

2013•2014  
FACULTEIT INDUSTRIËLE INGENIEURSWETENSCHAPPEN  
*master in de industriële wetenschappen: bouwkunde*

## Masterproef

Optimalisatie gebruikersonafhankelijk energieverbruik van residentiële gebouwen in het Vlaams Gewest (m.b.v. EPB-software)

Promotor :  
ing. Wesley CEULEMANS

Promotor :  
ing. PASCAL VANNITSEN

Kristof Slingers , Vincent Van de Poel

*Proefschrift ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: bouwkunde*

Gezamenlijke opleiding Universiteit Hasselt en KU Leuven

2013•2014

Faculteit Industriële

ingenieurswetenschappen

*master in de industriële wetenschappen: bouwkunde*

## Masterproef

Optimalisatie gebruikersonafhankelijk energieverbruik  
van residentiële gebouwen in het Vlaams Gewest (m.b.v.  
EPB-software)

Promotor :  
ing. Wesley CEULEMANS

Promotor :  
ing. PASCAL VANNITSEN

Kristof Slingers , Vincent Van de Poel

*Proefschrift ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële  
wetenschappen: bouwkunde*





## 1. Dankbetuiging

Als laatstejaarsstudenten industriële ingenieurswetenschappen bouwkunde kozen we om een masterproef uit te werken rond de EPB-wetgeving. Dit onderwerp interesseerde ons allebei en is ons bovendien blijven boeien doorheen deze masterproef. Meer bepaald handelt deze masterproef over een studie naar de meest optimale maatregel of het meest optimale maatregelpakket om de EPB-eisen van 2014, 2016 en 2021 (BEN) te halen.

Vooraleer deze masterproef te beschrijven, willen we eerst enkele personen uitdrukkelijk bedanken voor hun steun en medewerking. Zonder de hulp van deze personen was deze masterproef nooit deze masterproef geworden.

Ten eerste wensen wij onze beide promotoren te bedanken. Onze externe promotor dhr. ing. Pascal Vannitsen, zaakvoerder van ingenieursbureau V-consult bvba, heeft samen met ons het kader van deze masterproef bepaald. Hiernaast was hij ook steeds beschikbaar voor steun, knowhow en kritische feedback. Onze interne promotor dhr. ing. Wesley Ceulemans stond ons bij met knowhow en feedback.

Vervolgens wensen wij de eigenaars van onze behandelde cases te bedanken. Door hen hebben wij het onderwerp van deze masterproef kunnen toepassen op praktijkvoorbeelden.

Tot slot verdienen ook onze ouders een welgemeende bedanking. Onze ouders hebben ons opgevoed en ons de kans gegeven om deze opleiding te volgen. Ook zonder hen hadden wij deze masterproef nooit tot stand kunnen laten komen.

Een welgemeende dank u wel allemaal!

Kristof Slingers  
Vincent Van de Poel



## 2. Abstract

Titel: **Optimalisatie gebruikersonafhankelijk energieverbruik van residentiële gebouwen in het Vlaams Gewest. (m.b.v. EPB-software)**

Auteurs: **Kristof Slingers**

**Vincent Van de Poel**

Promotoren: ing. Pascal Vannitsen

ing. Wesley Ceulemans

---

Deze masterproef gebeurt in opdracht van ingenieursbureau V-consult bvba. Dit studiebureau heeft als specialisaties de disciplines energie, veiligheid, milieu en technieken. In het kader van deze masterproef wordt er een onderzoek gedaan naar de technische haalbaarheid van de nieuwe EPB-regelgeving van het Vlaams Gewest o.b.v. de EPB-eisen 2014-2016-2021. Verder zal dit onderzoek zich toespitsen op de economische haalbaarheid van de technisch toepasbare maatregelen.

Deze masterproef bevat een overzicht van de evolutie van de EPB-regelgeving en de toepassing in de woningbouw. Daarnaast worden er mogelijk toepasbare maatregelpakketten weergegeven die voorgesteld worden door het VEA. In dit onderzoek wordt aan de hand van drie cases de huidige situatie geanalyseerd. Vervolgens worden geoptimaliseerde maatregelen en de daarbij horende randvoorwaarden bepaald om een nieuwbouwwoning conform de EPB-eisen 2014-2016-2021 te bouwen.

Uit het onderzoek en de resultaten betreffende de drie behandelde cases kunnen enkele conclusies getrokken worden betreffende de meest efficiënte maatregel of maatregelpakket. De efficiëntie wordt gebaseerd op een levensduur van 20 jaar. Na 20 jaar wordt er getoetst welke maatregelen terugverdiend zijn en waarbij eventueel winst is gemaakt. Voor deze cases geldt dat de EPB-eisen 2014, 2016 en 2021 zowel technisch als economisch haalbaar zijn door het toepassen van hernieuwbare energiebronnen. Het is belangrijk om op te merken dat deze conclusies gelden binnen het kader van deze masterproef. Door dit beperkt aantal cases mogen deze conclusies niet zonder meer doorgetrokken worden als algemene conclusies geldend voor het woningenpark in Vlaanderen. Deze resultaten geven slechts een idee en bijkomend diepgaand onderzoek is aangeraden om bredere conclusies te kunnen trekken.





### 3. Abstract

Title: **Optimization of users independent energy consumption of residential buildings in the Flemish Region. (using EPB-software)**

Authors: **Kristof Slingers**

**Vincent Van de Poel**

Supervisors: Engineer Pascal Vannitsen

Engineer Wesley Ceulemans

---

This master thesis is commissioned by the engineering company V-consult bvba. The specializations of this engineering company are energy, security, environment and techniques. In the framework of this master thesis a study of the technical feasibility of the new EPB regulations is made based on the EPB-requirements 2014-2016-2021. Furthermore, this research will focus on the economic feasibility of the technical possible measures to meet the new EPB-requirements 2014-2016-2021.

Firstly this master thesis provides an overview of the evolution of the EPB-requirements. Furthermore some possible packages of measures proposed by VEA are mentioned to meet the EPB-requirements. In this research the current situation is analyzed based on three cases. To end with optimized measures and corresponding boundary conditions are determined to meet the new EPB-requirements 2014-2016-2021.

Some conclusions regarding the most efficient package of measures can be drawn out of this research and results regarding the three cases. The efficiency is based on a lifetime of 20 years. After 20 years the payback period is examined. For these cases the EPB-requirements of 2014, 2016 and 2021 can be achieved technical as well as economical through the use of renewable energy sources. It is important to note that these conclusions can be made within the framework of this master thesis. Because of the limited number of cases, these conclusions cannot be extrapolated as general conclusions valid for the houses. These results only give an idea so additional research is recommended to draw general conclusions.



## **4. Lijst met afkortingen, grootheden en begrippen**

### **4.1 Gebruikte afkortingen**

#### ***EPB***

Energieprestatie en binnenklimaat. EPB-regelgeving stelt eisen aan het K-peil, thermische isolatie en binnenklimaat van een beschermd volume. Deze eisen zijn afhankelijk van de aard der werken en de bestemming van het beschermd volume.

#### ***AOR***

Aangrenzende onverwarmde ruimte. Een onverwarmde ruimte binnen het gebouw aangrenzend aan, maar buiten het beschermd volume.

#### ***AVR***

Aangrenzende verwarmde ruimte. Een verwarmde ruimte binnen het gebouw aangrenzend aan, maar buiten het beschermd volume.

#### ***EPU***

De EPU-rekenmethode bepaalt de methode om het E-peil te berekenen per eenheid van bestemming bij kantoor- en schoolgebouwen.

#### ***EPW***

De EPW-methode is de rekenmethode waarmee het E-peil, per wooneenheid, berekend wordt.

#### ***COP***

Coëfficiënt of performance. De COP geeft de verhouding weer van het verwarmingsvermogen tot het opgenomen vermogen van een warmtepomp.

## 4.2 Gebruikte grootheden – symbolen

$\lambda$	Warmtegeleidingscoëfficiënt	$\frac{W}{mK}$
R	Warmteweerstand	$\frac{m^2K}{W}$
U	Warmtedoorgangscoefficiënt	$\frac{W}{m^2K}$
H	Warmteoverdrachtcoëfficiënt	$\frac{W}{K}$
WBO	Waarde bij ontstentenis	/
q	Warmtestroomdichtheid	$\frac{W}{m^2}$
$\Phi$	Warmtestroom	W
$\psi$	Warmtedoorgangscoefficiënt lijnbouwknoop	$\frac{W}{mK}$
$\chi$	Warmtedoorgangscoefficiënt puntbouwknoop	$\frac{W}{K}$

## 4.3 Begrippen

### **Beschermd volume (BV)**

Het volume van alle ruimten in een gebouw dat op een thermische manier afgeschermd wordt van de omgeving erbuiten. Hiermee wordt zowel buitenomgeving( lucht of water ), grond als alle aangrenzende ruimten die niet tot het beschermd volume behoren, bedoeld. Het beschermd volume vormt ook een begrensd volume waarvoor slechts 1 verwarmingsinstallatie en 1 ventilatiesysteem gebruikt wordt.

### **K-peil**

Dit duidt het isolatiepeil aan in functie van de compactheid van het beschermd volume en de gemiddelde warmtedoorlatingscoëfficiënten van de verschillende bouwelementen.

### **E-peil**

Naast het K-peil houdt dit ook rekening met de vaste installaties in normale omstandigheden en de luchtdichtheid van het gebouw.

### **Bouwknoop**

Bouwknoopen kan men definiëren als die plaatsen in een constructie waar de wamtestroomdichtheid q als gevolg van 2- en 3-dimensionale warmteoverdracht verschillend is van het 1-dimensionale warmteoverdracht. Dit kan zowel hoger zijn, wat resulteert in een groter verlies van warmte dan in de directe omgeving. Wanneer q lager is bij 2- en 3- dimensionale warmteoverdracht betekent dit een kleiner verlies aan warmte dan in de directe omgeving.

**Warmtestroomdichtheid  $q$** 

De hoeveelheid warmte die per tijdseenheid en per oppervlakte-eenheid in of uit een systeem gevoerd wordt.

**Warmtegeleidingscoëfficiënt  $\lambda$** 

Dit is de waarde van de warmtestroomdichtheid per eenheid van lengte en per eenheid van temperatuurverschil.

**Warmteweerstand  $R$** 

Dit is de verhouding van de dikte van het materiaal op de  $\lambda$ -waarde.

**Warmtedoorgangcoëfficiënt  $U$** 

Inverse van de warmteweerstand  $R$ .

**Warmteoverdrachtcoëfficiënt  $H$** 

Per constructiedeel het product van de warmtedoorgangcoëfficiënt  $U$  met de overeenkomstige oppervlakte.

**Karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik**

Dit is het energieverbruik nodig voor ruimteverwarming, de opwekking van warm tapwater, koeling, hulpfuncties en in geval van kantoor- en schoolgebouwen ook verlichting, berekend volgens de EPB-methode. De energiebesparing als gevolg van zelf opgewekte elektriciteit wordt in mindering gebracht.

**Opaak constructiedeel**

Een constructieonderdeel dat geen zonnestraling doorlaat.

**Opwekkingsrendement**

De verhouding van de warmte die afgeleverd wordt door een warmte-opwekkingstoestel tot de verbruikte energie.

**Transparant constructieonderdeel**

Een constructieonderdeel dat zonnestraling min of meer doorlaat, eventueel met behoud van helder beeld. Dit beslaat dus zowel doorzichtigheid als doorschijnendheid. Transparant is het tegenovergestelde van opaak.

**Ventilatiedebiet**

De hoeveelheid buitenlucht die per tijdseenheid wordt toegevoerd d.m.v. ventilatie.

**Warmteverlies**

Hoeveelheid warmte die een beschermd volume verliest per eenheid van tijd.

**Bewuste ventilatie**

Ventilatie bekomen m.b.v. een ventilatiesysteem.

**In- en exfiltratie**

Ongewilde ventilatie door spleten, kieren en poreuze scheidingsconstructies.



