Veel vrijheid vraagt ook strakke afbakening. • Er zijn veel technieken die kunnen worden toegepast.
Zwakten	• Er is heel veel informatie te vinden. • In de vrije sector is geen een woning hetzelfde. • Morgen kan er een nieuwe technische doorbraak komen.	• Niet alle informatie is betrouwbaar. • Een pasklaar concept voor alle modellen is niet realistisch. • Concepten kunnen snel verouderen door nieuwe techniek.

2.7 Planning

Kalend wk	Datum	Onderzkswk	PvA	Docum.tatie	Analyse	Scriptie	Presentatie
6	3 feb - 9 feb						
7	10 feb - 16 feb						
8	17 feb - 23 feb	1					
9	24 feb - 2 mrt	2					
10	3 mrt - 9 mrt	3					
11	10 mrt - 16 mrt	4					
12	17 mrt - 23 mrt	5					
13	24 mrt - 30 mrt	6					
14	31 mrt - 6 apr	7					
15	7 apr - 13 apr	8					
16	14 apr - 20 apr	9					
17	21 apr - 27 apr	10					
18	28 apr - 4 mei	11					
19	5 mei - 11 mei	12					
20	12 mei - 18 mei	13					
21	19 mei - 25 mei	14					
22	26 mei - 1 juni	15					
23	2 juni - 8 juni	16					
24	9 juni - 15 juni	17					
25	16 juni - 22 juni	18					

Belangrijke data.

- Week 8 wordt er gestart met verzamelen van documentatie en het inlezen daarvan.
- Eind wk 19 dient het concept van de scriptie te worden ingeleverd bij de mentor. Dat is 3,5 week voor de inleverdatum van de definitieve versie. Verwacht wordt dat de mentor en co-mentor dit eind wk 20 weer retour kunnen sturen zodat de student de mogelijkheid heeft de opmerkingen te verwerken. Eventueel kan eind wk 21 het aangepaste concept naar de mentor en co-mentor worden gestuurd om de aangepaste punten te controleren.
- Dinsdag wk 23 (4 juni) dient de definitieve versie van de scriptie te worden ingeleverd.
- Presentatie tussen 17 juni en 26 juni

2.8 Bronnen

- Internet
- Praktijkids Energieprestatie (Nieman Raadgevende Ingenieurs)
- Vakbladen (bijv. Energieids)
- Deskundigen EPC berekeningen (partner ontwerp bureau Brummelhuis)
- GreenWorks Raab Karcher

4.2 Reactie mentoren op 1^e Plan van Aanpak.

Per mail ontvangen op 28 februari 2013.

Hierbij tref je – zoals toegezegd - onze opmerkingen op je PvA v19.02.2013:

Pagina 4: inkorten – dit is te uitgebreid voor een PvA, gehele toelichting desgewenst wel toevoegen aan procesbijlage.

Pagina 5 – probleemstelling 1: Wellicht jezelf afvragen hoe de gehele rekenmethode in elkaar steekt. Is de EPC daarvoor wel het aangewezen middel? PHPP berekening?

Pagina 5 - advies bij Probleemstelling 2: koppel de kerncompetentie van het Bouwbedrijf (wat maakt BB Mulder Elspeet uniek / markt onderscheidend) hieraan. Anders wordt dit een algemene analyse, en ontstaat er geen (bruikbaar) maatwerk.

Pagina 5: probleemstelling 5 begrijp ik niet: dit is ‘slechts’ een stelling en er wordt niet duidelijk gemaakt wat je nu wil gaan onderzoeken. Kortom, de probleemstelling 5 staat eigenlijk los van de andere probleemstellingen en wordt meer een marketing vraag: “hoe zet ik mijn bedrijf in de schijnwerpers”. De vraag is of je die kant op moet gaan .

Pagina 6: Leggen van verbanden – schetsje begrijp ik niet helemaal. Nader toelichten.

Pagina 6: Stap van EPC 0,0 naar Passief is moeilijk te leggen, omdat het om totaal verschillende methoden gaat. Wel een actueel thema.

Pagina 8: Literatuuronderzoek moet een wezenlijk onderdeel vormen van het AP. ‘Bronnen’ vervangen door ‘Literatuuronderzoek’.

Verder:

Er is nog onvoldoende koppeling tussen het bedrijf en het onderwerp (BBME richt zich m.n. op de particuliere woningmarkt?)

Welke relatie ligt er met ontwerpbureau Brummelhuis?

Welke variabelen hebben de grootste invloed? Daarmee beperk je automatisch de omvang van het onderzoek, of kun je dat zo niet zeggen?

Onderzoeksvelden:

- o Moet het niet zijn; hoe groot is de stap van passief naar 0,0?

- o Bronnen:

Wat is passief bouwen? Energie nul woning? Energie plus woning?

Probeer wat meer literatuur te vinden en wat minder via internet.

Is het zinvol om eens te kijken naar Duitsland? Passief bouw?

Graag ontvangen we een aangevuld PvA, desgewenst kan je contact met me opnemen om de opmerkingen door te nemen. Morgen ben ik in Arnhem, op zich is een (kort) overleg rond lunchtijd mogelijk.

4.3 2^e Plan van Aanpak

Het 2^e Plan van Aanpak is ingediend op 8 maart 2013

Inhoudsopgave

DEEL 1 ALGEMEEN

1.1a Student	3
1.1b Er wordt samengewerkt met	3
1.1c Titel van het onderzoek	3
1.2 Mentor	3
1.3 Co-mentor	3
1.4 Zakelijke informatie	3
1.5 Geschiedenis	4
1.6 Marktsegment	4
1.7 Ontwerpbureau Brummelhuis.....	4
1.8 Uitbreiding samenwerking	4

DEEL 2 ONDERZOEK

2.1 Analyse probleem	5
2.2 Hoofdvraag	5
2.3 Doelstelling	5
2.4. Opzet onderzoek	5
2.5 Probleemstelling	6
2.6 Procesanalyse	6
2.7 SWOT analyse	8
2.8 Planning	9
2.9 Literatuur	10

DEEL 1 ALGEMEEN

1.1a. Student

Voornaam : Andres
Achternaam : van den Hoorn
Adres : Dreeslaan 45, 8072 XN Nunspeet
E-mail : andresvdhoorn@hotmail.com
Telefoon : 06-12 73 79 40
Studentnr. : 489197

1.1b. Er wordt samengewerkt met

De student voert het onderzoek alleen uit.

1.1c. Titel van het onderzoek

Titel: Duurzaam en betaalbaar naar een EPC 0.0 voor woningen in de vrije sector.

1.2. Mentor

Naam : ing. J.J.P. van Dalen
Bedrijf : Nieman Raadgevende Ingenieurs
Functie : senior projectleider

1.3. Co-mentor

Naam : ing. Ernest L.M. Boel
Bedrijf : Ernest Boel. Advies, training en ontwikkeling
Functie : ondernemer

1.4 Zakelijke informatie

Werkgever
Bouwbedrijf Mulder Elspeet BV
Staverdenseweg 51
8075 AP Elspeet
Tel : 0577 – 49 17 03
Fax : 0577 – 49 12 96
Email : info@bbme.nl
Web : www.bbme.nl

Afstudeerbegeleider

Naam : Jan Dijkgraaf
Functie : directeur
Mob. : 06 - 12 73 77 27
Email : jdijkgraaf@bbme.nl

1.5 Geschiedenis

Bouwbedrijf Mulder Elspeet BV is opgericht in 1984 door dhr. J. (Jaap) Mulder. Het bedrijf is begonnen als eenmansbedrijf, maar door het groeiende aantal opdrachten is het bedrijf al snel uitgebreid met meerdere medewerkers.

Na een paar jaar ging het slechter met het bedrijf als gevolg van financieel wanbeleid. Gevolg was dat het bedrijf bijna failliet en is overgenomen door 2 medewerkers van het bedrijf: Jan Dijkgraaf en Gerrit Westerbroek. De laatstgenoemde heeft 2 jaar geleden het bedrijf verlaten. De onderneming is nu eigendom van Jan Dijkgraaf. Hij heeft de algemene leiding over het bouwbedrijf.

Bouwbedrijf Mulder Elspeet BV bestaat uit 7 bouwplaatsmedewerkers, een parttime administratief medewerkster, een calculator/werkvoorbereider en een algemeen directeur.

1.6. Marktsegment

Bouwbedrijf Mulder Elspeet haalt veel van haar opdrachten uit de vrije sector. Het realiseren van woningen voor particulieren vormt de belangrijkste pijler van het bedrijf. In dit marktsegment wordt voor een groot gedeelte de omzet gehaald. De markt van de vrije sector is momenteel erg mager en prijzen staan onder druk. Belangrijk is om je in dit segment positief te onderscheiden van de concurrentie en op deze manier extra opdrachten binnen te halen. Met name op het onderdeel energieprestatie kunnen hier resultaten worden geboekt.

1.7 Ontwerpburo Brummelhuis

In de vrije sector wordt veel samengewerkt met ontwerpbureau Brummelhuis. Dit bureau beschikt over een catalogus met afgeprijsde modelwoningen die als basis dienen voor een verder uit te werken ontwerp. Het bureau beschikt over een commerciële tak dat opdrachten binnen haalt en dit samen met de aannemer verder uitwerkt. Meer- en minderwerkkosten voor een ontwerp worden in overleg met de aannemer bepaald. Het ontwerpbureau werkt met meerdere aannemers die elk hun eigen regio hebben. De plaats van de te bouwen woning bepaald gelijk de uitvoerende aannemer. De aannemers zijn geselecteerd op bouwmethode en op bouwkwaliteit.

1.8 Uitbreiding samenwerking

De markt waarin Brummelhuis en Mulder Elspeet zich begeven bestaat voornamelijk uit 'prijsvechters'. Hierbij positioneren zij zich wat hoger in de markt omdat er een bepaalde kwaliteitsstandaard wordt gehanteerd. Deze standaard berust met name op het traditioneel bouwen van de woning met zware materialen (stenen wanden en betonnen vloeren). Momenteel is alle aandacht gericht op het prijstechnisch gunstig behalen van de EPC norm 0.6. De concurrentie biedt inmiddels ook de mogelijkheid tot EPC 0.0 aan. Hier heeft Brummelhuis nog geen antwoord op. Met dit afstudeeronderzoek zal worden onderzocht waar de mogelijkheden liggen om de uitvoering in EPC 0.0 nu al te gaan aanbieden. Op deze manier kan de samenwerking worden uitgebreid waar beide partijen momenteel veel belang bij hebben.

DEEL 2 ONDERZOEK

2.1 Analyse probleem

De overheid heeft bepaalde eisen gesteld aan energiezuinigheid van gebouwen. Dit wordt uitgedrukt in de energieprestatiecoëfficiënt (EPC). Voor de woningbouw ligt die energie-prestatie-eis in 2020 op 0.0. Dit gaat alleen over het gebouwgebonden energiegebruik. Dat is de energie die nodig is voor het verwarmen of koelen van het binnenklimaat, het warm tapwater en de verlichting. De energieprestatie van een woning wordt beïnvloed door meerdere factoren. Niet alle factoren hebben evenveel invloed op de energieprestatie. Dat houdt in dat niet alle maatregelen die worden getroffen efficiënt zijn, zowel technisch als financieel. Het is de balans tussen meerdere factoren die een kleine en grote rol spelen in de energieprestatie van een woning.

2.2 Hoofdvraag

Hoe kan op een duurzame en betaalbare wijze een woning in de vrije sector in 2020 voldoen aan de gestelde EPC 0.0?

2.3 Doelstelling

Het doel van deze afstudeeropdracht is het uitbrengen van advies aan Bouwbedrijf Mulder Elspeet en ontwerpbureau Brummelhuis op welke wijze duurzaam en betaalbaar kan worden voldaan aan de gestelde EPC 0.0 in 2020.

2.4. Opzet onderzoek

In dit onderzoek wordt eerst een theoretische basis gelegd. Er worden verschillende energieprestatievarianten toegelicht. Dit is noodzakelijk omdat er veel termen op de markt zijn waaraan een ieder zijn eigen invulling geeft. Na een toespitsing op een bepaalde energieprestatievariant (in dit geval 0.0 en neutraal) wordt er nader onderzocht op welke wijze deze berekend worden. Op basis van dit onderzoek zal naar voren komen wat de belangrijkste invloedfactoren zijn op deze energieprestatie en wat het effect is van deze invloedfactoren.