## 5. Lijst van figuren

<i>Figuur 1: Overzicht E-peil berekening.....</i>	<i>29</i>
<i>Figuur 2: E-peil case 1 na doorvoering bouwkundige en installatietechnische maatregelen voor EPB-eisen 2014 .....</i>	<i>51</i>
<i>Figuur 3: Financiële impact van de doorgevoerde maatregelen in case 1 voor EPB-eisen 2014.....</i>	<i>51</i>
<i>Figuur 4: E-peil case 2 na doorvoering bouwkundige en installatietechnische maatregelen voor EPB-eisen 2014 .....</i>	<i>54</i>
<i>Figuur 5: Financiële impact van de doorgevoerde maatregelen in case 2 voor EPB-eisen 2014.....</i>	<i>54</i>
<i>Figuur 6: E-peil case 3 na doorvoering bouwkundige en installatietechnische maatregelen voor EPB-eisen 2014 .....</i>	<i>60</i>
<i>Figuur 7: Financiële impact van de doorgevoerde maatregelen in case 3 voor EPB-eisen 2014.....</i>	<i>60</i>
<i>Figuur 8: Oppervlakte gewogen financiële impact van de 3 cases voor EPB-eisen 2014.....</i>	<i>61</i>
<i>Figuur 9: E-peil case 1 na doorvoering bouwkundige en installatietechnische maatregelen voor EPB-eisen 2016 .....</i>	<i>64</i>
<i>Figuur 10: Financiële impact van de doorgevoerde maatregelen in case 1 voor EPB-eisen 2016 .....</i>	<i>65</i>
<i>Figuur 11: E-peil case 2 na doorvoering bouwkundige en installatietechnische maatregelen voor EPB-eisen 2016 .....</i>	<i>67</i>
<i>Figuur 12: Financiële impact van de doorgevoerde maatregelen in case 2 voor EPB-eisen 2016 .....</i>	<i>67</i>
<i>Figuur 13: E-peil case 3 na doorvoering bouwkundige en installatietechnische maatregelen voor EPB-eisen 2016 .....</i>	<i>73</i>
<i>Figuur 14: Financiële impact van de doorgevoerde maatregelen in case 3 voor EPB-eisen 2016 .....</i>	<i>73</i>
<i>Figuur 15: Oppervlakte gewogen gemiddelde van de financiële impact van cases 1 en 2 voor EPB-eisen 2016..</i>	<i>74</i>
<i>Figuur 16: E-peil case 1 na doorvoering bouwkundige en installatietechnische maatregelen voor EPB-eisen 2021 .....</i>	<i>77</i>
<i>Figuur 17: Financiële impact van de doorgevoerde maatregelen in case 1 voor EPB-eisen 2021 .....</i>	<i>78</i>
<i>Figuur 18: E-peil case 2 na doorvoering bouwkundige en installatietechnische maatregelen voor EPB-eisen 2021 .....</i>	<i>80</i>
<i>Figuur 19: Financiële impact van de doorgevoerde maatregelen in case 2 voor EPB-eisen 2021 .....</i>	<i>81</i>
<i>Figuur 20: E-peil case 3 na doorvoering bouwkundige en installatietechnische maatregelen voor EPB-eisen 2021 .....</i>	<i>86</i>
<i>Figuur 21: Financiële impact van de doorgevoerde maatregelen in case 3 voor EPB-eisen 2021 .....</i>	<i>86</i>
<i>Figuur 22: Oppervlakte gewogen gemiddelde van de financiële impact van case 1 en 2 voor EPB-eisen 2021 ...</i>	<i>87</i>
<i>Figuur 23: Invloed lekdebiet op het jaarlijks netto-energiebehoefte voor verwarming .....</i>	<i>92</i>
<i>Figuur 24: Invloed lekdebiet op de mate van oververhitting.....</i>	<i>93</i>
<i>Figuur 25: Invloed lekdebiet op het E-peil.....</i>	<i>94</i>





## 6. Lijst met tabellen

Tabel 1: EPB-eisen voor residentiële nieuwbouw in Vlaams Gewest .....	22
Tabel 2: EPB-eisen voor residentiële nieuwbouw in het Waals Gewest .....	23
Tabel 3: EPB-eisen voor residentiële nieuwbouw in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest .....	24
Tabel 4: Maatregelen voor hernieuwbare energie voor residentiële nieuwbouw .....	35
Tabel 5: Algemene verschillen in benamingen tussen EPB-software Vlaanderen en EPB-software 3G .....	38
Tabel 6: Verschilpunten in implementatie voor bouwaanvragen voor januari 2014 en na januari 2014 .....	39
Tabel 7: Toegepaste zonnewering [35] .....	42
Tabel 8: PV-panelen in de toegepaste fotovoltaïsche installatie[38] .....	43
Tabel 9: Gegevens case1: eengezinswoning 1.....	45
Tabel 10: Gegevens Case2: eengezinswoning 2 .....	46
Tabel 11: Gegevens case3: appartementsgebouw.....	47
Tabel 12: Vergelijking EPB-eisen 2012-2014 van case 1 .....	49
Tabel 13: Vergelijking EPB-niveaus case 1 na doorvoering bouwkundige maatregelen met EPB-eis 2014 .....	50
Tabel 14: Kostprijs toegepaste bouwkundige maatregelen case1, EPB-eisen 2014 .....	50
Tabel 15: Vergelijking EPB-eisen 2012-2014 van case 2 .....	52
Tabel 16: Vergelijking EPB-niveaus case 2 na doorvoering bouwkundige maatregelen met EPB-eis 2014 .....	53
Tabel 17: Kostprijs toegepaste bouwkundige maatregelen case2, EPB-eisen 2014 .....	53
Tabel 18: Vergelijking EPB-eisen 2012-2014 van case 3 .....	56
Tabel 19: Vergelijking EPB-niveaus case 3 na doorvoering bouwkundige maatregelen met EPB-eis 2014 .....	58
Tabel 20: Kostprijs toegepaste bouwkundige maatregelen case 3, EPB-eisen 2014 .....	58
Tabel 21: Vergelijking EPB-eisen 2012-2016 van case 1 .....	62
Tabel 22: Vergelijking EPB-niveaus case 1 na doorvoering bouwkundige maatregelen met EPB-eis 2016 .....	63
Tabel 23: Kostprijs toegepaste bouwkundige maatregelen case 1, EPB-eisen 2016 .....	63
Tabel 24: Vergelijking EPB-eisen 2012-2016 van case 2 .....	65
Tabel 25: Vergelijking EPB-niveaus case 2 na doorvoering bouwkundige maatregelen met EPB-eis 2016 .....	66
Tabel 26: Kostprijs toegepaste bouwkundige maatregelen case 2, EPB-eisen 2016 .....	66
Tabel 27: Vergelijking EPB-eisen 2012-2016 van case 3 .....	69
Tabel 28: Vergelijking EPB-niveaus case 3 na doorvoering bouwkundige maatregelen met EPB-eis 2016 .....	71
Tabel 29: Kostprijs toegepaste bouwkundige maatregelen case 3, EPB-eisen 2016 .....	72
Tabel 30: Vergelijking EPB-eisen 2012-2021 van case 1 .....	75
Tabel 31: Vergelijking EPB-niveaus case 1 na doorvoering bouwkundige maatregelen met EPB-eis 2021 .....	76
Tabel 32: Kostprijs toegepaste bouwkundige maatregelen case 1, EPB-eisen 2021 .....	76
Tabel 33: Vergelijking EPB-eisen 2012-2021 van case 2 .....	78
Tabel 34: Vergelijking EPB-niveaus case 2 na doorvoering bouwkundige maatregelen met EPB-eis 2021 .....	79
Tabel 35: Kostprijs toegepaste bouwkundige maatregelen case 2, EPB-eisen 2021 .....	79
Tabel 36: Vergelijking EPB-eisen 2012-2021 van case 3 .....	83
Tabel 37: Tabel 38: Vergelijking EPB-niveaus case 3 na doorvoering bouwkundige maatregelen met EPB-eis 2021 .....	84
Tabel 39: Kostprijs toegepaste bouwkundige maatregelen case 3, EPB-eisen 2021 .....	84



## 7. Inhoudsopgave

1.	Dankbetuiging .....	3
2.	Abstract .....	5
3.	Abstract .....	7
4.	Lijst met afkortingen, grootheden en begrippen .....	9
5.	Lijst van figuren .....	13
6.	Lijst met tabellen .....	15
7.	Inhoudsopgave .....	17
8.	Inleiding.....	19
9.	Onderzoek.....	21
9.1	Evolutie EPB-eisen .....	21
9.1.1	Vlaams Gewest.....	22
9.1.2	Waals Gewest .....	23
9.1.3	Het Brussels Hoofdstedelijk Gewest .....	23
9.2	Berekening K-peil.....	25
9.3	Berekening E-peil.....	29
9.4	Kostenoptimale niveaus .....	33
9.4.1	Bouwkundige maatregelen.....	33
9.4.2	Installatietechnische maatregelen .....	35
9.4.3	Kostenoptimale niveaus 2014.....	37
9.5	Overzicht verandering berekeningsmethode EPB-software Vlaanderen 1.8 vs. EPB-software 3G 5.0 .....	38
9.5.1	Epicoolstudie.....	39
10.	Cases.....	41
10.1	Overzicht gegevens woningen .....	41
10.1.1	Case 1: Eengezinswoning 1 .....	45
10.1.2	Case 2: Eengezinswoning 2 .....	46
10.1.3	Case 3: appartementsgebouw .....	47
10.2	Aanpassingen cases aan EPB-eisen 2014.....	48
10.2.1	Case 1: Eengezinswoning 1 .....	49
10.2.2	Case2: Eengezinswoning 2 .....	52
10.2.3	Case 3: Appartementsgebouw .....	55
10.2.4	Besluiten haalbaarheid EPB-eisen 2014 o.b.v. de 3 cases.....	61
10.3	Aanpassingen cases aan EPB-eisen 2016.....	62
10.3.1	Case 1: Eengezinswoning 1 .....	62
10.3.2	Case 2: Eengezinswoning 2 .....	65

10.3.3 Case 3: Appartementgebouw .....	68
10.3.4 Besluiten haalbaarheid EPB-eisen 2016 o.b.v. de 3 cases.....	74
10.4 Aanpassingen cases aan EPB-eisen 2021-BEN.....	75
10.4.1 Case 1: Eengezinswoning 1 .....	75
10.4.2 Case 2: Eengezinswoning 2 .....	78
10.4.3 Case 3: Appartementgebouw .....	81
10.4.4 Besluiten haalbaarheid EPB-eisen 2021-BEN o.b.v. de 3 cases.....	87
11. Conclusie .....	89
11.1 Conclusie resultaten cases.....	89
11.2 Invloedsfactoren op gerealiseerde resultaten .....	90
11.3 Opmerkingen invoer Software 3G 5.0 .....	95
12. Bijlagen .....	97
13. Referenties .....	101

## 8. Inleiding

Duurzaam bouwen is een begrip dat niet meer weg te denken is uit onze samenleving. Dit komt mede doordat residentiële gebouwen voor een groot deel bijdragen tot het totale energieverbruik op aarde. In België zijn gebouwen verantwoordelijk voor 30% van het totale energieverbruik.[1]<sup>1</sup> Het energiegebruik in een residentieel gebouw wordt bepaald door gebruikersafhankelijke en gebruikersonafhankelijke parameters. De EPB-regelgeving houdt enkel rekening met de gebruikersonafhankelijke parameters.

Deze gebruikersonafhankelijke parameters kunnen opgesplitst worden in twee elementen. Als eerste is er de gebouwschil. Doorheen deze gebouwschil ontstaat er een warmtestroom. De grootte van deze warmtestroom wordt bepaald door de kwaliteit van de gebouwschil. De tweede gebruikersonafhankelijke parameter bestaat uit de systemen voor ventilatie en productie van warmte. Om een residentieel gebouw te optimaliseren moet eerst de gebouwschil herzien worden, waarna de installaties verbeterd kunnen worden.

Eén van de onderdelen van het Kyoto Protocol bestaat eruit om het energieverbruik voor residentiële gebouwen in te perken. Zo werden het isolatiepeil (K-peil) en de energiestaat (E-peil) ingevoerd met als doel dat nieuwbouwwoningen bijna energieneutraal zijn in 2021.

---

<sup>1</sup>[1] Het Vlaams Energie Agentschap. EPB-regelgeving. <http://www.energiesparen.be/epb/regelgeving>



## 9. Onderzoek

### 9.1 Evolutie EPB-eisen

Om tegemoet te komen aan de energieproblematiek zoals de klimaatopwarming of de toegankelijkheid tot energie heeft Europa de richtlijn 'Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)' [2]<sup>2</sup> van 22 december 2002 in het kader van de Kyoto-protocol opgesteld. Deze richtlijn moet de uitstoot van de broeikasgassen in gebouwen verminderen[1]. De richtlijn legde 5 verplichtingen op aan de EU-lidstaten [3]:

- Elke lidstaat moet beschikken over een berekeningsmethode, in overeenstemming met de richtlijn, om de energieprestatie van gebouwen te berekenen.
- Ieder EU-lidstaat stelt zijn minimumeisen op voor de energieprestatie van nieuwe gebouwen met aandacht voor het binnenklimaat van het gebouw.
- Naast minimumeisen voor nieuwbouw moeten er ook minimumeisen geformuleerd worden voor gebouwen die een ingrijpende renovatie ondergaan. Er wordt over een renovatie gesproken wanneer de kostprijs voor de wijzigingen aan gebouwschil of installaties groter is dan 25% van de waarde van het gebouw of minimaal 25% van de gebouwschil wordt vervangen.
- Daarnaast moet een energieprestatiecertificaat ingevoerd worden voor de bouw, verkoop of verhuur van gebouw waarbij de certificatie wordt uitgevoerd door gekwalificeerde en/of erkende deskundige.
- Centrale verwarmingssystemen en airconditioningssystemen moeten onderworpen worden aan een periodieke keuring.

De Europese lidstaten waren verplicht om deze richtlijn voor 4 januari 2006 om te zetten in hun eigen regelgeving. In november 2008 publiceerde de Europese Commissie een herziening van de Europese Richtlijn. Deze werd in november 2009 goedgekeurd. Voor residentiële nieuwbouw bevatte de herziening de volgende wijzigingen [1] + [3]:

- Elke lidstaat moet op basis van een Europees vastgelegde berekeningsmethode de kostenoptimale niveaus betreffende de energieprestatie-eisen bepalen.
- Opstellen van mogelijke eisen, afhankelijk per lidstaat, met betrekking tot hernieuwbare energie-opwekkingssystemen voor nieuwbouw woningen.
- Vanaf 2021 moeten alle nieuwbouwwoningen "bijna energie-neutrale woningen" zijn waarvan de definitie in de richtlijn staat omschreven. [4]

In België zijn de 3 gewesten verantwoordelijk voor de omzetting van deze richtlijn. Dit heeft ertoe geleid dat de 3 gewesten deze richtlijn op hun eigen manier benaderden en er 3 verschillende EPB-regelgevingen alsook 3 verschillende software programma's bestonden voor de 3 gewesten. [1]

---

<sup>2</sup>[1] Het Vlaams Energie Agentschap. EPB-regelgeving. <http://www.energiesparen.be/epb/regelgeving>

[2] Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen, *Richtlijn 2002/91/EG van het Europees parlement en de Raad van 16 december 2006 betreffende de energieprestatie van een gebouw*, Europees Parlement, 16 december 2002.

[3] Algemene syllabus van het Vlaams Energieagentschap, *Implementatie Europese Richtlijn 'Energieprestatie van gebouwen' in het Vlaams Gewest*, VEA, april 2010

[4] Publicatieblad van de Europese Unie, *Richtlijn 2010/31/EU van het Europees parlement en de Raad van 19 mei 2010 betreffende de energieprestatie van een gebouw(herschikking)*, Europees Parlement, 19 mei 2010.

### 9.1.1 Vlaams Gewest

In het Vlaams Gewest werd de Europese Richtlijn omgezet in een EPB-decreet dat op 22 december 2006 werd goedgekeurd. Er zijn eisen opgesteld voor de thermische isolatie van het gebouw, de energieprestatie en het binnenklimaat van de wooneenheid. Deze eisen zijn afhankelijk van de aard van de werken en de bestemming van het gebouw.

De EPB-eisen zijn geldig voor elk gebouw met een stedenbouwkundige aanvraag na 1 januari 2006. De thermische isolatie evolueert van K45 naar K40 met strenger wordende  $U_{max}$ -en  $R_{min}$ -waarden [5]<sup>3</sup>. Het E-peil verstrengt stelselmatig van E100 voor een woning met een stedenbouwkundige aanvraag tussen januari 2006 en december 2009, met als doel E30 voor residentiële nieuwbouw vanaf januari 2021. Voor woningen met een stedenbouwkundige aanvraag vanaf 2012 wordt er een netto-energiebehoefte vereist van maximaal 70 kWh/m<sup>2</sup>. Vanaf 2014 is er een bijkomende EPB-eis die een minimumaandeel aan hernieuwbare energie vereist. [6] [7]

EPB-eisen	Datum aanvraag bouwvergunning			
	2006-2009	2010-2011	2012-2013	2014-2015
Thermische isolatie	•K45 • $U_{max}$ - of $R_{min}$	•K45 • $U_{max}$ - of $R_{min}$	•K40 • $U_{max}$ - of $R_{min}$	•K40 • $U_{max}$ - of $R_{min}$
Energieprestatie	E100	E80	E70	E60
Netto-energiebehoefte	/	/	Max 70kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup>
Binnenklimaat [8][9]	•Min ventilatie •Beperkt risico oververhitting	•Min ventilatie •Beperkt risico oververhitting	•Min ventilatie •Beperkt risico oververhitting	•Min ventilatie •Beperkt risico oververhitting
Hernieuwbare energie	/	/	/	Minimum-aandeel
	2016-2017	2018-2019	2020	2021 BEN
Thermische isolatie	•K40 • $U_{max}$	•K40 • $U_{max}$	•K40 • $U_{max}$	•K40 • $U_{max}$
Energieprestatie	E50	E40	E35	E30
Netto-energiebehoefte	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup>
Binnenklimaat [8][9]	•Min ventilatie •Beperkt risico oververhitting	•Min ventilatie •Beperkt risico oververhitting	•Min ventilatie •Beperkt risico oververhitting	•Min ventilatie •Beperkt risico oververhitting
Hernieuwbare energie	Minimum-aandeel	Minimum-aandeel	Minimum-aandeel	Minimum-aandeel

Tabel 1: EPB-eisen voor residentiële nieuwbouw in Vlaams Gewest

<sup>3</sup>[5] Het Vlaams Energie Agentschap. U- en R-waarden. <http://www.energiesparen.be/epb/eisentransmissie>

[6] Het Vlaams Energie Agentschap. Wat zijn de eisen?, <http://www.energiesparen.be/epb/welkeisen>

[7] Vlaanderen.be, geraadpleegd op 26 september 2013, <http://www.vlaanderen.be/nl/bouwen-wonen-en-energie/energie/energienormen/energieprestatieregelgeving-epb-voor-nieuwbouw-en-renovatie>

[8] Het Vlaams Energie Agentschap, Ventilatievoorzieningen voor woongebouwen, maart 2014.

[9] Het Vlaams Energie Agentschap, Oververhitting, <http://www.energiesparen.be/epb/oververhitting>



### 9.1.2 Waals Gewest

In het Waals gewest werd de Europese Richtlijn verwerkt tot de PEB-eisen. De eerste eis was van kracht van 1 september 2008 tot 30 april 2010. Deze eis verplichtte een maximaal K-peil van 45. Verder waren er ook verplichtingen met  $U_{max}$ -waarden voor de scheidingsconstructies en ventilatie. De daaropvolgende regelgeving was geldig tot 30 augustus 2011. De verstrenging van deze eis bestond uit een maximaal E-peil van 100, de netto-energiebehoefte moest lager liggen dan 170 kWh/m<sup>2</sup> en de oververhitting moest beperkt worden tot 17500 kh. Deze regelgeving werd later nog verstrengd met een maximaal E-peil van 80 en het netto-energiebehoefte mag maximaal 130 kWh/m<sup>2</sup>. Voorlopig zijn de laatst uitgewerkte eisen voor Wallonië deze van 2014. De eisen na 2014 t.e.m. 2020 zijn nog steeds in ontwikkeling. [10]<sup>4</sup>

PEB-eisen	Datum aanvraag bouwvergunning			
	Sept 2008- April 2010	Mei 2010- Augustus 2011	Sept 2011- December 2013	Vanaf 2014
Thermische isolatie	•K45 • $U_{max}$	•K45 • $U_{max}$	•K45 • $U_{max}$ - of $R_{min}$	•K35 • $U_{max}$ - of $R_{min}$
Energie- prestatie	/	E100	E80	E80
Netto- energiebehoefte	/	Max 170 kWh/m <sup>2</sup>	Max 130 kWh/m <sup>2</sup>	Max 130 kWh/m <sup>2</sup>
Binnenklimaat [8]	•Min ventilatie	•Min ventilatie •Beperkt risico oververhitting	•Min ventilatie •Beperkt risico oververhitting	•Min ventilatie •Beperkt risico oververhitting
Hernieuwbare energie	/	/	/	/

Tabel 2: EPB-eisen voor residentiële nieuwbouw in het Waals Gewest

### 9.1.3 Het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

In het Brussels Hoofdstedelijk Gewest zijn de EPB-eisen verplicht vanaf 2 juli 2008. De thermische isolatie van een residentieel gebouw werd vastgelegd op een K-peil van 40 met  $U_{max}$ -waarden en/of  $R_{min}$ -waarden[11] voor de scheidingsconstructies. Deze  $U_{max}$ -waarden en/of  $R_{min}$ -waarden worden vanaf 1 januari 2014 verstrengd en geharmoniseerd met de andere Gewesten. Het E-peil werd door het Besluit van 5 mei 2011 verstrengd van E90 naar E70. In het Brussels Gewest wordt er geen maximale waarde toegekend aan de netto-energiebehoefte van een woning, maar er worden wel specifieke eisen m.b.t. de technische installaties opgelegd. Voor het binnenklimaat van een residentieel gebouw moet er minimale ventilatie voorzien worden en de oververhitting moet beperkt worden tot 17500 Kh.[11]

<sup>4</sup>[10] Portail de l'énergie en Wallonie (2012). Appliquer la réglementation wallonne – PEB. Geraadpleegd op 24 september 2013, <http://energie.wallonie.be/fr/appliquer-la-reglementation-wallonne-peb.html?IDC=6148>

[11] Bruxelles Environnement, De eisen op het vlak van de energiepreatatie en het binnenklimaat van gebouwen (EPB-eisen). December 2013

EPB-eisen	Datum aanvraag bouwvergunning		
	2/7/2008- 1/7/2011	2/7/2011- 31/12/2014	Vanaf 1 januari 2015
<i>Thermische isolatie</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•K40</li> <li>•U<sub>max</sub>- of R<sub>min</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•K40</li> <li>•U<sub>max</sub>- of R<sub>min</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Afschaffing K-peil</li> <li>•U<sub>max</sub>- of R<sub>min</sub></li> </ul>
<i>Energieprestatie</i>	E90	E70	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afschaffing E-eis</li> <li>•Vanaf 2018 V50 ≤ 0,6 m<sup>3</sup>/h</li> </ul>
<i>Netto-energiebehoefte</i>	Eisen m.b.t. technische installaties	Eisen m.b.t. technische installaties	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Totaal primair energieverbruik ≤ 45 kWh/m<sup>2</sup>.jaar</li> <li>•Netto-energiebehoefte verwarming ≤ 15 kWh/m<sup>2</sup>.jaar</li> </ul>
<i>Binnenklimaat [8]</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Min ventilatie</li> <li>•Beperkt risico oververhitting</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Min ventilatie</li> <li>•Beperkt risico oververhitting</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Min ventilatie</li> <li>•Afschaffing eisen oververhitting</li> <li>•Een temperatuur van oververhitting die tijdens het jaar slechts gedurende 5% van het jaar 25°C mag overschrijden.</li> </ul>
<i>Hernieuwbare energie</i>	/	/	/

Tabel 3: EPB-eisen voor residentiële nieuwbouw in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

## 9.2 Berekening K-peil

### 9.2.1 $\lambda$ -waarde

Elk bouw materiaal bezit een warmtegeleidingscoëfficiënt  $\lambda$ . Deze  $\lambda$ -waarde wordt opgesplitst in  $\lambda_e$ - en een  $\lambda_i$ -waarde en wordt bepaald a.d.h.v. proeven in overeenstemming met de normen NBN B 62-200, NBN B 62-202 en NBN B 62-203. Wanneer de  $\lambda$ -waarde een bijkomende subscriptie U heeft, is dit de rekenwaarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt.[12]<sup>5</sup> Deze rekenwaarde van de  $\lambda$ -waarde is afhankelijk van het feit of een bouwproduct:

- gecertificeerd is en gekend is naar aard, merknaam en type
- gecertificeerd is en enkel gekend is naar aard
- niet-gecertificeerd is

### 9.2.2 U-waarde

De warmtedoorgangcoëfficiënt U van een scheidingsconstructie in een woning is de inverse van de totale warmteweerstand  $R_T$ .

$$U_i = \frac{1}{R_T}$$

De totale warmteweerstand van een scheidingsconstructie is dan weer de som van de warmteweerstanden van de verschillende lagen in de richting van de warmtestroom:

$$R_T = R_{si} + \sum R_i + R_{se}$$

Met  $R_i = \frac{d}{\lambda}$ , en d = dikte van de bouwlaag [m].