Met de kennis uit het theoretisch onderzoek wordt er een link gelegd naar de praktijk. Hierbij worden 2-3 verschillende woningen gebruikt die totaal verschillend van ontwerp zijn. Hierdoor kan het effect van een invloedfactor worden berekend in verschillende situaties. Ook is het mogelijk om de technische haalbaarheid te bekijken, de kosten te bepalen en naar duurzaamheid te kijken.

In het kort kan dit als volgt worden weergegeven:

Onderzoek naar theorie

- wat is EPC 0.8-EPC 0.0, Passief, Energieneutraal, Energieplus
- wat zijn de rekenmethodes, hoe wordt de energieprestatie vastgesteld
- wat zijn de invloedfactoren
- wat is het effect van deze invloedfactoren
- wat zijn de belangrijkste invloedfactoren

Invulling in praktijk

Toepassen van uitkomsten theorie op referentieprojecten

- introduceren van 2-3 referentieprojecten
- toepassen van uitkomsten theorie op referentieprojecten
- bepalen van:
 - technische haalbaarheid
 - kosten
 - duurzaamheid

2.5 Probleemstelling

Probleemstelling 1: Welke energieprestatievarianten zijn er en hoe worden deze berekend?

Probleemstelling 2: Wat zijn de invloedfactoren, wat is het effect en welke zijn het belangrijkste.

Probleemstelling 3: Welke maatregelen zijn nodig om een woning in de vrije sector te laten voldoen aan EPC 0.0

Probleemstelling 4: Kan EPC 0.0 financieel aantrekkelijk worden gemaakt voor klanten in de vrije sector?

Probleemstelling 5: Is het haalbaar om met alleen duurzame materialen te werken?

2.6 Procesanalyse

- Onderwerp

Het kiezen van een afstudeeronderwerp

- Probleemstelling

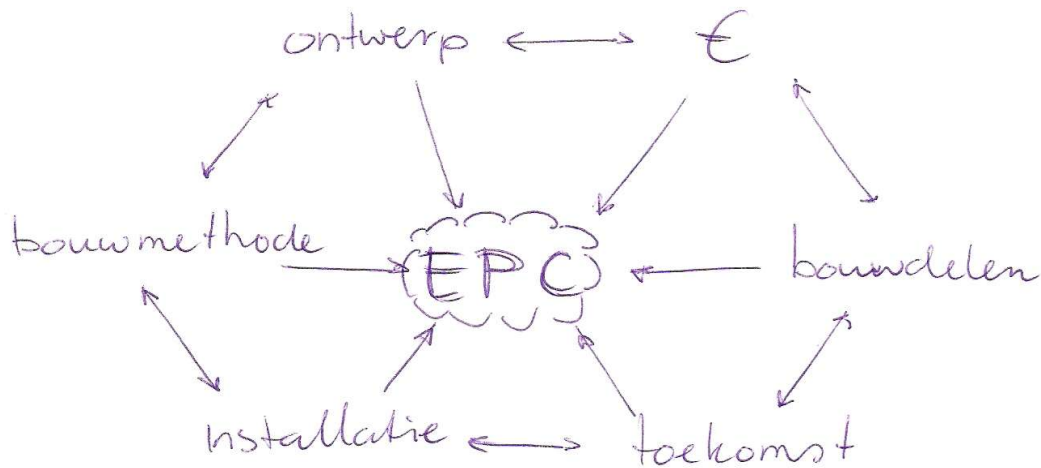
Het opstellen van een probleemstelling voor het afstudeeronderwerp

- Leggen van verbanden

De verbanden tussen de verschillende invloedfactoren rondom EPC.

Toelichting

De energieprestatie van woningen staat in dit onderzoek centraal. Deze prestatie wordt door verschillende factoren beïnvloed. Deze factoren beïnvloeden ook elkaar onderling. In het onderzoek zal duidelijk worden in welke mate de factoren elkaar beïnvloeden. Moet er om bijv. de gestelde energieprestatie te behalen concessies worden gedaan aan het ontwerp. Deze kunnen gevolgen hebben voor de kosten, maar ook voor de bouwmethode. Bij de keuze voor een bepaalde installatie zal moeten worden gekeken naar de toekomstbestendigheid, maar ook de bouwmethode kan moeten worden aangepast. En kan met deze bouwmethode het ontwerp wel worden uitgevoerd, en wat gaat dat kosten?



- Indelen onderzoeksvelden

Om een antwoord te formuleren op de probleemstellingen, zijn er onderzoeksvelden ingericht.

Onderzoeksvelden

Invloed ontwerp en bouwdeelen -ontwerp -vloer -gevel -dak -kozijnen + glas	Kostenefficiëntie -extra kosten uitgedrukt in % van bouwsom die gemaakt moeten worden om te voldoen aan 0.0 t.o.v. 0.6. -terugverdiëntijd	Balans duurzaam -kostenefficiëntie duurzame materialen
Neutraal -hoe groot is de stap van EPC 0.0 naar neutraal (financieel, technisch, terugverdiëntijd)	Installatie -breed toepasbaar concept -esthetische gevolgen	Toekomstbestendigheid -huidige bouwmethode -huidige kozijnen -nieuwe ontwikkelingen

- Opsplitsen van onderzoeksvragen in gerichte deelvragen

De deelvragen maken het de inhoud van het onderzoeksveld concreet en overzichtelijk.

- Beantwoorden van de deelvragen

De deelvragen in de onderzoeksvelden zullen als volgt worden benaderd.

- het opstellen van een hypothese
- verzamelen van literatuur
- samenvatten van de literatuur
- toetsen van de hypothese
- aanpassen van de hypothese

- Het schrijven van de tekst

Op basis van het literatuuronderzoek en de beantwoorde vragen kan de tekst van de scriptie worden opgesteld.

- Afronding onderzoek

Het onderzoek en het schrijven van de scriptie wordt afgesloten met een conclusie en het doen van aanbevelingen.

- Presentatie

Het presenteren van de onderzoeksresultaten aan de diverse commissies.

2.6 SWOT analyse

SWOT	Kansen	Bedreigingen
Sterkten	• Er is specifiek onderbouwde informatie beschikbaar. • De vrije sector geeft veel vrijheid. • De ontwikkelingen in de techniek gaan snel.	• Goede informatie moet specifiek op de deelvraag aansluiten om niet te breed te worden. • Veel vrijheid vraagt ook strakke afbakening. • Er zijn veel technieken die kunnen worden toegepast.
Zwakten	• Er is heel veel informatie te vinden. • In de vrije sector is geen een woning hetzelfde. • Morgen kan er een nieuwe technische doorbraak komen.	• Niet alle informatie is betrouwbaar. • Een pasklaar concept voor alle modellen is niet realistisch. • Concepten kunnen snel verouderen door nieuwe techniek.

2.7 Planning

Kalend wk	Datum	Onderzkswk	PvA	Docum.tatie	Analyse	Scriptie	Presentatie
6	3 feb - 9 feb						
7	10 feb - 16 feb						
8	17 feb - 23 feb	1					
9	24 feb - 2 mrt	2					
10	3 mrt - 9 mrt	3					
11	10 mrt - 16 mrt	4					
12	17 mrt - 23 mrt	5					
13	24 mrt - 30 mrt	6					
14	31 mrt - 6 apr	7					
15	7 apr - 13 apr	8					
16	14 apr - 20 apr	9					
17	21 apr - 27 apr	10					
18	28 apr - 4 mei	11					
19	5 mei - 11 mei	12					
20	12 mei - 18 mei	13					
21	19 mei - 25 mei	14					
22	26 mei - 1 juni	15					
23	2 juni - 8 juni	16					
24	9 juni - 15 juni	17					
25	16 juni - 22 juni	18					
26	23 juni - 29 juni	19					
27	30 juni - 6 juli	20					
28	7 juli - 13 juli	21					
29	14 juli - 20 juli	22					
30	21 juli - 27 juli	23					
31	28 juli - 3 aug	24					
32	4 aug - 10 aug	25					
33	11 aug - 17 aug	26					
34	18 aug - 24 aug	27					
35	25 aug - 31 aug	28					
36	1 sept - 7 sept	29					
37	8 sept - 14 sept	30					
38	15 sept - 21 sept	31					
39	22 sept - 28 sept	32					

Belangrijke data.

- Week 8 wordt er gestart met verzamelen van documentatie en het inlezen daarvan.
- Eind wk 27 (6 juli) dient het concept van de scriptie te worden ingeleverd bij de mentor. In overleg met de mentoren zal worden bepaald welke mogelijkheden er in deze periode zijn omdat het vakantietijd is.
- Dinsdag wk 36 (3 september) dient de definitieve versie van de scriptie te worden ingeleverd.
- Presentatie tussen 16 september en 27 september.

2.8 Literatuuronderzoek

- Praktijkgids Energieprestatie (Nieman Raadgevende Ingenieurs)
- EnergieVademecum
- Vakbladen (bijv. Energiegids)
- Deskundigen EPC berekeningen (partner ontwerpbureau Brummelhuis)
- GreenWorks Raab Karcher
- Internet

4.4 Reactie mentoren op 2^e Plan van Aanpak.

Per mail ontvangen op 13 maart 2013.

Beste Andres,

Je PvA is goedgekeurd, je kunt hiermee verder.

Graag ontvang ik binnenkort de eerste uitwerkingen.

Geef zelf maar aan wanneer je een afspraak wenst om de voortgang te bespreken.

Er zijn diverse mogelijkheden, zowel bij mij op kantoor in Zwolle, bij mij op de bouw in A'foort (Meander Medisch Centrum) of 5 april in Arnhem (die dag geef ik les). Ik zie je voorstel graag tegemoet. Uiteraard heeft een gesprek pas zin als er voldoende is om te bespreken.

4.5 Mening over verloop proces

1^e Plan van Aanpak

Bij het eerste Plan van Aanpak moest er nog worden afgetast wat er precies van de student werd verwacht. Na de uitgebreide reactie van de mentoren was dat meer duidelijk.

2^e Plan van Aanpak

Bij het opstellen van het 2^e Plan van Aanpak zijn de opmerkingen van de mentoren verwerkt in het 2^e Plan van Aanpak. De planning is ook aangepast omdat op dat moment duidelijk werd dat het niet realistisch was om in juni te presenteren.

Planning

Het afstudeerproject is volgens planning verlopen. Hoewel alles volgens plan ging, was het aan het eind toch nog hard werken om alles klaar te krijgen. Het voordeel was dat mentor Van Dalen een korte vakantie had van 2 weken waardoor het afstudeerproces kon doorgaan. Zelf ben ik niet op vakantie geweest in verband met gezinsuitbreiding die eind augustus wordt verwacht.

Titel onderzoek

De titel van het onderzoek is bij het afronding van de scriptie aangepast. De termen 'duurzaam en betaalbaar' vond ik niet meer passen bij het eindresultaat omdat het te vaag is. De hoofdtitel is daarom geworden: "EPC 0.0 woningen in de vrije sector", met als ondertitel "Onderzoek naar de haalbaarheid van EPC 0.0 woningen in de vrije sector in 2014". Deze titels dekken beter de inhoud van het onderzoek en zijn tevens meer van toepassing op de inhoud zodat de lezer beter weet waar er onderzoek naar is gedaan.