De U-waarde voor vensters is een oppervlakte gewogen gemiddelde van de U-waarden van het glas, het raamprofiel, het eventueel aangebrachte opaak opvulpaneel en het product van de lengte en lineaire warmtedoorgangcoëfficiënt van de gebruikte afstandshouders [12].

### 9.2.3 Warmteoverdrachtcoëfficiënt

De warmteoverdrachtcoëfficiënt wordt bepaald per constructiedeel en is het product van de U-waarde van elk constructie-element en de overeenkomstige oppervlakte. De warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie  $H_T$  is op zijn beurt de som van de warmteoverdrachtscoëfficiënt van de verschillende constructiedelen:

$$H_T = H_D + H_g + H_U$$

Met:

- $H_D$ : warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie direct naar de buitenomgeving [W/K]
- $H_g$ : warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie via de grond en via onverwarmde kelders en kruipruimten in contact met de grond [W/K]
- $H_U$ : warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie direct naar de buitenomgeving via aangrenzende onverwarmde ruimten [W/K]

---

<sup>5</sup>[12] Transmissiereferentiedocument, *Berekening van de warmtedoorgangcoëfficiënt van wanden van gebouwen (U-waarde) en van de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie in gebouwen*, Belgisch Staatsblad, 8 december 2010

De warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie via scheidingsconstructies direct naar de buitenomgeving wordt bepaald door:

$$H_D = H_D^{constructie} + H_D^{bouwknopen}$$

$$H_D = \sum U_i \cdot A_i + H_D^{bouwknopen}$$

De warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie via de grond en via onverwarmde kelders en kruipruimten in contact met de grond wordt bepaald door:

$$H_g = H_g^{constructie} + H_g^{bouwknopen}$$

Vloeren in direct contact met de grond:

$$H_g = \sum U_{eq,f,i} \cdot A_i \cdot a_i + H_g^{bouwknopen}$$

$$H_g = \frac{1}{R_{si} + \sum R_i} \cdot A_i \cdot \frac{1}{U_{eq,f,i} + 1} + H_g^{bouwknopen}$$

Bouwelementen in contact met onverwarmde kruipruimten en kelders:

$$H_g = \sum U_{eq,f,i} \cdot A_i \cdot b_{u,i} + H_g^{bouwknopen}$$

$$H_g = \frac{1}{R_{si} + \sum R_i + R_{si}} \cdot A_i \cdot b_{u,i} + H_g^{bouwknopen}$$

De temperatuurreductiefactoren  $b_u$  worden weergegeven in het Transmissiereferentiedocument.[12]+[13]<sup>6</sup>.

De warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie naar de buitenomgeving via aangrenzende onverwarmde ruimtes wordt bepaald door:

$$H_U = H_U^{constructie} + H_U^{bouwknopen}$$

$$H_U = H_{T,iU}^{constructie} \cdot b + H_U^{bouwknopen}$$

$$H_U = H_{T,iU}^{constructie} \cdot \frac{H_{ue}}{H_{T,iU}^{constructie} + H_{ue}} + H_U^{bouwknopen}$$

$$H_U = H_{T,iU}^{constructie} \cdot \frac{H_{T,ue} + \rho \cdot c \cdot V_{ue}}{H_{T,iU}^{constructie} + H_{T,ue} + \rho \cdot c \cdot V_{ue}} + H_U^{bouwknopen}$$

$$H_U = H_{T,iU}^{constructie} \cdot \frac{H_{T,ue} + \rho \cdot c \cdot n_{ue} \cdot V_u}{H_{T,iU}^{constructie} + H_{T,ue} + \rho \cdot c \cdot n_{ue} \cdot V_u} + H_U^{bouwknopen}$$

<sup>6</sup>[13] Transmissieverliezen in gebouwen, Inleiding en eisen, Vlaams Energie Agentschap, April 2006

Met:

- $H_{T,ue}$ : warmteoverdracht door transmissie [W/K]
- $H_{T,iU}^{constructie}$ : de directe warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen de scheidingsconstructies tussen de verwarmde en de AOR [W/K]
- $\rho$ : de dichtheid van lucht [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]
- $c$ : de soortelijke warmtecapaciteit van lucht [Wh/kg.K]
- $V_u$ : het volume van de AOR [ $\text{m}^3$ ]
- $n_{ue}$ : het conventioneel ventilatieveelvoud tussen de aangrenzende ruimte en de buitenomgeving, weergegeven in het Transmissiereferentiedocument [12]

### 9.3.4 Gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt

De gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt is de verhouding van de totale warmteoverdrachtscoëfficiënt tot de verliesoppervlakte. De verliesoppervlakte bestaat uit alle oppervlakten die het BV van het gebouw scheiden van:

- de buitenomgeving
- aangrenzende onverwarmde ruimten
- de volle grond

### 6.3.5 Bouwknopen

Bouwknopen kunnen op 3 verschillende manieren in rekening worden gebracht. Hierdoor zal de term  $H^{bouwknopen}$  wijzigen.

#### **Optie A**

Alle bouwknopen worden exact in rekening gebracht. Dit betekent dat voor elke bouwknop de overeenkomstige U-waarde wordt berekend. De term  $H^{bouwknopen}$  bevat elke bouwknop die aanwezig is in het gebouw. Er ontstaat een variabele toeslag van K-peil-punten t.g.v. de bouwknopen. [14]<sup>7</sup>

#### **Optie B**

In deze optie worden de aanwezige bouwknopen opgedeeld in 2 soorten: de EPB-aanvaarde en de niet-EPB-aanvaarde bouwknopen. De EPB-aanvaarde bouwknopen voldoen aan 3 basisregels en worden niet opgenomen in de term  $H^{bouwknopen}$ , maar worden ingerekend door een forfaitaire toeslag van 3 K-peil-punten. De niet-EPB-aanvaarde bouwknopen voldoen niet aan de 3 basisregels en worden wel exact ingerekend in de term  $H^{bouwknopen}$ . [14]

#### **Optie C**

In deze optie worden de bouwknopen niet exact in rekeningen gebracht. Dit zal bestraft worden door een hoge forfaitaire toeslag van 10 K-peil-punten. [14]

---

<sup>7</sup>[12] Transmissiereferentiedocument, *Berekening van de warmtedoorgangscoefficiënt van wanden van gebouwen (U-waarde) en van de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie in gebouwen*, Belgisch Staatsblad, 8 december 2010

[14] Handleiding voor controle op toepassing isolatie-en ventilatiereglementering, *Procedures voor thermische isolatie en netto-energiebehoeften*, April 2001

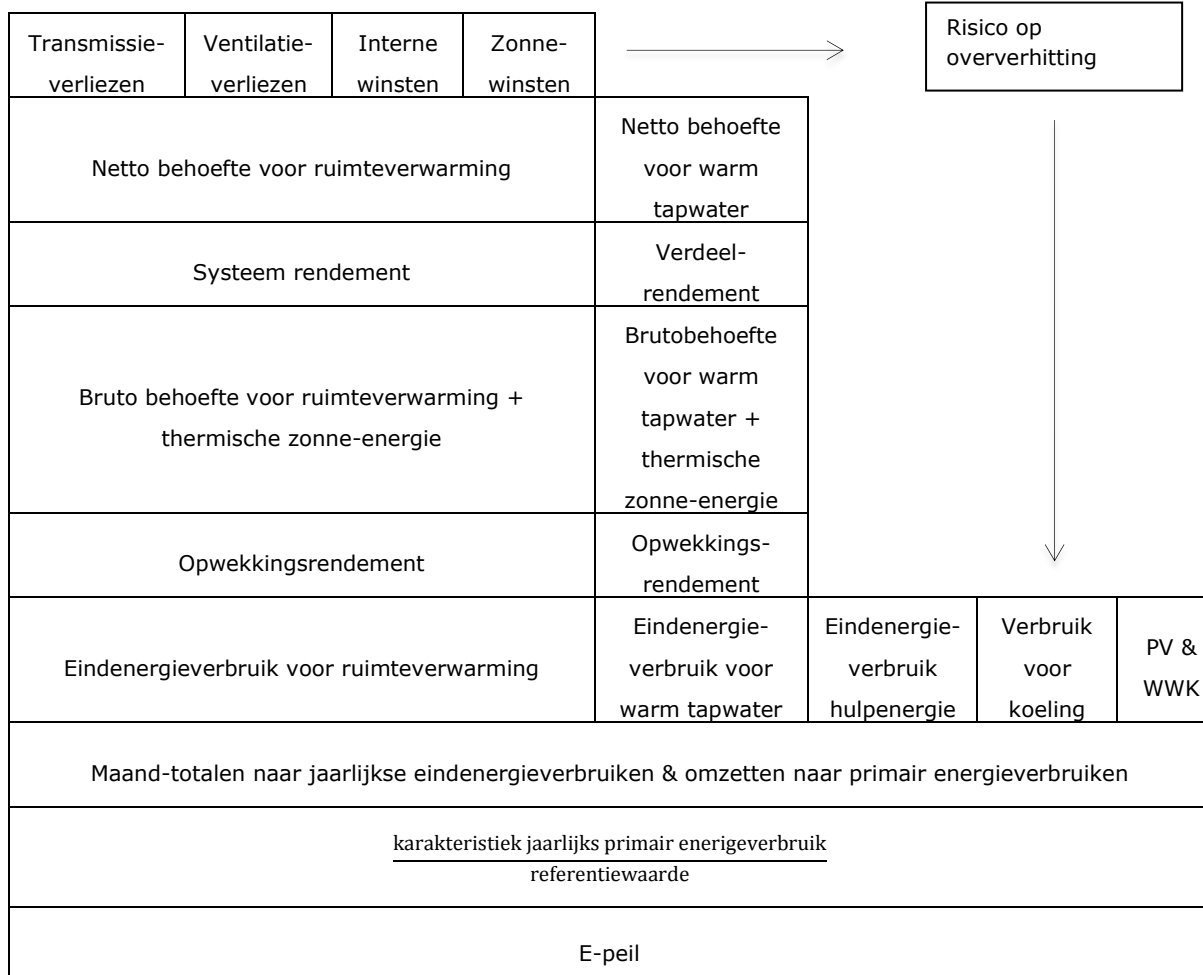
### 9.3.6 Isolatiepeil

Het K-peil wordt bepaald in functie van de gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt en de verhouding van het BV op de totale warmteverliesoppervlakte van het gebouw.[12]

- $BV/A_T \leq 1$ :  $K = 100 \cdot U_m$
- $1 < BV/A_T < 4$ :  $K = \frac{300 \cdot U_m}{(V/A_T + 2)}$
- $BV/A_T \geq 4$ :  $K = 50 \cdot U_m$

### 9.3 Berekening E-peil

De energieprestatie van een woning wordt uitgedrukt aan de hand het E-peil. Dit E-peil wordt beïnvloed door verschillende factoren in een woning[15] [16] [17] [18] [19] [20]<sup>8</sup>:



Figuur 1: Overzicht E-peil berekening

<sup>8</sup>[15] Energieprestatie van woongebouwen, *Ruimteverwarming EPW: netto energiebehoefte*. Vlaams Energie Agentschap, Oktober 2010  
 [16] Energieprestatie van woongebouwen, *Ruimteverwarming: van netto energiebehoefte naar primair gebruik*. Vlaams Energie Agentschap, Oktober 2010  
 [17] Energieprestatie van woongebouwen, *Ruimteverwarming EPW: warm tapwater*. Vlaams Energie Agentschap, Oktober 2010  
 [18] Energieprestatie van woongebouwen, *Oververhitting en koeling*. Vlaams Energie Agentschap, Oktober 2010  
 [19] Energieprestatie van woongebouwen, *Hulpenergie in de EPW*. Vlaams Energie Agentschap, Oktober 2010  
 [20] Energieprestatie van woongebouwen, *EPW-methode*. Vlaams Energie Agentschap, februari 2014

### **9.3.1 Netto behoefte voor ruimteverwarming**

De eerste factor die een invloed heeft op het E-peil is de netto-energiebehoefte voor ruimteverwarming. Deze netto-energiebehoefte voor verwarming wordt bepaald door de som van de energieverliezen door transmissie en ventilatie, interne energiewinsten en zonnwinsten en de thermische massa van het BV.