Voortschrijdend inzicht onderzoeksvelden

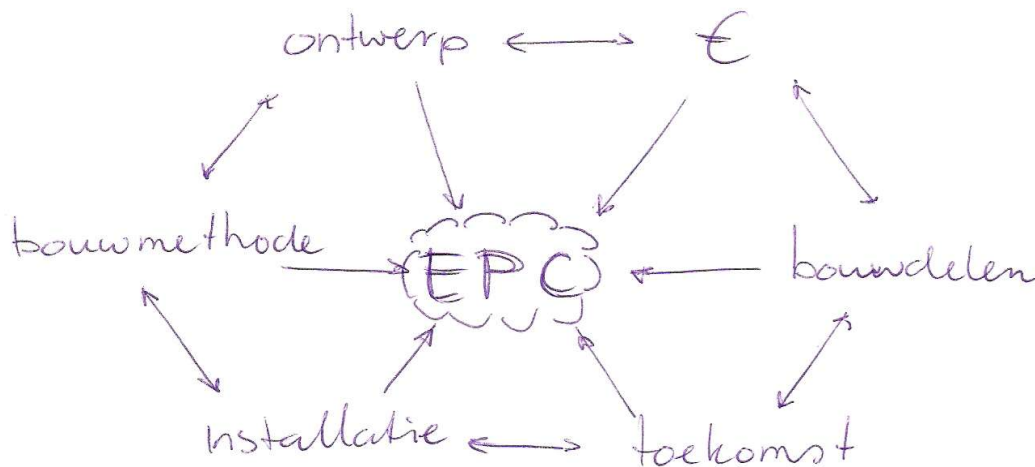
In het Plan van Aanpak waren 6 onderzoeksvelden opgenomen. Door het voortschrijdende inzicht zijn bepaalde onderzoeksvelden meer onderzocht dan andere. De velden die bij nader inzicht niet of minder zijn onderzocht zijn: Neutraal en Balans Duurzaam. Deze onderzoeksvelden bleken bij nader inzicht minder relevant dan eerst werd gedacht. Het onderzoeksveld Toekomstbestendigheid is terloops in het onderzoek aan de orde geweest, maar gaf bij nader inzicht te weinig toegevoegde waarde om het uit te diepen.

Probleemstellingen

Alle probleemstellingen zijn met het onderzoek beantwoord. Hierin blijkt dat hetgeen is onderzocht ook goed aansloot op de vragen/probleemstellingen die waren opgesteld.

Procesanalyse

De procesanalyse uit het Plan van Aanpak is goed geweest. De verbanden die in het 2^e Plan van Aanpak zijn aangegeven bleken tijdens het onderzoek duidelijk aanwezig. De weergave van de EPC centraal, met daaromheen verschillende factoren die gerelateerd zijn aan de EPC, is tijdens het onderzoek duidelijk naar voren gekomen.



Figuur 2. Model van procesanalyse zoals opgenomen in het 2^e Plan van Aanpak.

5. Interviews en overlegverslagen met deskundigen

5.1 Overleg 1 met dhr. W. Beltman, EPC-deskundige bij Ontwerpbureau Brummelhuis te Deventer.

1. Algemeen

Aanwezig : dhr. W. Beltman (EPC-deskundige Brummelhuis)
Andres van den Hoorn
Datum : 8 maart 2013
Tijd : 13.00u – 17.15u
Plaats : kantoor Brummelhuis (Deventer)

2. Doel

- Inzicht krijgen in de rekenwijze van de energieprestatie
- Antwoord krijgen op de vragen rondom de EPC en de berekening

3. Vragen en antwoorden.

1. *Isoleren is kosten efficiënt tot Rc 5.0. Waarom hebben de passieve huizen dan vaak een Rc van 8-10?*

Passieve huizen hebben een hoge rc waarde omdat dit te maken heeft met een bepaald principe. Rc waarde werkt totaal anders. Passieve huizen moeten worden berekend aan de hand van een PHPP berekening waar een bepaalde uitkomst aangeeft of dit een passieve woning is. Deze waarde kan worden behaald door te voorkomen dat er zo min mogelijk energie uit gaat. Om die reden worden de passieve woningen goed geïsoleerd.

Bij de EPC is de verhouding anders. Daar kun je zelfs een varkensschuur een EPC 0.0 geven als je het dak vol legt met pv cellen. De opgewekte energie is dan net zo veel als de verbruikte gebouwgebonden energie. Of er wel of niet wordt geïsoleerd, het maakt niet uit. Als de gebouwgebonden energie maar wordt gecompenseerd met duurzaam opgewekte energie.

2. *Isoleren is de meest pure vorm van energiebesparing. Waarom wordt daar dan maar heel beperkt mee gewerkt?*

Isoleren heeft een beperkt effect op de waardering van de EPC. Hoewel het principe juist is omdat je energie bespaart, wordt het weinig toegepast omdat het niet veel effect heeft op de prestatie en in de praktijk veel geld kost.

3. *Hebben jullie zicht op de kosten van bepaalde keuzes?*

Ja, ze hebben wel beeld bij de kosten van een bepaalde installatie. Dit gebeurt veelal in overleg met de aannemer.

4. *Wordt er ook gekeken naar toekomstbestendigheid. Een installatie gaat niet 50jaar mee. Isolatie wel. Hoe gaan ze daar mee om.*

Nee, er wordt niet gekeken naar toekomstbestendigheid. De klant kijkt alleen naar het financiële aspect op het moment van de bouw.

5. *Kun je het 'probleem' alleen oplossen met een installatie?*

Ja, het EPC-probleem kan alleen worden opgelost met de installatie. Je kunt op verschillende manieren de eindwaardering beïnvloeden, zoals met beschaduwing, luchtdichtheid en isolatie, maar dat is maar beperkt.

6. *Kun je de 0.0 halen zonder esthetisch concessies te doen?*

Is afhankelijk van het ontwerp. Met een plat dak kun je veel doen zonder concessies te doen. Een woning met kap is elke keer weer maatwerk.

7. *Er wordt beweert dat je met een PHPP berekening veel gunstiger uitkomt dan met een EPC omdat je alles nauwkeuriger kunt invoeren en een PHPP met andere uitgangspunten werkt. Wat weet je daar van?*

Beltman kent de phpp berekening niet. Is in Nederland ook niet wettelijk goedgekeurd. De Nederlandse NEN wordt is bepalend voor de EPC. Deze wordt binnenkort Europees. Het is de vraag welke rekenmethode dan bepalend wordt EPC of PHPP, of iets daar tussenin.

8. *Woningen met platte daken standaard vol zetten met pv-cellen? Een vereiste of een optie?*

Een woning met een plat dak vol zetten met pv cellen is voor de norm 0.0 bijna een vereiste. Vooral als de woning aangesloten is op stadsverwarming, dan wordt het een moeilijk verhaal.

9. *Hebben jullie de NEN7120 voor mij om te kunnen bestuderen?*

NEN7120 is wel aanwezig, maar krijg niet mee.

10. *Welke invloed hebben de kozijnen op de berekening.*

Kozijnen hebben een heel beperkte invloed op het geheel. Zie uitkomsten Hebo etc.

11. *Kun je voor EPC 0.0 nog werken met de traditionele kozijnen of moet je naar speciale kozijnen met 3 dubbel glas?*

EPC 0.0 kan prima worden gerealiseerd met deze kozijnen. De verhoudingen zijn wel wat zoek omdat de schil dan een rc van 10 heeft en de kozijnen een stuk minder zijn.

5.2 Overleg 2 met dhr. W. Beltman, EPC-deskundige bij Ontwerpbureau Brummelhuis te Deventer.

1. Algemeen

Aanwezig : dhr. W. Beltman (EPC-deskundige Brummelhuis)
Andres van den Hoorn
Datum : 16 mei 2013
Tijd : 13.00u – 17.15u
Plaats : kantoor Brummelhuis (Deventer)

2. Doel

- Inzicht krijgen in de effecten van toepassingen op de energieprestatie van vrijstaande woningen bij het wijzigen van isolatiewaarden en soorten installatie.
- het zoeken naar een conceptvorm dat breed toepasbaar is.

3. Besproken

3.1 Effect van rekenwijze op verschillende modellen woning

Dhr. Beltman heeft 2 jaar geleden een studie gemaakt van het effect van alle mogelijke toepassingen in een EPC-berekening. Deze toepassingen zijn op 3 verschillende woningmodellen toegepast. Hoewel de verhouding tussen BVO en gevel/dak bij alle modellen verschillend was, waren de uitkomsten bij alle modellen nagenoeg gelijk. Hierin blijkt dus dat het klopt dat Agentschap NL aangeeft dat de formule zodanig is opgebouwd dat een bepaalde toepassing op elke model vrijstaande woning dezelfde gevolgen heeft voor de energieprestatie.

3.2 Het effect van wijzigingen in de EPC-berekening

Om een goed beeld te krijgen wat de gevolgen zijn van bepaalde toepassingen in de EPC-berekening is vanuit een basismodel gekeken welke EPC-reductie er ontstaat als er iets wordt gewijzigd. Hierbij werden wijzigingen doorgevoerd in bijv. isolatiewaarde van verschillende bouwdelen, luchtdichtheid, ventilatiesysteem, verwarming. Met deze uitkomsten kan worden nagerekend wat het kost om een bepaalde reductie te creëren. Op deze manier kan worden bepaald via welke weg het goedkoopst een gunstige energieprestatie kan worden gerealiseerd.

3.3 Combinaties maken

Tijdens het 'uitproberen' van tal van mogelijkheden wordt duidelijk dat een berekening complex in elkaar steekt. Dit komt met name door het feit dat bepaalde combinaties niet mogelijk zijn, of juist noodzakelijk. Wanneer er gebruik wordt gemaakt van een bepaald ventilatie-wtw systeem, dan moet daar een vastgesteld

type hr-ketel aan worden gekoppeld. Ook is het mogelijk dat combinaties niet mogelijk zijn, bijv. bij stadsverwarming.

3.4 Optelsom van waarden

Het rekenprogramma is zodanig opgesteld dat reductie-factoren elkaar onderling beïnvloeden waardoor het effect van een bepaalde toepassing elke keer weer anders kan uitpakken. Het wordt duidelijk wanneer een bepaalde toepassing bij een EPC van 1.2 veel meer reductie geeft dan wanneer hetzelfde wordt toegepast bij EPC 0.4. Dit heeft te maken met het onderling beïnvloeden van factoren. Gesteld kan worden dat hoe dichter de berekening bij de 0 komt, hoe kleiner het effect van een toepassing. De laatste paar punten kosten dus relatief veel geld omdat er veel installatiewerk nodig is voor een klein effect. De enige toepassing die een lineair effect heeft op de reductie, zijn pv-panelen. Op zich is dat te verklaren omdat deze toepassing los staat van de overige installatie. Het toepassen van pv-panelen is dan ook redelijk 'reductie-vast'. Hierdoor is goed vast te stellen hoeveel m2 er nodig is een bepaalde reductie te realiseren.

3.5 Zienswijze dhr. Beltman

Op de vraag aan dhr. Beltman hoe hij het concept ziet voor een EPC 0.0 woning is hij een tijdje stil en denkt na. Zijn zienswijze in EPC 0.0 is niet erg positief. Hij denkt dat de markt nog niet klaar is voor EPC 0.0. De ontwikkelingen in de isolatie en installatie gaan zo hard, dat wat nu nog heel moeilijk haalbaar is, over een paar jaar wel goed haalbaar is. Hierbij noemt hij het geval EPC 1.0. In de tijd dat dat nog de norm was, was het praktisch niet mogelijk om een waarde te halen van EPC 0.6. Nu is dat wel prima haalbaar. Dat komt door de nieuwe ontwikkelingen. Voor deze tijd geldt hetzelfde. Door nu te gaan rekenen met EPC 0.0 gaan we ons in een harnas drukken waar de markt nog niet klaar voor is. Tegen de tijd dat EPC 0.0 de norm is, is de markt klaar voor deze energieprestatie.

3.6 Sturend concept

Om toch een bepaalde richting op te gaan met het concept met EPC 0.0 wordt gekeken om een sturend concept te maken. Hierbij worden dan bepaalde uitgangspunten aangenomen waarvan bijna zeker is welk effect ze hebben op de energieprestatie. Volgens Beltman komen we dan uit bij:

- isolatiewaarde vloer 3,50, schil 5.0, dak 5.0-10.0
- qv-10 waarde 0.40
- warmtepomp, grondgebaseerd, watergevuld
- wtw-installatie (bijv. Itho Demand flow)

Deze punten zijn elk behoorlijk kostbaar, maar geven wel een solide reductie.

4. Afspraak

Het overleg wordt afgerond. Na voor de tweede keer een hele middag te hebben overlegd, is dit het einde van de input van Brummelhuis in dit onderzoek. Aangezien Brummelhuis niet direct brood ziet in een EPC 0.0-

concept is er voor hun geen reden om hier nog meer energie in te steken. Wel wordt aangegeven dat kleine zaken nog via telefoon of mail kunnen worden geregeld.

5. Afronding

Dhr. Beltman wordt bedankt voor zijn inzet in dit onderzoek en wenst de student succes met het verdere uitwerken van de gegevens.

5.3 Telefonisch interview met Remy ten Have, eigenaar van het bedrijf Earth Energie bv, ontwikkelaar van de software Uniec 2.0

Datum: 24 mei 2013

1. Is het mogelijk vanaf papier te berekenen wat de uitkomst is van een bepaalde handeling?

In principe is dat mogelijk. Het is echter niet de meest logische wijze. Dit heeft te maken met het feit dat de factoren elkaar onderling beïnvloeden. Ook het type installatie dat wordt toegepast heeft invloed op tal van reductiefactoren. Wanneer we denken aan de toepassing van een douche-wtw in combinatie met een zonneboiler dan wordt de douche-wtw zeer laag gewaardeerd. Waar heeft dat mee te maken? Dat komt omdat je warmte gaat terugwinnen die je duurzaam met je zonnepaneel hebt opgewekt. Logisch dat een douche-wtw niet hoog wordt gewaardeerd.

2. Hoe dichterbij een berekening bij 0.0 komt, hoe kleiner het effect van een reducerende maatregel. Is daar een range in?

Nee, dat is het complexe van een EPC berekening. De beïnvloeding van de factoren onderling is hierin niet te beredeneren. Het is niet zo dat het effect onder bepaalde waarden een aantal procenten afneemt of toeneemt. Dit heeft weer te maken met vastgestelde normen en de factoren die elkaar onderling beïnvloeden.

3. Hoe kijkt Uniec 2.0 aan tegen TCO (Total Cost of Ownership)?

In principe doen we daar weinig mee. Het gaat puur om de energieprestatie van een woning. Verdere kosten op langere termijn worden niet meegenomen. Wanneer we dat ook gaan doen, dan wordt het verhaal zo breed, dat er bijna niet meer is uit te komen. We kunnen nu op basis van bouwfysische gegevens tal van zaken berekenen, zoals warmteweerstand, ventilatieverliezen, warmteterugwinning enz. Op basis daarvan kunnen we een optelsom maken. Gaan we rekenen over een tijd van 50 jaar, dan is het overzicht compleet weg. Het kan dus zo zijn dat iemand van mening is dat hij beter kan investeren in een hoogwaardig geïsoleerde gebouwschil dan in een installatie omdat de installatie na 20 jaar moet worden vervangen en dus nog een keer geld kost. Isolatie kost maar 1x geld en kan je jaarlijks een besparing geven. Mensen denken echter hierin te lineair. Op een gegeven moment maakt het gewoon niet meer uit of je schil een Rc van 6.0 of 7.0 heeft. Dan ben ik zelf van mening dat je op een gegeven moment aan je installatie moet gaan werken. Daar valt veel meer winst te behalen ten opzichte van de investering.

4. Is dat wel reëel dan omdat een installatie er na 20 jaar weer uit moet en de spouwisolatie gewoon blijft zitten?

Het verhaal van zeer hoge spouwisolatie is enorme flauwe kul. Dit heeft te maken met de U waarde die aangeeft hoeveel warmte door de constructie gaat per m² per seconde per graad verschil. Dat is geen lineair verband, maar exponentieel. De roep om juist enorm te gaan isoleren is dus lariekoek. Net zo als de mensen van Passief Bouwen. Dat is gewoon flauwe kul. Je huis helemaal vol stoppen met enorme pakketten isolatie, dat heeft geen zien. Dit heeft trouwens ook te maken met ons klimaat. Dat ze het in Oostenrijk veel toepassen, ja daar is het kouder en dus het warmtetransport door de gevel veel meer. Daar heeft isoleren wel zin. Maar in Nederland, nee hoor. Gewoon normaal stevig isoleren is voor ons voldoende.

5. Hoe ziet u de inrichting van het rekenprogramma?

Wij werken vanuit normen die Europees zijn vastgesteld. Dat zijn geen normen die wij zelf verzinnen. Hieruit volgt ook het feit dat factoren elkaar onderling beïnvloeden. Het is daarom ook lastig om te werken met individuele parameters. Die zijn te gevoelig voor veranderingen. Je moet meer denken in concepten. Ten eerste omdat je daarmee een meer stabiele parameter creëert en daarnaast ook zeker weet dat combinaties uitvoerbaar zijn. Het geheel van een energieprestatieberekening is een complex iets wat moeilijk is te beredeneren, vooral als het om de details gaat.

5.4 Verslag overleg met dhr. Niels Nijkamp van Bouwbedrijf Kamphuis

Datum: vrijdag 25 mei 2013

1. Introductie

2. Brummelhuis geeft aan dat jullie al werken met een qv10-waarde van 0.2. Klopt dat?

Ja, we zijn er mee bezig, maar we zijn nog niet zo ver. Momenteel hebben we 2 testen laten doen en hieruit is een waarde van 0.4 en 0.3 gekomen. We verwachten na een paar aanpassingen op 0.2 te zitten.

3. Is er zicht op de extra kosten die er gemaakt worden om deze waarde te halen?

Nee, direct zicht op deze kosten is er niet. Je hebt wel te maken met meerkosten ten opzichte van de standaard. Daarnaast heeft het personeel een cursus gehad over luchtdichtbouwen zodat we ze eigenlijk opnieuw hebben 'opgevoed'.

4. Wat voor maatregelen treffen jullie zoal om deze waarde te kunnen halen?

- goed knevelend hang- en sluitwerk
- goede enkele kierdichting bij draaiende delen. Dubbele kierdichting is onzin. We hebben dat nagekeken, maar dubbel heeft geen enkele meerwaarde ten opzichte van enkel.
- gebruik van Flex-pur. Dat werkt veel beter dan normale pur omdat het flexibel blijft en dus beter afdicht
- gebruik van doppen in kanaalplaatvloeren
- compleet afschuimen van de onderzijde van de meterkastplaat.
- degelijk afkitten van glas

5. Het gebruik van tape hoor ik niet. Heeft dat een reden?

We zijn met tape bezig geweest, maar dat was geen succes. Het is te veel weersafhankelijk. Alleen bij droog weer en 15°C, dan werkt het super, maar voor de rest vinden wij het geen succes. Daarnaast werken wij veel met keramische snelbouwstenen die een geribbeld oppervlak hebben. Dat maakt het ook niet gemakkelijker.

6. Hebben jullie een test gedaan met een blowerdoor?

Ja, wij hebben een blowerdoortest laten uitvoeren. Daar bij werd de hele woning in onderdruk gebracht. Op die momenten merk je echt waar het mis zit. Je voelt gewoon de stromen op bepaalde punten. Het is hetzelfde als windkracht 9 op je gevel. Werkt geweldig mooi.

7. Ben je tot nieuwe inzichten gekomen door deze test?

Jazeker. Je merkt dat je een werkmethode moet toepassen die heel gestructureerd rekening houdt met de luchtdichtheid. Op zich heb je aan de tips van de cursus heel veel, maar met zo'n test merk je zelf waar het fout gaat. Zelfs bijv. bij het glas. Als dat niet lekker vol in de kit zit, dan kan het ook daar lekken. En centraaldozen in de vloeren. Dat is drama. Als die in contact staan met een kanaal en dat kanaal staat in contact met de spouw, dan heb je een enorm luchtlek. Gevolg is dat je met kanaaplaatvloerdoppen moet gaan werken en ook moet zorgen dat het kanaal is afgepurd rondom de centraaldoos. Bij elkaar een heel werk, maar het heeft zeker resultaat. Ook de meterkastplaat blijkt een luchtlek te zijn. In eerste instantie denk je dat daar via die rubber ringen geen lucht de woning kan binnen komen, maar dat is wel het geval. Daarom schuimen we de onderzijde compleet af met FlexPur, en dan is het over.

8. Er is nu bij 2 woningen een blowerdoortest uitgevoerd. Is het niet riskant om zo'n test uit te voeren?

Wanneer de qv10 waarde hoger ligt dan in de EPC-berekening staat aangegeven, dan is de EPC-berekening niet correct.

De blowerdoortest laat je als onderneming uitvoeren en je bent niet verplicht de uitkomst bekend te maken. Dus mocht deze waarde te hoog zijn, dan moet je als aannemer je realiseren dat er iets mis is. Je kunt dat dus gewoon stilletjes voor jezelf houden. Wanneer je in je berekening aangeeft dat je een lagere waarde hebt berekend dan forfaitair, dan kan de gemeente eisen dat je het aantoont. Dan moet je dus wel je resultaten overhandigen aan de gemeente. Voor de rest mag je het voor jezelf houden als interne bedrijfsinformatie.

9. Via welke partij hebben jullie de blowerdoortest geregeld en wat waren de kosten? Veelal hoor ik bedragen van ong. €300,00, klopt dat?

Via Bouwradius hebben we het geregeld. Daar hoorde voor het personeel ook een cursus bij over luchtdicht bouwen. Voor de blowerdoortest zijn we doorgestuurd naar een extern bureau. De kosten van €300 klopt wel aardig. Bij onze project lag het er aan hoever het rijden was vanaf hun vestiging. Je krijgt van het bureau een rapportage van de blowerdoortest en een rapport van verbeterpunten om het nog beter luchtdicht te krijgen.

10. Wat vind je zelf van de ontwikkeling 'luchtdicht bouwen'?

Op zich heel positief. Door de EPC-berekening ga je veel bewuster om met je bouwkwaliteit omdat je daar voor jezelf punten kunt scoren. Als we het redden om met een qv10 waarde te rekenen van 0.2, dan kunnen we misschien de gevel isoleren met een dunnere isolatie, wat voor ons een vermindering van bouwkosten heeft. We hebben natuurlijk wel wat meer kosten aan het luchtdicht bouwen, maar als we de meerkosten van luchtdichtbouwen wegschrijven tegen de kostenbesparing aan bouw materiaal dan geeft het luchtdichtbouwen netto geen meerkosten op het project, dan bouwen we gratis beter. En dat is prachtig.

11. Afronding gesprek.

6. Verslagen overleg mentoren

6.1 Overleg 1

1. Algemeen

Aanwezig : ing. J.J.P van Dalen (mentor)
Andres van den Hoorn (student)

Tijd : 9.30u – 10.30u

Datum : 11 januari 2013

Plaats : docentenkamer HAN

2. Doel

- Startgesprek afstudeeronderzoek
- Bespreken van de algemene gang van zaken rondom het afstuderen
- Het bespreken van de ideeën rond het afstudeeronderwerp inventariseren van de mogelijkheden.

3. Besproken

3.1 Het doel van het afstudeeronderzoek

Het is belangrijk om voor de start van het onderzoek te weten wat de uitkomsten van het onderzoek moeten aangeven. Op basis van het doel kan er een plan worden uitgewerkt.