De energieverliezen door transmissie zijn afhankelijk van het K-peil van de woning. Bij een goed geïsoleerde gebouwschil, een laag K-peil, zijn de verliezen door transmissie beperkt wat resulteert in een kleinere netto behoefte voor ruimteverwarming.

Bij ventilatieverliezen onderscheiden we energieverliezen door bewuste ventilatie en energieverliezen door in- en exfiltratie. De energieverliezen door bewuste ventilatie worden veroorzaakt door de uitvoeringskwaliteit  $m$  van het gekozen ventilatiesysteem. De verliezen door in- en exfiltratie worden bepaald aan de hand van de luchtdichtheid van het gebouw. De luchtdichtheid van het gebouw wordt weergegeven door een bepaald lekdebiet [ $m^3/h.m^2$ ].

Interne winsten van een gebouw zijn afkomstig van warmtebronnen binnen het BV met uitzondering van het verwarmingssysteem. Deze warmtebronnen zijn het metabolisme, de warmte geproduceerd door apparaten en de verlichting.

De zonnwinsten zijn de energiewinsten door invallende zonnestrallen door transparante scheidingsconstructies. Het aandeel invallende zonnestrallen kan beïnvloed worden door beschaduwing en zonnewering en zijn afhankelijk van de oriëntatie en helling van de transparante scheidingsconstructies.

De thermische massa van het BV wordt bepaald door de fractie massieve horizontale, hellende en verticale constructiedelen. Hierbij wordt een constructiedeel als massief beschouwd als de massa van het constructiedeel van binnenuit tot de luchtpouw  $> 100kg/m^2$  of wanneer het constructiedeel een laag bevat met  $\lambda < 0,2 W/m.K$ .

### **9.3.2 Bruto behoefte voor ruimteverwarming**

Om een ruimte effectief te verwarmen is er een hoeveelheid energie nodig die gelijk is aan de netto-behoefte voor ruimteverwarming zoals hierboven besproken. Doordat deze energie d.m.v. een systeem verdeeld wordt in de woning is de benodigde energie onderworpen aan het zogenaamde systeemrendement. Het systeemrendement bevat het afgifterendement, het verdeelrendement en het opslagrendement. Dit wordt nog eens in vermindering gebracht met de energie die door zonnewarmte wordt geproduceerd.

Het afgifterendement omvat de niet ideale werking van het afgiftesysteem. Dit wordt aan de hand van een forfaitair rendement in rekening gebracht. Dit forfaitair rendement is afhankelijk van het soort verwarmingssysteem.

Het verdeelrendement bestaat uit de verliezeffecten van transport doorheen de leidingen en is afhankelijk van het type verwarmingssysteem en het feit dat de leidingen binnen of buiten het BV zijn gelegen.

Het opslagrendement is afhankelijk van de eventuele aanwezigheid van een buffervat en het feit dat het buffervat binnen of buiten het beschermd volume is gelegen.



### **9.3.3 Eindenergieverbruik voor ruimteverwarming**

Naast de verliezen van het systeem zijn er ook verliezen verbonden aan de opwekking van de energie: opwekkingsverliezen. Deze opwekkingsverliezen houden rekening met warmteverliezen in de rookgasafvoer, de schoorsteenverliezen en de warmteverliezen aan de omgeving, genaamd de mantelverliezen. Ook de verliezen voor het in stand houden van de temperatuur of het verhogen van de temperatuur zitten hierin vervat. Met dit opwekkingsrendement van het warmteopwekkingstoestel wordt het eindenergieverbruik bepaald.

### **9.3.4 Eindenergieverbruik voor warm tapwater**

Voor de berekening van de netto energiebehoefte voor warm tapwater worden enkel de tappunten in de badkamer en in de keuken in rekening gebracht. Dit komt doordat het verbruik van warm water bij tappunten in andere ruimtes verwaarloosbaar is t.o.v. de tappunten in badkamer en keuken. Er wordt een aanname gemaakt dat 80% van het warm water verbruikt wordt in de douche of in het bad en 20% verbruikt wordt bij de aanrechten.

Het bruto energieverbruik wordt bepaald door middel van het systeemrendement dat de verdeelverliezen omvat. Dit in vermindering met de energie die door zonnewarmte wordt geproduceerd. Het eindenergieverbruik wordt dan berekend m.b.v. het opwekkingsrendement dat de opslag- en opwekkingsverliezen omvat.

### **9.3.5 Eindenergieverbruik voor koeling**

Bij het in rekening brengen van de koeling kunnen er zich twee verschillende situaties voordoen. Het eerste geval bevat de situatie met een actieve koeling. In dit geval wordt het eindenergieverbruik volledig met forfaitaire installatievoorwaarden ingerekend. In het tweede geval is er geen actieve koeling. In dit geval wordt de oververhittingsindicator bepaald met bijhorende conventionele waarschijnlijkheid voor het plaatsen van een actieve koeling. Wanneer er een conventionele waarschijnlijkheid bestaat wordt het eindenergieverbruik berekend a.d.h.v. een fictieve koeling.

### **9.3.6 Eindenergieverbruik hulpenergie**

Deze hulpenergie wordt opgesplitst in hulpenergie voor ruimteverwarming en hulpenergie voor ventilatoren. De hulpenergie voor ruimteverwarming bestaat uit de elektrische hulpenergie voor pompen en ketels. Maar ook de aanwezigheid van waakvlammen bij de warmteopwekkingstoestellen worden ingerekend in de hulpenergie voor ruimteverwarming. De hulpenergie voor ventilatoren is afhankelijk van het type ventilator en het soort ventilatiesysteem.

### **9.3.7 Energiewinst door PV-panelen of warmtekrachtkoppeling**

Voor de fotovoltaïsche panelen zal het aantal panelen een rol spelen alsook het piekvermogen, de helling en de oriëntatiehoek ten opzichte van het zuiden. Maar ook eventuele beschaduwning die de zonne-inval op de PV-panelen verhindert, moet in rekening worden gebracht. Een WKK wordt ter vervanging geplaatst van een conventionele ketel en kan hierdoor extra energiewinsten opleveren.

### 9.3.8 E-peil

De maandtotalen van de eindenergieverbruiken en energiewinsten worden omgezet naar jaarlijkse eindenergieverbruiken en winsten. Deze jaarlijkse eindenergieverbruiken en energiewinsten worden met de gepaste conversiefactor omgezet naar de primair energieverbruiken en energiewinsten.

Omwille van het feit dat er heel wat onvoorspelbare factoren aanwezig zijn in de woning die het primair energieverbruik beïnvloeden, zoals:

- ingestelde binnentemperatuur,
- aantal gebruikers van de woning
- aantal uren dat de woning gebruikt wordt
- ect.

worden er veronderstellingen gemaakt waardoor we overgaan naar het karakteristiek primair energieverbruik. Enkele veronderstellingen zijn:

- een bepaald klimaat
- binnentemperatuur = 18°C
- forfaitaire hoeveelheid aan interne warmtewinsten

Het uiteindelijke E-peil wordt als volgt berekend:

$$E - \text{peil} = \frac{\textit{karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik}}{\textit{referentiewaarde van het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik}} \times 100$$

De referentiewaarde is afhankelijk van de warmteverliesoppervlakte, het BV en het bewuste ventilatiedebiet. Deze referentiewaarde wordt weergegeven door de volgende vergelijking:

$$a_1 \times A_{T,E} + a_2 \times \max \left( V_{EPR}; \frac{V_{EPR} + 192}{2} \right) + a_3 \times V_{HYG,REF}$$

Met:

- $A_{T,E}$  = het warmteverliesoppervlakte
- $V_{EPR}$  = het beschermd volume
- $V_{HYG,REF}$  = het bewust ventilatiedebiet

De constanten  $a_1$ ,  $a_2$  en  $a_3$  zijn zo bepaald zodat het referentiepakket van maatregelen, bestaande uit technieken en prestaties van materialen en installaties, toegepast op tweehonderd geometrie-aspecten van woongebouwen, zoals het warmteverliesoppervlak en het beschermd volume, gemiddeld resulteert in een E-peil van 100.

Voor deze drie constante waarden worden de volgende waarden aangenomen:

$$a_1 = 115$$

$$a_2 = 70$$

$$a_3 = 105$$

Uiteindelijk kan de uitdrukking voor het E-peil als volgt herschreven worden:

$$E - \text{peil} = 100 \times \frac{\text{karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik}}{a_1 \times AT, E + a_2 \times \max\left(\text{VEPR}; \frac{\text{VEPR} + 192}{2}\right) + a_3 \times \text{VHYG, REF}}$$

Dit E-peil moet kleiner zijn dan het opgelegde E-peil. Deze eis is afhankelijk van de aanvraagdatum van de stedenbouwkundige vergunning of van de meldingsdatum.

## 9.4 Kostenoptimale niveaus

Om de twee jaar voert het Vlaams Energie Agentschap een evaluatie uit van de energieprestatieregelgeving. Dit met als doel het:

- bepalen van kostenoptimale EPB-eisen
- vergelijken van deze kostenoptimale EPB-eisen met de geldende EPB-eisen om zo in de toekomst de geldende EPB-eisen te laten evolueren naar kostenoptimale niveaus
- definiëren van maatregelen of maatregelpakketten

De kostenoptimale EPB-eisen worden bekomen door het totaal primair energieverbruik te vergelijken met de totale kosten over de economische levensduur van de toegepaste maatregelen of maatregelpakketten op referentiewoningen.

Voor deze studie worden referentiewoningen onderworpen aan energetische simulaties volgens een rekenmethode die is vastgelegd in de gedelegeerde verordening (EU) nr. 244/2012. De referentiewoningen zijn fictieve woningen waarvan de parameters en variabelen overeenkomen met veel voorkomende waarden in het reële Vlaamse woningpark. De simulatie van deze woningen werd ontwikkeld door het Kenniscentrum Energie in samenwerking met de Vlaamse Confederatie Bouw (VCB) en het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB). De referentiewoningen voor nieuwe residentiële gebouwen bestaat uit ééngezins- en meergezinswoningen. De eengezinswoningen zijn 1 rijwoning, 1 halfopen woning en 2 vrijstaande woningen. De meergezinswoningen zijn 3 appartementen met verschillende insluitingsgraad en bijhorende compactheid.

De toegepaste maatregelen in de studie uitgevoerd door het VEA worden opgesplitst in bouwkundige en installatietechnische maatregelen. De meest kostenoptimale maatregel zal verder in dit onderzoek ook bepaald worden voor het bereiken van de verstrengde EPB-eisen 2014-2016-2021 (BEN).

### 9.4.1 Bouwkundige maatregelen

#### *Thermische isolatie*

Voor opake scheidingsconstructies worden de isolatiediktes verhoogd. De strenger wordende eisen betreffende het K-peil en  $U_{\max}$ -waarden vanaf 2012 kunnen eenvoudig bereikt worden door een minimum aandeel van de dikte van isolatielaag te verhogen. Dit zonder ingrijpende veranderingen door te voeren aan het gebouw. De verstrengde eisen betreffende transparante scheidingsconstructies kunnen behaald worden met een verbeterde  $U_g$ -waarde te werken. Daarnaast moet er verwezen worden naar het feit dat PVC-profielen qua kostprijs en  $U_f$ -waarde het effectiefst scoort waarbij de kostprijs wel toeneemt met een verbeterde  $U_f$ -waarde per type. Maar ook de energieprestatie van een residentieel gebouw kan beïnvloed worden door bouwkundige maatregelen. Een

mogelijke maatregel kan de toename zijn van de isolatiedikte omwille van het groot oppervlakte in een gebouw. Nadelen om via deze methode de EPB-niveaus van een woning te verlagen zijn de bijkomende secundaire kosten:

- Extra funderingsbreedte
- Breder dekstenen, vensterbanken en dorpels
- Kleinere binnenafmetingen van de woning als de buitenafmetingen door stedenbouwkundige voorschriften zijn vastgelegd
- Grotere hoogte gordingen/kepers
- Etc.