3.2 Onderzoeksvelden

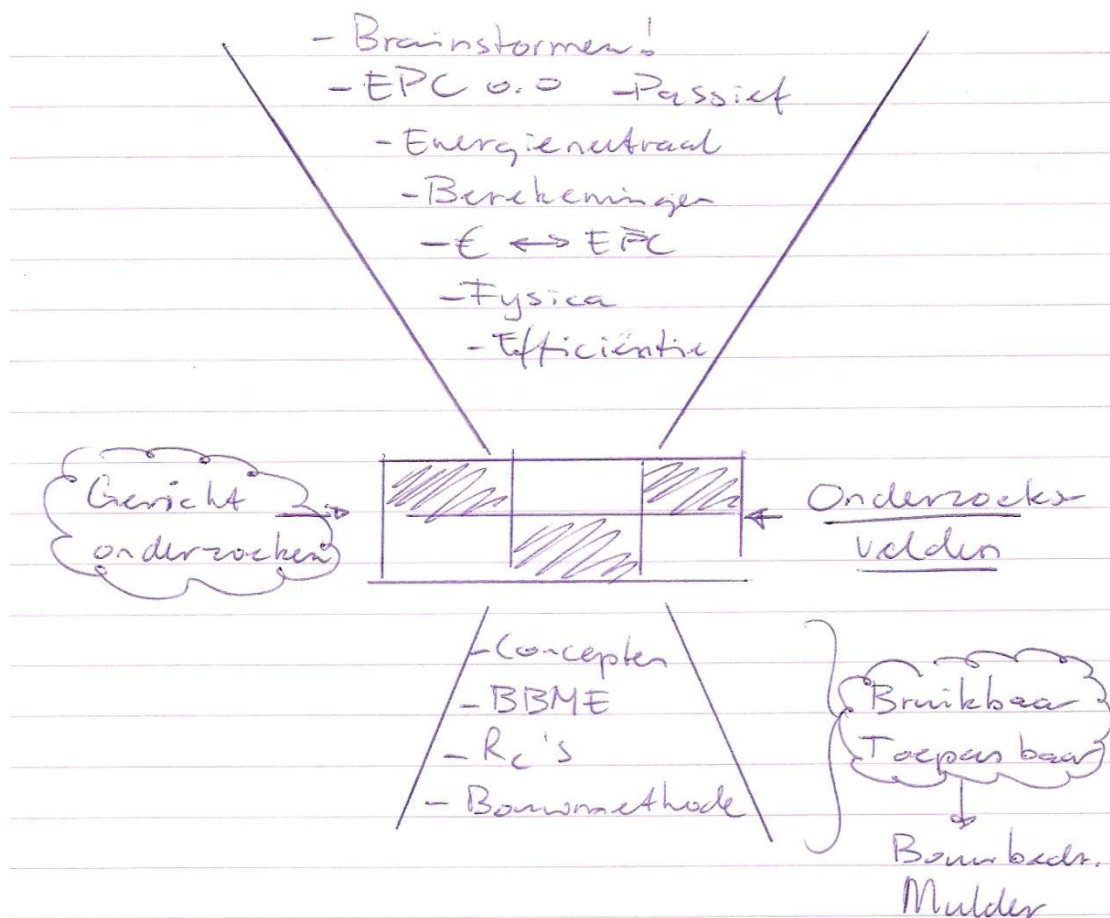
Het afstudeeronderzoek is een grote opdracht waarbij het belangrijk is het overzicht te behouden. In eerste instantie dient een brede inventarisatie plaats te vinden om het onderzoekaspect goed in beeld te krijgen. Om te voorkomen dat hoofd- en bijzaken door elkaar gaan lopen is het nodig om onderzoeksvelden in te richten. Deze onderzoeksvelden kunnen op hun beurt verder uitgediept worden (zie figuur 1.1).

3.3 Probleemstellingen

Wanneer bekend is wat de onderzoeksvelden gaan worden, kunnen er probleemstellingen worden opgesteld. Aan de hand van deze probleemstellingen kan er een antwoord worden gevonden op de vragen die zijn ontstaan op basis van de onderzoeksvelden en de daaraan gekoppelde probleemstellingen.

3.4 Koppeling aan leerbedrijf

Aangezien het afstudeeronderzoek binnen het bedrijf wordt uitgevoerd, is het belangrijk om een goede koppeling te hebben tussen onderzoek en bedrijf. Wanneer bij de start van het opstellen van het Plan van Aanpak goed wordt nagedacht welke uitkomsten van belang zijn voor het bedrijf, kan daar het onderzoek op worden gericht. Dit kan bijvoorbeeld door te kijken of de huidige bouwmethode wel geschikt is voor woning met EPC 0.0 of dat de detaillering van de kozijntak wel toekomstbestendig is.



3.5 Schematische weergave opzet Plan van Aanpak

Bovenste gedeelte

Voor een degelijk Plan van Aanpak is het belangrijk om eerst breed te oriënteren. Deze brede oriëntatie is nodig om hoofd- en bijzaken van elkaar te scheiden en die zaken te onderzoeken die antwoord kunnen geven op hetgeen dat op dit moment nog een vraag is.

Middelste gedeelte

Wanneer de hoofdzaken zijn bepaald, kunnen deze verdeeld worden in onderzoeksvelden. Deze velden zijn afgebakend en voorkomen een verbreding in het onderzoek. Deze onderzoeksvelden zijn gekoppeld aan probleemstellingen. Met behulp van het onderzoek kan antwoord gegeven worden op de vragen.

Onderste gedeelte

Het onderste gedeelte geeft de uitkomsten weer van de onderzoeksvelden. De compacte termen in de onderzoeksvelden zijn in dit onderste gedeelte uitgewerkt en geven diepgang aan het onderwerp. De uitkomsten moeten bruikbaar en toepasbaar zijn voor het bedrijf waar het onderzoek plaatsvindt.

4. Afspraak volgend overleg

Het volgende overleg zal plaatsvinden op aangeven van de student. Eerst dient er een Plan van Aanpak te worden opgesteld. Dit dient ter goedkeuring aan de mentoren te worden voorgelegd. Wanneer de student het nodig vindt kan er een overleg worden ingepland met de mentor.

6.2 Overleg 2

1. Algemeen

Aanwezig : ing. J.J.P van Dalen (mentor)
 Andres van den Hoorn (student)
Tijd : 7.30u – 8.30u
Plaats : docentenkamer HAN

2. Doel

- Tussentijdse beoordeling van het werk dat tot op dit moment is gedaan voor het afstudeeronderzoek.
- Adviseren en eventueel bijsturen van het proces.

3. Besproken

3.1 *Opzet en structuur*

De opzet van de scriptie moet worden gewijzigd. Op dit moment zijn de onderdelen Proces, Literatuur en Onderzoek niet goed gescheiden. Hierdoor treedt vervuiling op bij de verschillende onderdelen. De drie onderdelen gaan als aparte documenten van elkaar functioneren waarbij zowel horizontaal als verticaal verbindingen worden gelegd (*zie 3.5 Schematische weergave opzet scriptie*).

3.2 *Verbreding en verdieping Proces-deel*

Het procesonderdeel met daarin de een beschrijving van Bouwbedrijf Mulder Elspeet, het marktsegment, Ontwerpbureau Brummelhuis en aanleiding-probleemstelling-doelstelling-afbakening-opzet afstudeeronderzoek zijn op dit moment nog te beknopt weergegeven. Dit kan onduidelijkheid geven. Realiseer verbreding door toe te lichten hoe de markt op dit moment werkt en verdieping door de samenwerking met Brummelhuis meer toe te lichten, de werkwijze bij de bouw, wat de doelstellingen zijn.

3.3 *Bijlages*

In de bijlages worden zaken toegevoegd die ondersteunend zijn voor het bijbehorende deel (Proces, Literatuur, Onderzoek) van de scriptie. Dit kunnen zijn: tekeningen, berekeningen etc.

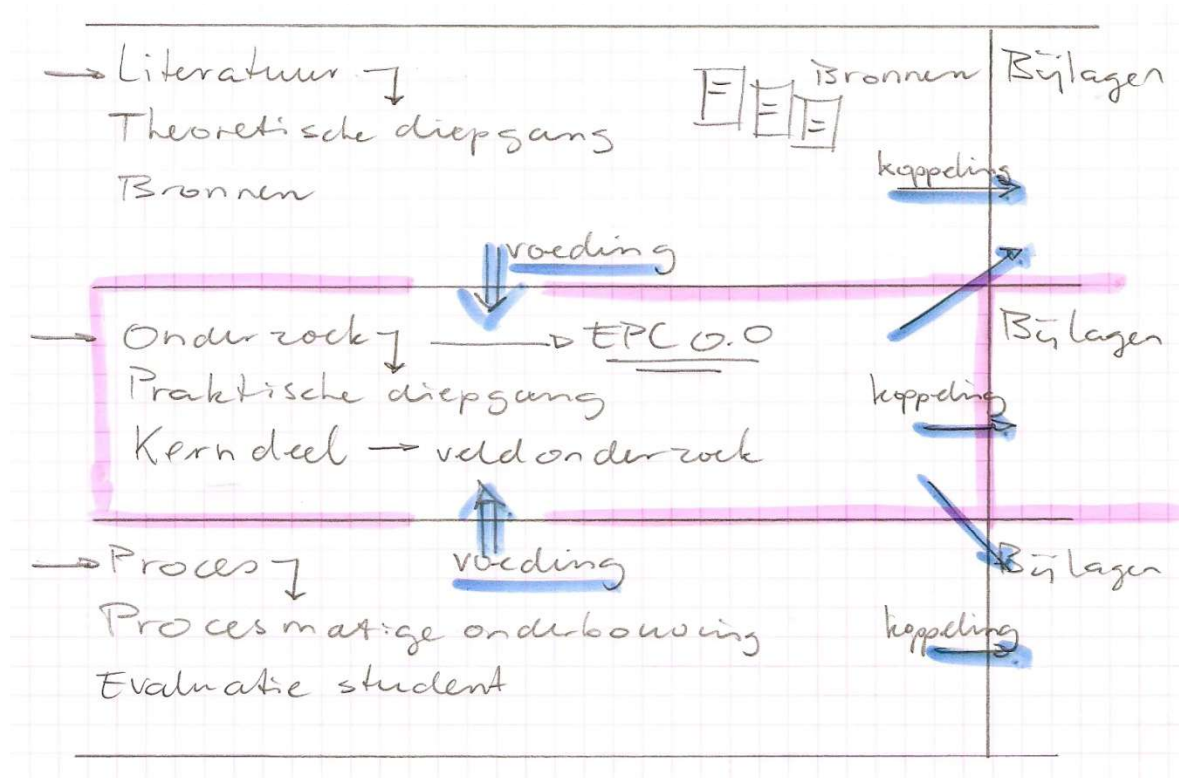
3.4 *Indeling Literatuur-deel*

De indeling van het literatuuronderzoek moet worden aangepast. In principe is de inhoud in orde, maar de volgorde is niet goed. De inhoud is nu per onderdeel ingericht op de wijze van
-energieprestatievarianten

- soorten berekeningen
- wijze van berekenen

Dit moet worden aangepast naar een volgorde waarbij de EPC centraal staat. Aanverwante onderwerpen zoals alternatieve energieconcepten en berekeningen moeten na het EPC-gedeelte worden geplaatst.

3.5 Schematische weergave opzet scriptie



Toelichting op schematische weergave opzet scriptie.

-De scriptie is opgedeeld in 3 delen: Literatuur, Onderzoek en Proces.

-Het onderdeel Literatuur is nodig om voldoende theoretische kennis te verzamelen en vormt een voedingsbasis voor het voor het onderdeel Onderzoek. Het onderdeel Literatuur heeft eigen bijlagen.

-Het onderdeel Proces vormt een persoonlijk deel van de student in de scriptie. In dit onderdeel worden de handelingen en bevindingen van de student opgenomen, zoals interviews, urenregistratie, plan van aanpak. De bevindingen van de student komen terug in het Onderzoek-deel omdat de werkwijze in het onderzoek mede wordt bepaald door de bevindingen van de student die staan beschreven in het Proces-deel.

-In het onderdeel Proces laat de student zien of hij in staat is het proces te beheersen en procesmatig een doelstelling te behalen.

-Het onderdeel Onderzoek vormt de kern van de scriptie. In dit deel wordt het werkelijke onderzoek gedaan om een antwoord te geven op de probleemstellingen, conclusies te trekken en aanbevelingen te doen. Het onderzoek-deel dient 35-40 pagina's te zijn. In het onderzoek kan worden teruggevallen op zaken uit Literatuur en Proces.

4. Afspraak volgend overleg

Het volgende overleg zal plaatsvinden op aangeven van de student. Uitgangspunt op dit moment is over 3 weken. Het onderzoek zal dan inmiddels zijn opgestart en uitkomsten kunnen evt. worden besproken.

6.3 Overleg 3

1. Algemeen

Aanwezig : ing. J.J.P van Dalen (mentor)
 ing. Ernest L.M. Boel (co-mentor)
 Andres van den Hoorn (student)

Datum : 7 juni 2013

Tijd : 10.45u – 11.45u

Plaats : docentenkamer HAN

2. Doel

- Tussentijdse beoordeling van het werk dat tot op dit moment is gedaan voor het afstudeeronderzoek. Dit betreft de literatuurstudie, de eerste helft van het onderzoek en het proces-deel voor zover deze is opgebouwd.
- Adviseren en eventueel bijsturen van het proces.

3. Besproken

3.1 Literatuurstudie

De literatuurstudie is volgens de mentoren ‘indrukwekkend’. Als onderbouwing van de scriptie is het een stevige pijler waar zowel in het procesdeel als het onderzoekdeel op kan worden teruggevallen. De studie is vlot geschreven en is daarom, ondanks de uitgebreide omvang, goed leesbaar.

3.2 Onderzoek

Het onderzoek voor zover nu uitgevoerd (50%) ziet er goed uit. Kwalitatief zit het in lijn van de literatuurstudie. De weergave van alle onderzoeksuitkomsten in tabellen en grafieken is verhelderend.

Op dit moment is het onderzoek voor 50% gereed. Met name het installatiedeel is van belang. Andres geeft aan dat voor het installatiedeel volgende week een afspraak staat gepland met een installateur om dit verder uit te gaan werken.

3.3 Interviews

De gehouden interviews vormen een goede aanvulling op de literatuurstudie en het onderzoek. Met name het interview met Remy ten Have (ontwikkelaar software Uniec2.0) is een waardevolle toevoeging aan het onderzoek. De onderbouwing die Ten Have geeft voor zijn mening geven tal van belangrijke zaken weer binnen de berekening van de energieprestatie.

3.4 Scriptie

Volgens mentor Van Dalen is het onderzoekdeel niet de eigenlijke scriptie, maar een onderzoekbijlage waarin alle onderzoeksresultaten uitgebreid worden weergegeven. De eigenlijke scriptie dient een stuk te zijn dat onderbouwd is door de onderdelen Literatuurstudie, Onderzoek en Proces/Interviews. Overlap tussen de scriptie en de ondersteunende stukken is geen probleem. De scriptie dient een beknopte weergave te zijn waarin de resultaten van de literatuurstudie, het onderzoek en het proces worden besproken en er conclusies worden getrokken en aanbevelingen gedaan. De lezer kan bij het lezen van de scriptie zelf kiezen of er gebruik wordt gemaakt van de onderbouwing die in de Literatuurstudie, het Onderzoek of het Proces is opgenomen.

3.5 EPC-oogkleppen en de realiteit

Door de mentor wordt aangegeven dat er binnen het onderzoek met 'EPC-oogkleppen' moet worden gewerkt. Hierdoor wordt voorkomen dat er te veel 'randzaken' bij het onderzoek worden betrokken. Aangezien er op de handelswijze bij een berekening tal van zaken zijn die niet in lijn zijn met de praktijk, maar berusten op theorie. De nuancering tussen EPC-theorie en dagelijkse praktijk mag in de scriptie wel worden weergegeven, maar dient geen boventoon te voeren. Het doel blijft EPC 0.0. De discutabele wijze waarop dit soms wordt gerealiseerd dient daarin grotendeels buiten beschouwing te worden gelaten. Ook het nawoord leent zich voor het plaatsen van deze nuancering. Hoe dit verder kan worden ingevuld wordt aan de student overgelaten.

3.6 Het schrijven van de literatuurstudie en de scriptie

De mentor stelt de vraag of de literatuurstudie zelf is geschreven en niet grotendeel bestaat uit knip- en plakwerk. Andres geeft aan dat de literatuurstudie door hem zelf is geschreven en dus Ephorus-proof is. Mentor Van Dalen geeft aan dat dat in de lijn van de verwachting is omdat het zeer praktisch is geschreven en het daarom niet waarschijnlijk is dat deze bestaat uit knip- en plakwerk.

Mentor Van Dalen geeft aan dat uit de vlotte schrijfstijl blijkt dat het schrijven Andres makkelijk af gaat en dus ook met het schrijven van de scriptie weinig moeite zal hebben. De afronding van het afstudeeronderzoek binnen een termijn van 6 weken ziet hij dan ook als prima haalbaar.

4. Afspraak volgend overleg

Aangezien er nog 6 weken zijn te gaan tot de datum van inleveren van het concept, wordt er besloten over 3 weken nogmaals een overleg in te plannen. Bij het volgend overleg dient ook het installatieonderdeel van het onderzoek klaar te zijn zodat de scriptie kan worden geschreven.

Volgend overleg

Plaats	: bouwplaats Meander Medisch Centrum, Maatweg 3 te Amersfoort
Tijd	: 8.30 – 9.30u, aansluitend een half uur bezichtiging bouwproject
Overleg met	: mentor Van Dalen en co-mentor Boel
Doel	: bespreken resultaten onderzoekdeel 'Installatie' en aansturen/adviseren laatste fase scriptie

6.4 Overleg 4

1. Algemeen

Aanwezig : ing. J.J.P van Dalen (mentor)
 ing. Ernest L.M. Boel (co-mentor)
 Andres van den Hoorn (student)

Datum : 28 juni 2013

Tijd : 8.30 – 9.30u

Plaats : kantoorruimte mentor op bouwplaats Meander Medisch Centrum Amersfoort

2. Doel

- Tussentijdse beoordeling van het werk dat tot op dit moment is gedaan voor het afstudeeronderzoek. Dit betreft de literatuurstudie, het empirisch onderzoek en het proces-deel voor zover deze is opgebouwd.
- Adviseren en eventueel bijsturen van het proces.
- Bepalen van het moment van afstuderen

3. Besproken

3.1 *Empirisch onderzoek*

Het onderdeel 'empirisch onderzoek' is afgerond. Het is in lijn met het eerste gedeelte van het empirisch onderzoek. Mentor Van Dalen heeft het op het overlegmoment nog niet doorgenomen en zal dit binnen enkele dagen doen. Wanneer er geen reactie komt, kan er vanuit worden gegaan dat het naar tevredenheid is.

3.2 *Vormgeving*

De gedeelten van de scriptie die tot nu toe zijn geschreven zijn inhoudelijk goed. De verwijzingen naar de literatuurstudie en het empirisch onderzoek geven op de juiste manier de gevraagde onderbouwing. Wat wel ontbreekt is een visualisatie. Co-mentor Boel geeft daarbij het voorbeeld: 'Je praat over een lekkere sappige appel, maar je beeldt het niet uit'. Belangrijk is dus je verhaal te onderbouwen met visualisatie. Dat kan in de vorm van grafieken of tabellen. Het moeten wel inhoudelijke visualisaties zijn en geen goedkope Word-figuurtjes.

3.3 *Samenhang tekst*

De tekst is nu nog te veel verbrokkeld. Naast het feit dat de scriptie inhoudelijk op goed niveau moet zijn, is het belangrijk dat het toegankelijk is. Ook voor niet-deskundigen op het gebied van het onderzoek. Het moet een lekker lopend verhaal zijn. Dit kan op meerdere manieren. Het is aan de student om daar invulling aan te geven. Hier moet een eigen weg in gevonden worden.

3.4 Koppeling met Plan van Aanpak

Om goed overzicht te houden in het complete afstudeeronderzoek is het aan te raden om terug te verwijzen naar de probleemstellingen. In de scriptie worden immers de problemen beantwoord. Wanneer er wordt terugverwezen naar deze probleemstellingen wordt de leesbaarheid groter omdat er een duidelijke verbinding ligt tussen vraag en antwoord.

3.5 Concepten

Mentor Van Dalen geeft aan dat het belangrijk is om nu al aan concepten te gaan denken. Tot nu toe zijn het vooral kleine brokstukken die een aandeel hebben in het verhaal. Er moet echter nog een verbinding tussen de losse stukken worden gelegd zodat het een compleet verhaal wordt.

3.6 Deelconclusies

De mentoren merken op dat overzicht in de scriptie erg belangrijk is. Om het voor elke lezer overzichtelijk te houden is het mogelijk om per onderdeel een conclusie te maken. Dit is in het empirisch onderzoek ook al uitgevoerd en dat ziet er goed uit. Voorkom echter te veel deelconclusies waardoor het eerder onduidelijk wordt dan duidelijk.

3.7 Indeling scriptie

De scriptie is de 'klapper' van het afstudeeronderzoek. De lezer moet vanaf het begin worden meegenomen in het onderzoek en het is daarom belangrijk dat er opstapjes zijn die verhelderend kunnen werken. In het begin van de scriptie dienen dan ook eerst de aanleiding van het onderzoek, de probleemstelling, de toedracht enz. te worden besproken zodat de lezer de achtergrond en beweegredenen kent.

3.8 Voortgangsformulier

Tot slot wordt het voortgangsformulier ingevuld door mentor Van Dalen. Uitgangspunt is dat er in september kan worden afgestudeerd. De algemene indruk is positief en de mentoren zien het eindresultaat met vertrouwen tegemoet. Co-mentor Boel ondertekend het formulier ook.

4. Afspraak volgend overleg

De volgende afspraak wordt gepland voor 2 augustus. Co-mentor Boel zal daar i.v.m. vakantie niet bij aanwezig zijn, maar geeft aan dit laatste gedeelte graag aan mentor Van Dalen over te laten. Mentor Van Dalen geeft aan van 12 juli – 29 juli op vakantie te zijn. Er wordt verzocht op 30 juli de laatste versie op te sturen. Deze zal 2 augustus worden besproken op het kantoor van Nieman in Zwolle.

Volgend overleg

Plaats	: kantoor Nieman Raadgevende Ingenieurs Zwolle		
Datum	: 2 augustus	Tijd	: 9.00u
Overleg met	: mentor Van Dalen	Doel	: bespreken totaalconcept afstudeeronderzoek

6.5 Overleg 5

1. Algemeen

Aanwezig : ing. J.J.P van Dalen (mentor)
Andres van den Hoorn (student)

Datum : 2 augustus 2013

Tijd : 9.00u – 10.00u

Plaats : kantoor Nieman Raadgevende Ingenieurs Zwolle

2. Doel

- Tussentijdse beoordeling van scriptie concept 01
- Adviseren afronding scriptie

3. Besproken

3.1 Installatieconcepten

De installatieconcepten zijn door mentor Van Dalen besproken met een collega van Nieman die ook deskundige is op het gebied van EPC-berekeningen. De rekenuitkomsten zijn gelet op de conservatieve resultaten (correctie PV > 40m²) op hoofdlijn besproken met een EPC-specialist. De berekeningen zelf zijn niet inhoudelijk gecontroleerd.

3.2 Verbeterconcepten

In totaal zijn er nu 6 totaalconcepten samengesteld waarvan een aantal af valt in verband met het te groot aantal m2 pv-paneel. Mentor Van Dalen geeft aan dat zelfs bij het installatieconcept met de laagste score het aantal m2 pv-paneel vrij hoog is. Hij geeft aan dat er gekeken moet worden of er binnen het bouwkundige gedeelte nog winst kan worden gehaald om het praktisch wel haalbaar te maken.

3.3 Financiële onderbouwing

Op dit moment is de financiële onderbouwing nog lineair. Dat wil zeggen dat er geen inflatie is opgenomen in het kostenverloop over 50 jaar. Mentor Van Dalen geeft aan dat het een kwaliteitsverbetering zou zijn wanneer die wel wordt gedaan.

3.4 Ontwerpaanpassingen

Binnen de huidige concepten wordt er gewerkt met een bestaand ontwerp. Er is in het onderzoek wel onderzocht wat het gevolg is wanneer de woning wordt gedraaid, maar niet om het ontwerp aan te passen. Mentor Van Dalen adviseert om deze ontwerpaanpassing mee te nemen in het onderzoek.

3.5 Tekst scriptie

Elk hoofdstuk begint met een korte toelichting dat in een gekleurd kader wordt weergegeven. Van Dalen vindt dit een goede aanvulling omdat de lezer op deze manier wordt voorbereid op wat er komen gaat in het hoofdstuk. De 'bruggetjes' die hierdoor ontstaan geeft de lezer overzicht over het complete verhaal.

3.6 Afdrukvorm

De manier waarop het afstudeeronderzoek wordt afgedrukt heeft niet een bepaalde voorkeur. Dit mag dubbelzijdig, maar ook enkelzijdig. Dit is ter keuze aan de student. Het heeft wel de voorkeur om scriptie en bijlages apart af te drukken zodat deze tijdens het lezen naast elkaar kunnen worden gelegd.

3.7 Bronvermelding

Op de vraag van de student hoe de bronvermelding met worden gedaan van de eigen onderzoeksresultaten wordt door mentor Van Dalen aangegeven dit moet worden aangegeven als eigen onderzoeksresultaat. Het is handig te werken met voetnoten bij de grafieken. Dan is het niet nodig een hele toelichting onder de grafiek te zetten, maar kan dat in de bijlage 'Bronnen'. Op deze manier is het ook door een eerder afgestudeerde student gedaan en dat is goed bevallen. De bronvermelding kan direct achter de scriptie worden opgenomen.