### **Luchtdichtheid**

Een meer kostenoptimale maatregel is het verbeteren van de luchtdichtheid van een gebouw. Het meten van de luchtdichtheid gebeurt met behulp van een Blowerdoorproef. Bij deze proef zal het gebouw in een over- of onderdruk gebracht worden waarbij er een drukverschil van 50 Pa ontstaat tussen binnen- en buitenomgeving. Het gemiddelde lekdebiet dat hierbij gemeten wordt, is het lekdebiet of ook wel de V50-waarde van het BV. Op basis van deze V50-waarde kan de v50-waarde berekend worden. [21]<sup>9</sup>

$$v50 = \frac{V50}{\text{verliesoppervlak}} \left[ \frac{\frac{m^3}{uur}}{m^2} \right]$$

Deze v50 waarde geeft aan hoeveel m<sup>3</sup> lucht er per uur door per m<sup>2</sup> uitwendige schil gaat bij een drukverschil van 50 Pa. Hierbij heeft de uitwendige schil betrekking op alle verliesoppervlakten in contact met de onverwarmde omgeving of buitenomgeving. Het verliesoppervlak dat voor deze berekening wordt gebruikt heeft dezelfde conventies als voor de bepaling van de warmteverliesoppervlakte. De te meten zone is in geval van een eengezinswoning maximaal het beschermd volume. In het geval van een appartementsgebouw mag de meting uitgevoerd worden op het gehele appartementsgebouw of op het individuele appartement waarvoor de EPB-aangifte geldt. Het is deze v50 waarde die belangrijk is voor het opmaken van een EPB rapport. [22] [23] [24]

Binnen deze Blowerdoortest wordt er een onderscheid gemaakt tussen een kwantitatieve en een kwalitatieve test. De kwantitatieve test wordt nog opgedeeld in de A-methode en de B-methode.

De kwantitatieve test voert een meting uit van de situatie en rapporteert over het resultaat. De A-test wordt uitgevoerd in het kader van de EPB-regelgeving en is bepaald in de norm NBN EN 13829:2001. Er wordt zowel een test uitgevoerd in overdruk als in onderdruk. Bij de B-test wordt de luchtdichtheid van de bouwschil gemeten en kunnen er eventueel nog bewerkingen doorgevoerd worden ter verbetering van de luchtdichtheid. De kwalitatieve test zal op een actieve manier de luchtlekken opsporen en behandelen. Deze kwalitatieve test kan onderdeel vormen van een B-test.

<sup>9</sup>[21] Vibe.be, geraadpleegd op 15 december 2013,

[http://www.vibe.be/luchtdichtheid%20testen%20in%20de%20praktijk\\_2pp.pdf](http://www.vibe.be/luchtdichtheid%20testen%20in%20de%20praktijk_2pp.pdf)

[22] EPB-nieuwsbrief, *Luchtdichtheid: meten is weten*. VEA, mei 2009

[23] SKH-publicatie, *Luchtdichtheidsmetingen*. SKH, december 2013

[24] Van der Veken J., Creylman J., & Lenaerts T. (2013). Studie naar kostenoptimale niveaus van de minimumeisen inzake energieprestaties van nieuwe residentiële gebouwen. Geel: Kenniscentrum Energie, Thomas More Kempen/KU Leuven

Verder in dit onderzoek wordt uitgegaan van een gemiddelde v50-waarde van 6 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>. [20]

### **Zonnewinsten**

Wanneer een woning een groot risico bezit op oververhitting moeten eerst de zonnewinsten beperkt worden. Het eindenergieverbruik voor ruimteverwarming zal slechts minimaal stijgen, maar het eindenergieverbruik voor koeling zal reduceren omwille van dat er enkel tijdens de zomermaanden een risico op oververhitting ontstaat.

Zonnewinsten kunnen beperkt worden door gebruik te maken van beglazing met een lage zonnetoetredingsfactor g. Hierbij is er wel een beperking met de beschikbare producten op de markt. Naast het verbeteren van de zonnetoetredingsfactor kunnen er screens of uitwendige beschaduwing geplaatst worden. Anderzijds zou het ontwerp moeten aangepast worden waardoor het beglaasde oppervlakte verkleind of de oriëntatie ervan gewijzigd wordt.

### **9.4.2 Installatietechnische maatregelen**

Indien de energiebehoefte gereduceerd kan worden door bouwkundige maatregelen zal de warmtevraag alsook de investeringskost van de installatie verminderen.[25]<sup>10</sup> Voor bouwaanvragen vanaf januari 2014 is er een eis van een minimum aandeel aan hernieuwbare energie. De mogelijkheden voor een standaard residentiële nieuwbouw zijn:

<b>Systeem</b>	<b>Kwalitatieve voorwaarde</b>	<b>Kwantitatieve voorwaarde</b>
<i>Zonneboiler</i>	Helling: tussen 0° en 70° Oriëntatie: O-Z-W	Opp ≥ 0,02 m <sup>2</sup> per m <sup>2</sup> bruto vloeroppervlakte in woning
<i>PV-installatie</i>	Helling: tussen 0° en 70° Oriëntatie: O-Z-W	<i>Vanaf 2014:</i> Min 7 kWh per m <sup>2</sup> bruto vloeroppervlakte in woning <i>Vanaf 2016:</i> Min 10 kWh per m <sup>2</sup> bruto vloeroppervlakte in woning
<i>Warmtepomp</i>	Seizoensprestatiefactor (SPF) >4	Toegepast als preferent verwarmingssystemen (dekking ≥ 85% warmtevraag)
<i>Biomassa</i>	Rendement ≥ 85% (K.B. 12/10/2012) Emissieniveaus (CO+ fijn stof) < grenswaarden fase III K.B. 12/10/2010	Toegepast als preferent verwarmingssystemen (dekking ≥ 85% warmtevraag)
<i>Stadsverwarming en -koeling</i>	≥ 45% hernieuwbare energiebronnen	/
<i>Participatie in project voor productie hernieuwbare energie</i>	Productie ≥ 7 kWh/m <sup>2</sup> vloeroppervlakte van alle participaties	Participatie ≥ €20/m <sup>2</sup> vloeroppervlakte van woning

*Tabel 4: Maatregelen voor hernieuwbare energie voor residentiële nieuwbouw*

Omwille van uitvoeringsmogelijkheden en rekening houdend met de meest toegepaste maatregelen door de bouwheer worden enkel de zonneboiler, de PV-installatie en de warmtepomp toegepast als hernieuwbare energiebron in dit onderzoek. Indien ervoor gekozen wordt door de bouwheer om geen gebruik te maken van hernieuwbare energie, zal de energieprestatie-eis met 10% verstrengd worden.

<sup>10</sup>[25] Infoblad, *Trias Energetica en energieneutraal bouwen*. Agentschap NL, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, juni 2013

### ***Verwarmingssystemen***

Voor het afgiftesysteem kan er gekozen worden voor radiatoren of oppervlakteverwarming. De keuze is afhankelijk van de te verwarmen vloeroppervlakte en de retourtemperaturen die belangrijk zijn voor de bepaling van het productierendement. De investeringskost voor oppervlakteverwarming is opmerkelijk hoger voor kleine vloeroppervlakten en kleine afgiftevermogens. Anderzijds is het productievermogen van oppervlakteverwarming gunstiger dan deze van een verwarmingssysteem met radiatoren. Met de aanname dat er gestreefd wordt naar de optimalisatie van het verwarmingssysteem zal er gekozen moeten worden voor oppervlakteverwarming.

Omwille van de bijkomende eis vanaf 2014 zal de energie opgewekt moeten worden m.b.v. een hernieuwbare energiebron. Uit een onderzoek in opdracht van het VEA [13] blijkt dat het interessanter is, omwille van economische redenen, gebruik te maken van bivalente systemen. Op die manier wordt de hernieuwbare energiebron beperkt gedimensioneerd en zal deze geholpen worden door een goedkoper systeem waarvoor best een condenserende gasketel gebruikt kan worden. Welk de meest optimale combinatie is zal verder blijken uit dit onderzoek.

### ***Sanitair warm water***

De opwekking van warm tapwater zal het meest optimaal zijn als dit in combinatie wordt gedaan met de ruimteverwarming. Een belangrijke opmerking met betrekking tot het warmte-opslagtoestel is het verschil in opwekkingsrendementen tussen systemen met ogenblikkelijke opwarming ( $\eta=0,5$ ) en met warmteopslag ( $\eta=0,45$ ), dit voor individuele verbrandingstoestellen. Verder zijn de opwekkingsrendementen voor collectieve verbrandingstoestellen in appartementsgebouwen met een gezamenlijk vermogen  $>70$  kW of een opslagcapaciteit  $>300$  l opmerkelijk hoger dan de individuele verbrandingstoestellen indien de opslagvaten voldoende geïsoleerd zijn.[26]<sup>11</sup>

### ***Ventilatiesysteem***

De ventilatiesystemen hebben een invloed op de EPB-eisen door de verplichting van minimale ventilatie voor het creëren van een gezond binnenklimaat. Het ventilatiesysteem heeft ook een invloed op de energieprestatie of E-peil van een gebouw omwille van de hulpenergie voor ventilatoren wat invloed heeft op het eindenergieverbruik voor hulpenergie. Deze hulpenergie voor ventilatoren is afhankelijk van het type ventilator, zijn vermogen, de installatiefactor van het ventilatiesysteem en de reductiefactor bij vraaggestuurde ventilatiesystemen.

Energiezuinige ventilatoren zorgen voor een E-peildaling. Wel kan er opgemerkt worden dat er een drastische daling van het elektrische vermogen vereist is om het E-peil te doen dalen. Uit ervaringen vanuit "Trial and Error"-invoergegevens kan afgeleid worden dat 25 tot 30Watt aan elektrisch moet verlaagd worden voor 1 E-peilpunt winst. Voor een C-systeem verdeelt over minstens 1 ventilatietoever en voor een D-systeem verdeelt over minstens 2 systemen.

---

<sup>11</sup>[24] Van der Veken J., Creylman J., & Lenaerts T. (2013). Studie naar kostenoptimale niveaus van de minimumeisen inzake energieprestaties van nieuwe residentiële gebouwen. Geel: Kenniscentrum Energie, Thomas More Kempen/KU Leuven

[26]Vlaams Energie Agentschap, *Wijziging opwekkingsrendement warm tapwater bij collectieve systemen*. VEA, augustus 2013

De installatiefactor of m-factor van het ventilatiesysteem geeft de uitvoeringskwaliteit weer. De uitvoeringskwaliteit is afhankelijk van:

- De juist afgestelde ventilatiedebieten per ruimte. Dit betekent dat de inblaas- of extractieventielen bij mechanische ventilatie goed moeten worden afgesteld.
- Lekken in de luchtkanalen die ertoe leiden dat de lucht niet altijd terecht komt waar het gewenst is waardoor de ventilatoren meer lucht moeten verplaatsen dan strikt noodzakelijk. Dit komt neer op de luchtdichtheid van de luchtkanalen.

De WBO van de m-factor is 1,5. Door aan te tonen dat de uitvoeringskwaliteit beter is zal de m-factor tot een theoretische waarde van 1,0 (optimale kwaliteit). Uit praktijkvoorbeelden van ventilatiesystemen kan afgeleid worden dat een m-factor gelijk aan 1,2 een realistische waarde is. [27]<sup>12</sup>

De reductiefactor heeft betrekking tot de invloed van de vraagsturing. De WBO van de reductiefactor is gelijk aan 1,0. Voor systemen met vraagsturing die beschikken over een ATG-E en een door het VEA goedgekeurde gelijkwaardigheidsbesluit, mag een reductiefactor ingevuld worden tussen 0,0 en 1,0. Uit praktijkvoorbeelden van ventilatiesystemen zijn de reductiefactoren gelijk aan 0,6 à 0,7. [27]

Hoe kleiner het product van de installatiefactor en de reductiefactor, des te groter de E-peil daling. Voor ventilatiesystemen C en D kunnen theoretisch goede m-factoren en reductiefactoren (ideale toestanden) zorgen voor een E-peilverlaging van 8-peilpunten. [28]

#### **9.4.3 Kostenoptimale niveaus 2014**

Uit de laatste studie uitgevoerd door het VEA, in verband met de kostenoptimale niveaus van residentiële gebouwen voor een gemiddeld energiestenaria, is gebleken dat het gewogen gemiddelde kostenoptimum van alle woningen een isolatiepeil van K30 en een energiepeil van E40 is. Hierbij scoort een ingesloten appartement nog beter en een niet compacte woning het slechts met K35 en E46. [24]

De hoogste waarden van K- en E-peil die behaald worden volgens de sensitiviteitsanalyse naar financieel-economische aannames, investeringskosten, oriëntatie, het raampercentage en de berekening van de energiebesparing toe zijn K40 en E50. Hierdoor is het kostenoptimale E-peil voor nieuwbouwwoningen E50 of lager. [24]