3.8 Conclusies

Conclusies dienen korter te zijn en ontdaan van 'gewauwel'. Kort en krachtig.

4. Afspraak volgend overleg

De volgende afspraak wordt gepland voor 9 augustus. De komende week heeft de student vakantie, dus is er tijd om het e.e.a. uit te werken. Afgesproken wordt dat de student mag bepalen of het overleg op 9 augustus telefonisch wordt gedaan of op het kantoor van Nieman in Zwolle.

Volgend overleg

Plaats	: nader te bepalen door student. Telefonisch of op kantoor Nieman Zwolle.
Datum	: 9 augustus
Tijd	: 9.00u
Overleg met	: mentor Van Dalen
Doel	: bespreken aangepast totaalconcept afstudeeronderzoek

6.6 Overleg 6

OVERLEG 6

1. Algemeen

Aanwezig : ing. J.J.P van Dalen (mentor)
 Andres van den Hoorn (student)

Datum : 12 augustus 2013

Tijd : 9.00u – 10.00u

Plaats : kantoor Nieman Raadgevende Ingenieurs Zwolle

2. Doel

- Beoordeling van scriptie aangepast concept 01
- Adviseren afronding scriptie

3. Besproken

3.1 Conceptverbeteringen

De conceptverbeteringen vormen een goede aanvulling op de berekeningen, mede omdat de verbetering op alle invloedfactoren wordt toegepast.

3.2 Kosten

Hoofdstuk 11.1. De opbouw van de kosten dienen duidelijker te worden onderbouwt, cq. te worden toegelicht.

3.3. Baten

Hoofdstuk 11.2. Gelijk aan genoemde in 3.2. Extra toelichting.

3.4 Netto Contante Waarde

Meer duidelijk maken wat alles betekent. Extra toelichting zou meer duidelijkheid geven in de cijfers. Visualisatie zou ook verhelderend werken.

3.5 Conclusie en aanbevelingen

Conclusie en aanbevelingen zijn nog te algemeen. Meer specifiek toelichten wat wordt bedoeld. Extra paragraaf in conclusie toevoegen met advies aan opdrachtgever.

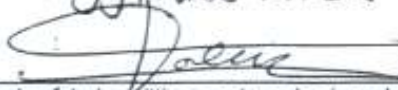
4. Afspraak volgend overleg

Er wordt geen volgende afspraak gemaakt. De scriptie kan worden afgerond met bovenstaande opmerkingen als aandachtspunten. Aangepaste uitwerking kan naar wens student nog ter info naar mentor Van Dalen worden gestuurd voor eventueel commentaar.

Co-mentor Boel krijgt de uitwerking ook toegestuurd met de mogelijkheid commentaar te geven. Vrijdag 16 augustus wordt de scriptie + bijlages naar de drukker gestuurd. Uiterlijk vrijdag 23 augustus worden de documenten ingeleverd bij de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen.

7. Procesbeoordeling afstudeerproject

bijlage 4 bij reglement afstuderen

Hogeschool van Arnhem en Nijmegen		Opleiding	: AIB
Faculteit Techniek		Datum	: 20.06.2013
Instituut Built Environment			
Procesbeoordeling Afstudeerproject			
STUDENTGEGEVENS			
Student 1	: Andres van Hoorn	Student 3	:
Studentnummer	: 489197	Studentnummer	:
Student 2	:		
Studentnummer	:		
PROCESBEOORDELING			
1	Loopt het proces naar wens en volgens planning? Ja, proces is goed in de hand. Literatuurstudie voldoende op niveau. Scriptie vraagt om de nodige aandacht.		
2	Is de afkadering van de probleemstelling volledig? Ja		
3	Zijn de werkzaamheden tot nu toe van voldoende kwaliteit? Ja		
4	Is de werkhouding en motivatie voldoende? Ja		
5	Zijn de einddoelen in beeld gebracht? Ja		
6	Welke producten worden ingeleverd? Scriptie met de volgende bijlagen: Literatuurstudie, Empirisch onderzoek, Procesbijlage		
7	Is de algemene indruk positief om tot een voldoende eindresultaat te komen? ☒ ja ☐ nee		
8	Zo nee, wat is de reden? 		
Aanvullende afspraken: Eindconcept vershiren 30 juli. Bespreking 2 augustus. Definitieve rapportage 24 augustus inleveren.			
1e begeleider	: JJP. van Dalen	2e begeleider	: E. Boel
Handtekening	: 	Handtekening	: 
Periode waarin de afstudeersitting moet worden ingepland:			
☒ september ☐ maart			
☐ januari ☐ juni			
INGEVULD FORMULIER INLEVEREN BIJ DE AFSTUDEERCOMMISSIE			

8. Logboek

In dit logboek worden wekelijks de activiteiten beschreven die de student doet in het kader van de afstudeeropdracht.

Week	Activiteiten	Uren
6	• Uitwerken van het Plan van Aanpak • Overleg met dhr. Boel over invulling afstudeeronderzoek	2
7	• Algemeen inlezen van afstudeeronderwerp naast het uitvoeren van de laatste opdrachten voor opleiding.	8
8	• Algemeen inlezen van afstudeeronderwerp naast het uitvoeren van de laatste opdrachten voor opleiding. Hoewel je staat te popelen om met het afstudeeronderzoek te starten, is het belangrijk toch eerst de schoolopdrachten zoveel mogelijk weg werken zodat ik daar geen last meer van heb.	8
9	• Aanpassen Plan van Aanpak op opmerkingen van mentoren. Plan van Aanpak is toch meer werk dan in eerste instantie gedacht. Het is eigenlijk de fundering van je afstudeeronderzoek. En die fundering moet welk kloppen met het huis dat je er op wilt zetten. Maatwerk dus. De mentor stuurt hier actief.	8
10	• Aanpassen Plan van Aanpak op opmerkingen van mentoren • Vrijdag 8 maart overleg met EPC deskundige over energieprestatie woningen in vrije sector. Verslag van dit overleg is opgenomen in dit Proces-deel	12
11	• Literatuuronderzoek algemeen. Op dit moment vooral gericht op het bouwfysische gedeelte. Dus vooral bezig met isolatie, luchtdichtheid, koudebruggen. Het zoeken en vinden van goede en betrouwbare literatuur is niet eenvoudig. Avonden op Google om informatie te zoeken over het onderwerp. Er is genoeg over te lezen, maar het is niet allemaal van toepassing op de literatuurstudie. Goede info is spaarzaam.	10
12	• Alleen op zaterdag aan het literatuuronderzoek gewerkt in verband met mondeling tentamen Mechanica 2. • Opstellen literatuurlijst volgens eisen APA. Dit naar aanleiding van gesprek met medewerker van bibliotheek HAN. Deze medewerker gaf aan dat het erg belangrijk is de bronnen op de juiste manier te vermelden.	6
13	• Literatuuronderzoek: Energieprestatievarianten. Door het lange weekend met Goede Vrijdag en Pasen is het mogelijk veel te doen.	16

14	• Literatuuronderzoek: Uitwerken van onderdeel 'Invloedsfactoren op energiestaat' • Vrijdag 5 april 7.30-8.30u overleg met mentor JPvD over de voortgang van het onderzoek. Verslag van dit overleg is apart in de Proces-bijlage opgenomen.	12
15	• Literatuuronderzoek: Uitwerken onderdeel kozijnen en installaties in het literatuuronderzoek • Opzetten logboek. De mentor gaf aan dat een logboek onderdeel uitmaakt van het Proces-deel. Direct een opzet van gemaakt. Het aantal besteedde uren van de afgelopen weken is nog redelijk te achterhalen.	16
16	• Literatuuronderzoek: Uitwerken onderdeel installaties in het literatuurstudie. • Hoewel in eerste instantie vooral de focus lag op de bouwfysische invloedfactoren vanuit de gedachte 'Eerst isoleren, dan installeren', blijkt het onderdeel installaties zeer breed en divers te zijn. Meer werk dan gedacht. En hoe dit alles overzichtelijk en leesbaar te ordenen?	16
17	• Literatuurstudie: Uitwerken onderdeel installaties. Deze week niet erg veel kunnen doen i.v.m. trouwen zwager, Koningsspelen op basisschool. Bevalt slecht als de literatuurstudie blijft liggen.	6
18	• Literatuuronderzoek. De basis is gelegd. In verschillende onderdelen van het literatuuronderzoek worden toevoegingen geschreven om het onderzoek completer te maken en meer diepgang te geven. Veel leeswerk in oude en nieuwe informatie. Een afronding van het literatuuronderzoek vraagt veel tijd. • Gelukkig deze week vrijdag en zaterdag hele dagen kunnen werken aan afronding. • Deze week afspraak gemaakt met EPC deskundige van Brummelhuis. Vrijdag 17mei gaan we diverse woningen systematisch naar EPC0.0 brengen.	20
19	• Literatuuronderzoek afgerond. Dinsdag 7 mei opgestuurd naar mentor en co-mentor. Deze week is ook Hemelvaartsdag, dus veel vrije dagen. I.v.m. vakantie van mentor blijft reactie even uit. Bewust gekozen om vrijdag wel te gaan werken en deze vrije dag op een later moment weer te gebruiken.	12
20	• Van de 1^e mentor een positieve reactie ontvangen op de literatuurstudie. Is een opsteker in het afstudeeronderzoek. Vol goede moed verder gegaan met het onderzoek. Maandag contact gehad met Beltman (EPC-deskundige Brummelhuis) over de keuze voor bepaalde woningmodellen. Hij geeft tevens per mail aan nog wel wat opmerkingen te hebben op de literatuurstudie. • Donderdag 16 mei 13.00u afspraak staan voor het uitwerken van de woningen	12

	tot EPC 0.0. • Donderdagmiddag 16 mei overleg gehad met Wilko Beltman, EPC-deskundige bij Brummelhuis. Verslag van dit overleg is apart in de Proces-bijlage opgenomen.	
21	• 2^e Pinksterdag gestart met de opzet van het onderzoek. De literatuurstudie fungeert als bron en onderslag voor dit onderzoek. De opgedane kennis uit de literatuurstudie komt erg goed van pas. • Onderzoek komt goed op gang. Deze week contact gehad met diverse deskundigen. Waaronder: • Remy ten Have (Uniec 2.0). Zie verslag gesprek. • Nijhuis (bouwbedrijf Kamphuis). Zie verslag gesprek. • Studentenversie van Uniec2.0 gedownload. De kennis die ik opgedaan heb bij Wilko Beltman komt goed van pas. Met behulp van het programma is het mogelijk om de reductie van allerlei toepassingen te berekenen. Goed hulpmiddel bij onderzoek • Voorstel gedaan voor moment overleg 3. Vrijdag 7 juni, 10.45u	20
22	• Met behulp van het Uniec2.0 is het mogelijk te 'spelen' met alle variabelen, zoals isolatiewaarden, luchtdichtheid en installaties. • Gegevens worden in tabellen verwerkt en weergegeven in grafieken. Excel is een goed hulpmiddel bij de verwerking van de onderzoekuitkomsten. • Gestart met het opzetten van hoofdstukindeling van het onderzoekdeel. Resultaten van de berekeningen kunnen vanuit Excel in Word worden geplaatst. • Het onderzoek begint vorm te krijgen. • De eerste stukken tekst worden geschreven. Op basis van literatuurstudie en alle andere reeds verzamelde info is het mogelijk om stukken te schrijven die je dus 'echt zelf schrijft'. Je weet inmiddels zoveel van het onderwerp dat je vrij eenvoudig toelichtingen en onderbouwingen kunt schrijven. Een mooie ervaring na de literatuurstudie die ook veel bestond uit teksten en resultaten uit andere onderzoeken. • Verschillende hoofdstukken worden steeds verder ingevuld. Door alle grafieken en tabellen krijgt het onderzoek steeds meer vorm. • Het boekje Snel Afstuderen nog een keer doorgenomen om te kijken of er nog zaken zijn die niet goed worden opgepakt. In principe loopt het proces goed. • Bepaald gedrag zoals beschreven in het boekje herken ik. Er worden tips gegeven hoe hier mee om te gaan. Erg handig.	20
23	• Contact gehad met Wilko Beltman voor meer gegevens over EPC-reductie bij verschillende maatregelen. Nieuwe gegevens binnen. • Het wordt 's avonds steeds langer licht. Valt niet mee om elke avond de	16

	zolderkamer op te gaan. Eenmaal achter het bureau is de motivatie weer terug een ga ik weer vol goede moed aan de slag. Na dat de kleine meiden op bed liggen en een kop koffie met partner is gedronken wordt er tussen 20.00u en 0.00u gewerkt aan het onderzoek. • Vrijdag 7 juni overleg gehad met de mentoren (Overleg 3). Verslag van dit overleg in opgenomen in de procesbijlage. • Zaterdag niet lang aan het onderzoek kunnen werken in verband met de viering van mijn verjaardag.	
24	• Op maandagavond de laatste onderdelen van het bouwkundige verwerkt, zoals kozijnen en zonwering. • Dinsdagmiddag van 13.00-14.00u overleg gehad met dhr. Frens, bedrijfsleider van Installatiebedrijf Spelt. De enorme ervaring van deze man met tal van installatieconcepten komt goed van pas. Ook zijn prijsbewustheid geeft de mogelijkheid de concepten af te prijzen. • Dinsdagavond vol aan de slag met de installaties. Totaal 12 concepten met kosten en EPC-waarden kunnen berekenen. Geweldig dat ik beschik over het rekenprogramma Uniec2.0. Op deze manier kan ik zelf uitkomsten berekenen van installaties. • Woensdagavond. De combinatie ventilatie-infiltratie verder uitgewerkt. Soms ontkom je niet aan het combineren van invloedfactoren omdat ze te veel aan elkaar zijn verbonden. • Onderdeel Installatieconcepten verder uitgewerkt. Contact gehad met Wilko Beltman (Brummelhuis) of hij mijn berekeningen wil controleren op juistheid. • Onderdeel Installatieconcepten verder uitgewerkt. Contact gehad met Wilko Beltman (Brummelhuis) of hij mijn berekeningen wil controleren op juistheid. • Vrijdag een lange dag aan de afstudeeropdracht kunnen werken. Onderdelen TCO, LCA en installaties uitgewerkt. Wat kun je op een hele dag veel werk verzetten. Vooral de bereikbaarheid van benodigde personen voor informatie is goed. • Zaterdag een familiedag, dus alleen van 8.00 – 10.00u aan het afstudeeronderzoek kunnen werken. Zit te wachten op de reactie van Wilko Beltman, hij zou mijn uitkomsten van het installatiewerk controleren. Zit nu in een fase dat ik al het werk dat ik tegen kom gelijk probeer weg te werken. Wat klaar is hoeft ik niet meer te doen. De komende weken zal er weinig spectaculairs meer gebeuren, dus wat ik in het voorwoord wil zetten heb ik voor mezelf wel duidelijk.	24
25	• Maandagavond het onderdeel installaties verder uitgewerkt met rekenwaarden	28

	en bedragen. • Dinsdag- en woensdagavond niet aan het afstudeeronderzoek gewerkt. Deze avonden besteed aan de laatste schoolopdrachten. Woensdagavond nog wel een paar mails met vragen gestuurd naar Wilko Beltman. • Donderdagavond weer de draad opgepakt van het afstudeeronderzoek. Het is prachtig om te doen, maar het is enorm veel werk. Het blijft gelukkig wel leuk. • Vrijdag een lange dag aan de afronding van het onderzoekdeel gewerkt. Het laatste gedeelte van installatieconcepten afgerond, wat tevens ook het meest lastige stuk is. • Vrijdag nog contact gehad met een medewerker van PelserHartman Adviesburo over de combinatie luchtdichtheid en ventilatiesysteem. Deze man heeft in 5 minuten veel duidelijk gemaakt. Weer een paar vragen beantwoord. Ook een medewerker van Inventum kon snel duidelijkheid geven over de Ecolution Combi 50 en de Ecolution Optima 120. Er vallen steeds meer puzzelstukjes op hun plaats. • Vrijdag nog contact gehad met Wilko Beltman over diverse aspecten van de EPC. De deskundigen kunnen veel vragen beantwoorden. Hierdoor krijg ik steeds meer overzicht in de resultaten van het onderzoek. Alle gegevens kan ik hierdoor verdedigen. Dat voelt erg goed. • Zaterdag het laatste gedeelte van het onderzoek afgewerkt en de uitwerking van Literatuur + Onderzoek per mail naar mentoren gestuurd.	
26	• Maandagavond gestart met schrijven van scriptie. Begonnen met het maken van een hoofdstukindeling zodat er wat meer overzicht is. Het is niet eenvoudig om datgene op papier te zetten wat er werkelijk toe doet zonder te ver in detail te treden of te oppervlakkig te blijven. Begonnen met de onderdelen van 'Ontwerp'. • Dinsdagavond verder gegaan met het schrijven van de scriptie. De onderdelen 'Isolatie' uitgewerkt. Het gaat me best goed af. • Woensdagavond nog een deel uitschrijven en dan de uitwerking naar de mentoren zodat het donderdag even kunnen lezen. Dan pakken we dat gelijk mee met het overleg van vrijdag. • Vastgelopen op het onderdeel kozijnen. Extra onderzoek was noodzakelijk om een goed verhaal neer te zetten. Wat extra tijdverlies. • Vrijdagmorgen overleg gehad met mentoren op nieuwbouwlocatie Meander Medisch Centrum Amersfoort. Overleg betrof de laatste fase van het afstuderen. • De mentoren gaan akkoord met het plan om in september af te studeren. • Voortgangsformulier wordt ingevuld met akkoord voor september. Mentoren	20

	hebben weinig opmerkingen. Ze geven wel aan dat het er nu echt op aan komt. • De punten moeten nu worden gescoord. • Zaterdag verder gegaan met de scriptie schrijven.	
27	• Maandagavond verder gegaan met het schrijven van de scriptie. Het vordert gestaag. De laatste loodjes wegen altijd het zwaarst. Zo ook in dit geval. Het wordt steeds warmer buiten, dus ook op de zolderkamer. • Dinsdagavond bezig geweest de scriptie leesbaarder te maken met behulp van afbeeldingen (grafieken en tabellen). Dit op aanwijzen van de mentoren omdat de scriptie ook voor 'leken' te begrijpen moet zijn. • Woensdagavond: Verslag gemaakt van overleg 4 van afgelopen vrijdag met mentoren • Donderdagavond: scriptie schrijven. Per onderdeel een samensmelting maken van literatuur en onderzoek. Het is soms lastig om weer een goed lopend verhaal te maken en daarin wel alles te benoemen maar niet te veel in detail te treden. • Vrijdag: In verband met drukte op werk maar halve dag kunnen werken. Alle onderdelen tot aan 'Installaties' zijn nu afgerond. Ik zoek nu naar de 'klapper' waarmee ik 3 goede en doordachte concepten kan neerleggen en daarmee mijn scriptie kan afsluiten.	12
28	• Maandagavond begonnen met het opstellen van installatieconcepten en de daaraan gekoppelde aanschafkosten en verbruikskosten. • Dinsdagavond verder gegaan met de concepten. Veel denkwerk en uitzoekwerk. Belangrijk om eerst een goed gemiddelde te hebben van diverse woningen. Bij Brummelhuis het verzoek ingediend om 5 EPC-berekeningen van woningen met EPC 0.6 te sturen. Op deze manier kunnen gemiddelde waarden worden bepaald zodat er een breed toepasbaar concept kan worden ontwikkeld • Woensdag verder gegaan met de uitwerking van de concepten. Het overzicht begint nu goed te komen, wat veel rust geeft. Het is nog een kwestie van uitwerken. Het plan is reeds in mijn hoofd compleet. • Donderdagavond gestart met het uitwerken van de concepten. In de scriptie moet hier vanaf het begin naartoe worden gewerkt. Er moeten nog verschillende onderdelen worden aangepast en aangevuld. • Vrijdag halve dag kunnen werken aan de uitwerking van de installatieconcepten. Het is een heel werk omdat je aan veel zaken moet denken. Ik wil hiermee voorkomen dat ik in een later stadium erachter kom dat ik iets niet goed heb gedaan in de beginfase. Dus bij elke beslissing worden de gevolgen doorberekend op langere termijn. Dat kost wel veel tijd, maar dat voorkomt dat ik later weer terug moet.	16

	• Zaterdag verder gegaan met de concepten. Het is een enorm werk om een doordacht concept neer te zetten wat ook echt klopt.	
29	• De zomer begint goed op gang te komen in Nederland, 25-30gr. De werktijden worden verschoven naar 21.00 – 01.00u. • Avonden: Het installatieconcept wordt steeds meer uitgediept. Naast de aanschafkosten komen nu ook de vervangingskosten, verbruikskosten, levensduur etc. Met het doorberekenen van deze kosten kan o.a. de TCO worden bepaald. Daarnaast geeft het een extra onderbouwing aan gemaakte keuzes. • Zaterdag. De laatste berekeningen gemaakt in het onderzoekdeel. Er kan gestart worden met het uitwerken in de scriptie. In principe is dat niet het meeste werk omdat tijdens het onderzoek alle gegevens bekend zijn geworden. Het is een kwestie van duidelijk en overzichtelijk de resultaten presenteren en conclusies trekken.	16
30	• De laatste delen van de scriptie worden geschreven. Heel veel leeswerk om een goede combinatie te maken van Literatuurstudie en Emperisch Onderzoek.	18
31	• Maandag de laatste hand gelegd aan Conceptversie van complete versie scriptie. Het concept wordt opgestuurd naar mentor Van Dalen. Hij gaat het deze week bekijken en a.s. vrijdag is er een overleg gepland. • Een paar dagen rust om even bij te komen van het vele werk (het is bouwvak). • Vrijdag overleg gehad met mentor Van Dalen over het concept dat is ingeleverd. Verslag van dit overleg is opgenomen in de Bijlage Proces. (Overleg 5)	14
32	• Na een paar zomerse dagen wordt het afstudeerproject weer opgepakt. Deze week in totaal 3 lange dagen aan de scriptie kunnen werken. Op basis van het commentaar van mentor Van Dalen kan er meer gericht worden gewerkt.	30
33	• Maandagmorgen overleg gehad met mentor Van Dalen over het aangepast concept dat is ingeleverd. Gelukkig is hij grotendeels tevreden. Een paar aandachtspunten om nog verder uit te werken. Met name het financiële gedeelte moet nog wat verder worden uitgewerkt om het compleet te maken. • Overige dagen van deze week de laatste hand gelegd aan de scriptie. Gezien de omvang van het onderwerp kan er nog maanden aan gewerkt worden, maar daarmee wordt het doel voorbij gestreefd. Met de huidige uitwerking staat er een mooi product. • Lay-out netjes afgewerkt zodat het een verzorgd document wordt.	24
34	• Maandag is de 1^e werkdag weer na de bouwvak. In de vroege ochtend begonnen met het doornemen van het complete document om alle kleine onzuiverheden eruit te halen. Dit betreft vooral de lay-out en soms wat taalkundige zaken.	14

	• Contact gehad met een vormgevingsbureau in Elspeet voor de omslag van de boekwerken. Ik weet precies hoe ik het wil hebben, maar heb voor het maken daarvan niet de goede software. Alle componenten heb ik in mijn bezit, alleen moet het nog worden samengevoegd. De vormgever heeft hier wel de software voor, dus krijg ik de omslag die ik graag wil hebben. • Maandagavond het afstudeeronderzoek afgerond. De scriptie en de bijlage worden digitaal naar de drukker gestuurd. Zij drukken het af en binden het in als een boek met een mooie kaft. • Maandagavond de scriptie ge-upload naar Ephorus. Ernest Boel zal de uitslag krijgen van deze plagiaat-test. • Dinsdagavond de cd-roms gebrand met de digitale bijlages voor de scriptie. Daarnaast ook de digitale versie van het afstudeeronderzoek gemaakt die moet worden ingeleverd bij de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen. • Donderdag komen de boekwerken per post binnen van de drukker. • Vrijdag wordt het afstudeeronderzoek ingeleverd bij de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen. Een bijzonder moment. Je levert je 'levenswerk' in. Het is nu aan de commissies om dit 'levenswerk' te beoordelen. Nu nog een laatste fase opstarten: het maken en voorbereiden van een presentatie.	
--	--	--