De verstrenging van de netto-energiebehoefte-eis zal enkel invloed hebben op vrijstaande woningen. De optimale U-waarden van de verschillende schildelen liggen juist onder de eisen van 2014. Verder kunnen deze eisen over vloeren zelfs verlaagd worden van 0,3 W/m<sup>2</sup>K naar 0,25 W/m<sup>2</sup>K. Daarnaast zijn er afhankelijk van de materiaalkeuze van de raamprofielen wel kostenoptimale profiel-glascombinaties die hoger uitkomen dan de toekomstige eis van 1,8 W/m<sup>2</sup>K. Technisch gezien kan de eis van 1,6 W/m<sup>2</sup>K wel gehaald worden wanneer er enkel naar de warmtedoorgangscoefficiënt en de aankooprij gekeken wordt. [24]

Met betrekking tot de installaties blijkt dat voor appartementen een collectieve verwarmingsinstallatie met kleine warmtepompen het meest interessant is. PV-systemen zorgen dan weer voor een sterke daling van het E-peil maar voor de economische

---

<sup>12</sup>[27] EPB-waarden, ventilation, Renson, januari 2014

[28] Ventilatiesystemen, Mogelijkheden tot het verlagen van het E-peil, VEA, maart 2014

analyses valt PV net buiten de optimale energiebesparende maatregelen omwille van de netvergoeding en er niet meer gerekend wordt op de terugdraaiende teller. [24]

De studie van het VEA toont aan dat een verdere stap richting E30 snel gezet kan worden voor appartementen en de extra investering blijft beperkt terwijl voor eengezinswoningen dit bedrag oploopt met een dalende compactheid. Het risico van deze lage E-peilen zou kunnen leiden tot een vermindering van de bouwkwaliteit die niet rechtstreeks in EPB worden opgenomen terwijl men absoluut het beoogde E-peil wil halen. [24]

## 9.5 Overzicht verandering berekeningsmethode EPB-software Vlaanderen 1.8 vs. EPB-software 3G 5.0

In 2003 werd de ontwikkeling van de EPB-software Vlaanderen opgestart om de invoering van de energieprestatieregelgeving in Vlaanderen te vergemakkelijken. Uit een evaluatie, uitgevoerd door het VEA, bleek in 2010 dat de gebruikers van de software een meer gebruiksvriendelijk programma wensten. Hierop besloot het Vlaams Gewest in 2010 mee over te schakelen naar een nieuwe EPB-software, een programma voor de drie Belgische gewesten[27]. Concreet was er sprake van de volgende drie gevallen:

- Voor projecten met aanvraagdatum van de vergunning vanaf 01/01/2014 moet verplicht met de nieuwe EPB-software worden gewerkt.
- Projecten met aanvraagdatum van de vergunning vanaf 01/01/2012 tot en met 31/12/2013 mogen zowel in de nieuwe EPB-software als in de oude EPB-software worden opgesteld.
- Projecten met aanvraagdatum van de vergunning voor 01/01/2012 moet nog met de oude EPB-software worden gewerkt.

Een eerste verschilpunt tussen beide software-versies ligt in het K-volume. De EPB-software Vlaanderen laat de gebruiker zelf een K-volume aanmaken en zelf bepalen welke delen tot dat K-volume behoren. De EPB-software 3G daarentegen maakt per EPB-eenheid een K-volume aan. Om de EPB-eenheden onder hetzelfde K-volume te kunnen groeperen, moeten ze een gemeenschappelijke constructie bezitten.[32]<sup>13</sup>

Ten tweede is er een duidelijk verschil in benaming van de volumes. Onderstaande tabel geeft hiervan een overzicht:

<b>EPB-software Vlaanderen</b>	<b>EPB-software 3G</b>
Deelproject	Gebouw
K-peilvolume	K-volume
Subdossier	EPB-eenheid

Tabel 5: Algemene verschillen in benamingen tussen EPB-software Vlaanderen en EPB-software 3G

<sup>13</sup>[32] Cursus EPB-software 3 gewesten, geraadpleegd op 16 februari 2014, <http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/epb/doc/VEAcursusEPBsoftware3Gewesten22Juli2013.pdf>



Als derde verschilpunt is er een onderscheid tussen werkzaamheden voor 01/01/2014 en vanaf 01/01/2014. Enerzijds zijn er voor projecten met aanvraag- of meldingsdatum voor 01/01/2014 maar liefst 11 soorten werkzaamheden voorzien. Anderzijds zijn er voor de projecten met aanvraag- of meldingsdatum na 01/01/2014 slechts 3 soorten werkzaamheden terug te vinden. Onderstaande tabel bevat de soorten werkzaamheden voor beide gevallen:

<b>Voor 01/01/2014</b>	<b>Na 01/01/2014</b>
Nieuwbouw	Nieuwbouw (of hieraan gelijkgesteld)
Herbouw	Renovatie
Ontmanteling	
Gedeeltelijke herbouw met een BV groter dan 800 m <sup>3</sup>	
Gedeeltelijke herbouw met minstens één wooneenheid	
Uitbreiding met een BV groter dan 800 m <sup>3</sup>	
Uitbreiding met minstens één wooneenheid	
Gedeeltelijke herbouw met een BV kleiner dan of gelijk aan 800 m <sup>3</sup> en zonder wooneenheden	
Uitbreiding met een BV kleiner dan of gelijk aan 800 m <sup>3</sup> en zonder wooneenheden	
Verbouwing	
Functiewijziging	Functiewijziging

Tabel 6: Verschilpunten in implementatie voor bouwaanvragen voor januari 2014 en na januari 2014

### 9.5.1 Epicoolstudie

Omwille van de nood tot een gemeenschappelijke berekeningsmethode van de energieprestatie van nieuwe gebouwen in de drie gewesten werd een overlegplatform opgericht tussen de bevoegde administraties van deze drie gewesten. Verschillende onderzoeksopdrachten werden opgestart op basis van de gewenste wijzigingen die voortvloeide uit dit overlegplatform. De concrete voorgestelde wijzigingen die de onderzoeksopdrachten opleverden zijn gebundeld in het rapport van de Epicoolstudie.

De Epicoolstudie [33]<sup>14</sup> heeft geleid tot voorstellen rond de aanpassingen van de berekeningsmethode voor koeling in woon-, kantoor- en schoolgebouwen en voor oververhitting in woongebouwen. De berekeningsmethode voor EPW en EPU werden op basis van deze voorstellen aangepast en beschreven in het Energiebesluit. Voor dossiers met vergunningsaanvraag of melding vanaf 1 januari 2014 wordt er in de EPB-software 3G gerekend met deze nieuwe berekeningsmethode.

De nieuwe berekeningsmethode omvat voor de netto-energiebehoefte voor koeling een aanpassing van de veiligheidsmarge van de klimaatcondities en een wijziging van de interne warmtewinsten. De aanpassingen in verband met de veiligheidsmarge van de klimaatcondities betekenen het schrappen van de verhoging van 10% van de zonnwinsten voor koelberekeningen. Daarnaast is er de verhoging van de maandgemiddelde buitentemperatuur van 1°C naar 2°C voor de berekening van de

<sup>14</sup>[33] Implementatie van de Epicoolstudie in de EPB-berekeningsmethode, Vlaams Energie Agentschap, november 2013

transmissie- en ventilatieverliezen. De interne warmtewinsten worden dan weer verlaagd voor wooneenheden met een volume kleiner of gelijk aan 192 m<sup>3</sup> omwille van de overschatting ervan in de vorige berekeningsmethode.

Naast de wijziging in de berekeningsmethode voor netto-energiebehoefte, bevat de nieuwe methode ook een wijziging in de oververhittingsindicator. Deze wijzigingen waren noodzakelijk om de drempelwaarden in overeenstemming mee aan te passen. De onderste en bovenste drempelwaarden zijn nu respectievelijk 1000 Kh en 6500 Kh i.p.v. 8000 Kh en 17500 Kh. In de nieuwe methode wordt de oververhittingsindicator berekend op basis van een binnentemperatuur van 23°C i.p.v. 18°C. De ventilatie- en transmissieverliezen worden dan weer berekend met een gemiddelde maandelijkse buitentemperatuur die 1°C hoger ligt dan de vorige berekeningsmethode. Het geheel van deze aanpassingen leidt tot een lagere waarschijnlijkheid van het plaatsnemen van actieve koeling. Dit betekent een lagere kans op oververhitting. Verder wordt de kans op oververhitting ook afgetoetst op het niveau van de wooneenheid, het zogenaamde EPW-volume, i.p.v. op de energiesector. Omwille van dat voor sommige energiesectoren de eis onmogelijk haalbaar is. Als voorbeeld kan een ingesloten badkamer met een apart verwarmingssysteem aangehaald worden.

Door de Epicoolstudie werd de inrekeningsmethode van de zonnewering en de beschaduwing eveneens gewijzigd. Ten eerste wordt bij de gebruiksfactor van de zonnewering rekening gehouden met het type gebouw, de wijze van bediening, de oriëntatie, de helling van de beglaasde oppervlaktes en de maandelijkse waarde. Hiervan zijn de laatste 2 factoren aanpassingen t.o.v. de vergunningsaanvragen en melding voor 1 januari 2014. Ten tweede wordt de WBO voor beschaduwing een maandelijks aangepaste factor i.p.v. een jaarlijks constante factor. Dit heeft als voordeel dat de WBO's een minder negatieve invloed hebben als voorheen. Ten derde wordt voor de bezonning van een oppervlakte een aanpassing doorgevoerd voor de horizonhoek. Bij hoeken kleiner dan 60° is er een onderscheid tussen vasthangende obstakels aan het gebouw en obstakels uit de omgeving.

De vierde aanpassing in de EPW-berekeningsmethode vanaf januari 2014 is de toevoeging van de voorkoeling van de ventilatielucht. De invloed op de energieprestatie wordt bepaald door een maandelijkse vermenigvuldigingsfactor representatief voor het effect van voorkoeling. Daarnaast is er eveneens een invloed van het hulpenergieverbruik veroorzaakt door de voorkoeling.

Naast de aanpassingen op basis van de resultaten van de Epicoolstudie werden er nog enkele andere aanpassingen doorgevoerd. De betere opwekkingsrendementen voor collectieve installaties voor de bereiding van warm tapwater kunnen voor bouwaanvragen en meldingen vanaf 1 januari 2014 ook toegepast worden in collectieve wooneenheden. Verder wordt er de WBO voor het opwekkingsrendement voor verwarming toegevoegd. Deze wordt gelijk gesteld aan 73%.

## 10. Cases

### 10.1 Overzicht gegevens woningen

In onderstaande paragrafen zal een overzicht geschetst worden van de drie cases die behandeld zullen worden in deze thesis. De meest belangrijke parameters van de woningen zullen weergegeven worden.

De drie cases zijn gelegen in het Vlaams Gewest waardoor er vanaf hier enkel gefocust wordt op de EPB-eisen m.b.t. tot dit Gewest. Voor de bestaande toestand van de woningen wordt uitgegaan van enkele randvoorwaarden. Deze randvoorwaarden worden eerst weergegeven alvorens over te gaan naar de beschrijvingen van de cases:

- Lekdebiet  $12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  bij eisen 2012 voor case 1 en 3. (huidige toestand)
- Lekdebiet  $6 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  bij eisen 2012 voor case 2. (huidige toestand) De EPB-eisen voor 2012 worden niet gehaald als er een lekdebiet van  $12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  gebruikt wordt voor case 2.
- Lekdebiet  $6 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  bij eisen 2014-2016.
- Lekdebiet  $3 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  bij eisen BEN. Dit vraagt een zorgvuldige uitvoering der werken.
- De EPB-software 3G 5.0 wordt gebruikt voor de analyse van de drie cases.
- De bouwkundige maatregelen, zoals het aanpassen van isolatiediktes, worden uitgevoerd totdat juist aan de eisen van K-peil,  $U_{\max}$ - en  $R_{\min}$ -waarden voldaan is. Deze maatregelen worden niet gebruikt om het E-peil verder te verlagen omwille van dat de installatietechnische maatregelen hierop een grotere invloed zullen hebben aangezien het E-peil voor de EPB-eisen van 2021 drastisch moet dalen t.o.v. de EPB-eisen van 2012.
- Installatietechnische maatregelen die toegepast zullen worden, beperken zich enkel tot hernieuwbare energiebronnen en de toepassingen van een warmtekrachtkoppeling. De overige mogelijke toepasbare installatietechnische maatregelen zijn reeds van toepassing in de drie cases of hebben een te kleine invloed op de verlaging van het E-peil. Zo is er reeds oppervlakteverwarming aanwezig in de drie cases en wordt voor het sanitair warm water zonder warmteopslag gewerkt.  
De aanpassingen van het ventilatiesystemen met energiezuinige ventilatoren en praktisch realistische m- en reductiefactoren zorgen op basis van "Trial and Error" voor een onvoldoende E-peilverlaging. De EPB-eis van 2014 van E54 wordt niet gehaald met deze maatregel, waardoor ook de EPB-eisen van 2016 en 2021 niet zullen gehaald worden met deze maatregelen. Daarom zal deze aanpassing buiten beschouwing gelaten worden.
- De minimum eisen om hernieuwbare energiebronnen te dimensioneren, zijn terug te vinden in tabel 4 pagina 65.
- De onderstaande kostprijzen zijn geldende prijzen voor 2014. In de verwerking van de resultaten en grafieken wordt steeds rekening gehouden met inflatie. Er wordt gerekend met een jaarlijkse inflatie van 0,9%. [34]

*Investeringskost*

*= (Bruto investeringskost bouwkundige & installatietechnische maatregelen  
– verkregen premies) x jaarlijkse inflatie van 0,9%*

- Er wordt rekening gehouden met een rendementsverlies van 1% per jaar op de technische installaties. Dit wordt verwerkt in de jaarlijkse besparing van de toegepaste maatregel.
- Onderstaande tabellen geven een overzicht van de technische specificaties van de eventuele toegepaste zonnepanelen:

Product-ID	Product	Product-classificatie	Zonnetransmissie $\tau_{e,B}$ [0...1]
Verano	Verano_soltis 86_2001_O	soltis 86	parallel en niet parallel

Zonreflektie buitenzijde $\rho_{e,B}$ [0...1]	Zonreflektie binnenzijde $\rho'_{e,B}$ [0...1]	Warmte-weerstand $R_{sh}$ [ $m^2K/W$ ]	$T_0$	$T_1$
0,290	0,580	0,580	17/02/2011	17/02/2015

Tabel 7: Toegepaste zonnepanelen [35]

- De bouwheer kan premies krijgen van onder andere de Federale overheid, de Vlaamse overheid, het provinciebestuur en het gemeentebestuur. Deze premies zullen meegenomen worden bij de berekening van de netto kost van de toegepaste maatregelen.
- De jaarlijkse besparing wordt verkregen door de jaarlijkse besparing van het energieverbruik van aardgas te vermenigvuldigen met de eenheidsprijs €0,06/kWh opgeteld bij de jaarlijkse besparing van het elektriciteitsverbruik te vermenigvuldigen met de eenheidsprijs €0,2/kWh. [36]

Voor toegepaste installatietechnische maatregelen werden er vooraf systemen geselecteerd die in de 3 cases toegepast konden worden. Alsook worden de vooraf geselecteerde systemen toegepast voor het behalen van de EPB-eisen van 2014, 2016 en 2021. Op deze manier kunnen de maatregelen, toegepast in de drie cases, vergeleken worden.

#### Zonneboiler

Bij het invoeren van een zonneboiler wordt gebruik gemaakt van drie verschillende types zonneboiler. De keuze hangt af van de minimum eisen voor hernieuwbare energie en het eventueel behalen van het geëiste E-peil.

De zonneboiler wordt gebruikt voor het sanitair warm water en hiernaast ook gedeeltelijk voor verwarming. Hiernaast bevat de zonneboiler een bivalente werking.

De toegepaste systemen zijn [37]:

### **Viesmann Verisol 250**

- De oppervlakte van de absorber bedraagt 3,72 m<sup>2</sup>.
- De zonneboiler Verisol 250 heeft een kostprijs van €5031,82. Deze prijs bevat plaatsing, aansluiting en BTW.
- De bouwheer ontvangt voor deze zonneboiler een premie van €204

### **Viesmann Verisol 300**

- De oppervlakte van de absorber bedraagt 5,58 m<sup>2</sup>.
- Deze zonneboiler Verisol 300 heeft een kostprijs van €5567,12. Deze prijs bevat plaatsing, aansluiting en BTW.
- De bouwheer ontvangt voor deze zonneboiler een premie van €2750

### **Viesmann Verisol 400**

- De oppervlakte van de absorber bedraagt 7,44 m<sup>2</sup>.
- De zonneboiler Verisol 400 heeft een kostprijs van €6423,6. Deze prijs bevat plaatsing, aansluiting en BTW.
- De bouwheer ontvangt voor deze zonneboiler een premie van €2750

### **Photovoltaïsch systeem**

Bij het invoeren van een PV-systeem wordt gebruik gemaakt van verschillende systemen. De keuze hangt af van de minimum eisen voor hernieuwbare energie en het eventueel behalen van het geëiste E-peil. Onderstaande tabel geeft een overzicht weer van de mogelijk gebruikte PV-systemen:

Aantal panelen	Totaal Watt Piek [W <sub>p</sub> ]	Benodigde dakoppervlakte [m <sup>2</sup> ]	Kostprijs [€]	Premie [€]
5	1250	12,58	3557,05	/
6	1500	15,10	3963,91	/
7	1750	17,62	4418,54	/
8	2000	20,13	4738,57	/
9	2250	22,65	5520,84	/
10	2500	25,17	5913,29	/
11	2750	27,68	6232,89	/
12	3000	30,20	6740,67	/
13	3250	32,71	6738,62	/
14	3500	35,23	7067,32	/
15	3750	37,75	7604,79	/
16	4000	40,26	8151,20	/
17	4250	42,78	8311,95	/

Tabel 8: PV-panelen in de toegepaste photovoltaïsche installatie[38]

De gebruikte PV-panelen zijn Schuco 250 W<sub>p</sub>, poly grijs met een SMA Sunny Boy 1600TL omvormer. Bij de kostprijs zijn alle andere materialen (kWh-teller, kabels, ect.) inbegrepen alsook de plaatsingskosten en de BTW.

### **Warmtepomp**

- Als warmtepomp werd gekozen voor een Vitocal 300G BWC met een COP van 4,9. Deze warmtepomp wordt toegepast in de drie cases. [39]
- De kostprijs voor deze warmtepomp bedraagt €8514 inclusief plaatsing, aansluiting en BTW. [40]
- De bouwheer kan hiervoor een premie krijgen van €1256,67. [41]

$$Premie = 270 \times ((0,87 \times COP) - 2,5) \times kW_{el} \text{ nomimaal compressievermogen} = €1256,67$$

- De warmtepomp werkt in een bivalent systeem als preferente warmte-opwekker.
- De oorspronkelijke warmte-installatie treedt hier op als niet-preferente warmte-opwekker.
- De warmtepomp wordt gebruikt om voor ruimteverwarming te zorgen en om gedeeltelijk het sanitair warm water te voorzien.
- De COP van een warmtepomp wordt berekend met de volgende formule:

$$COP = \frac{\textit{seizoensprestatiefactor}}{0,88 \times 0,93 \times 1 \times 1}$$

Naast de hernieuwbare energiebronnen kan er ook gebruik gemaakt worden van een warmtekrachtkoppeling. Op deze manier wordt er ook elektriciteit opgewekt wat resulteert in besparingen op de elektriciteitsfactuur.

#### **Warmtekrachtkoppeling**

- Als WKK wordt de Marathon Engine Ecopower gebruikt. Deze WKK heeft een nominaal vermogen van 12,5 kW en een elektrisch vermogen van 4,7 kW. [42]
- De WKK werkt door een verbrandingsmotor op basis van aardgas.
- De kostprijs voor deze WKK bedraagt €13000.
- Als premie kan er een certificaat verkregen worden van minimaal €27 per opgewekte 1000 kWh. [43]
- WKK wordt gebruikt als collectieve verwarming. Zowel individuele als collectieve verwarming hebben elk hun voor- en nadelen. Een van de redenen om te kiezen voor collectieve verwarming is dat men met een lager geïnstalleerd vermogen toekomt in vergelijking met individuele verwarming die over gedimensioneerd zal zijn.

### 10.1.1 Case 1: Eengezinswoning 1

Eengezinswoning 1 is met de achtergevel naar het zuidoosten georiënteerd. Deze woning bevat een plat dak.

<b>Overzicht Eengezinswoning 1</b>	
Bruto vloeroppervlakte [m <sup>2</sup> ]	202,50
Beschermd volume [m <sup>3</sup> ]	607
Verliesoppervlakte [m <sup>2</sup> ]	555,86
Compactheid [m]	1,09
Specifiek warmteverlies door transmissie aan scheidingsconstructies [W/K]	181,63
Specifiek warmteverlies door transmissie aan bouwknopen [W/K]	21,99
Vergunningsaanvraag	2012
Gebouwtype	Eengezinswoning
Bouwworm	Vrijstaand
Soort verwarming	Centrale verwarming 1 energiesector
K-peil	36
E-peil	70
Netto energiebehoefte voor verwarming	74,65
Lekdebiet gekend? Luchtdichtheidstest gedaan?	Nee
Lekdebiet [m <sup>3</sup> /(h*m <sup>2</sup> )] bij 50 Pa	12
Zonne-installatie	Nee
Berekeningswijze bouwknopen	Optie B
Ventilatiesysteem	Vraaggestuurd D-systeem
Reductiefactor	1,0
Hulpenergie voor ventilatoren	DC WBO voor elektrisch vermogen
Thermisch rendement WTW	78%
Uitvoeringskwaliteit of m-factor	Gedetailleerde berekening Ingevoerde debieten niet gemeten Lekdebieten niet gekend
Karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik [MJ]	95496,01
Jaarlijks primair energieverbruik [kWh]	26919,75
Primair energieverbruik/m <sup>2</sup>	132,94
Primair energieverbruik sanitair warm water [MJ]	20649,35
Primair energieverbruik verwarming [MJ]	64352,56
Primair energieverbruik koeling [MJ]	2818,76
Primair energieverbruik hulpenergie [MJ]	9090,43
Primaire energiebesparing door PV [MJ]	0,0
Primaire energiebesparing door WKK [MJ]	0,0
Totale CO <sub>2</sub> -uitstoot [kg]	4901,29

Tabel 9: Gegevens case1: eengezinswoning 1

### 10.1.2 Case 2: Eengezinswoning 2

De tweede case behandelt een vrijstaande eengezinswoning. Deze woning heeft een hellend dak. De achtergevel is zuidzuidoosten georiënteerd.

<b>Overzicht Eengezinswoning 2</b>	
Bruto vloeroppervlakte [m <sup>2</sup> ]	199,80
Beschermd volume [m <sup>3</sup> ]	547,19
Verliesoppervlakte [m <sup>2</sup> ]	449,48
Compact [m]	1,22
Specifiek warmteverlies door transmissie aan scheidingsconstructies [W/K]	217,11
Specifiek warmteverlies door transmissie aan bouwknoep [W/K]	18,54
Vergunningsaanvraag	2011
Gebouwtype	Eengezinswoning
Bouwworm	Vrijstaand
Soort verwarming	Centrale verwarming 1 energiesector
K-peil	45
E-peil	81
Netto energiebehoefte voor verwarming	76,16
Lekdebiet gekend? Luchtdichtheidstest gedaan?	Nee
Lekdebiet [m <sup>3</sup> /(h*m <sup>2</sup> )] bij 50 Pa	12
Zonne-installatie	Nee
Berekeningswijze bouwknoep	Optie B
Ventilatiesysteem	Vraaggestuurd D-systeem
Reductiefactor	1,0
Hulpenergie voor ventilatoren	DC WBO voor elektrisch vermogen
Thermisch rendement WTW	82%
Uitvoeringskwaliteit of m-factor	Gedetailleerde berekening Ingevoerde debieten niet gemeten Lekdebieten niet gekend
Karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik [MJ]	98084,56
Jaarlijks primair energieverbruik [kWh]	27245,71
Primair energieverbruik/m <sup>2</sup>	199,8
Primair energieverbruik sanitair warm water [MJ]	18323,28
Primair energieverbruik verwarming [MJ]	68218,39
Primair energieverbruik koeling [MJ]	3348,17
Primair energieverbruik hulpenergie [MJ]	8194,72
Primaire energiebesparing door PV [MJ]	0,0
Primaire energiebesparing door WKK [MJ]	0,0
Totale CO <sub>2</sub> -uitstoot [kg]	4948,44

Tabel 10: Gegevens Case2: eengezinswoning 2



### 10.1.3 Case 3: appartementsgebouw

Als derde case wordt er een besloten appartementsgebouw behandeld. Dit appartementsgebouw bestaat uit 3 appartementen. Appartement 1 is volledig gevestigd op het gelijkvloers. Appartementen 2 en 3 zijn gevestigd op zowel de eerste en de tweede verdieping en zijn gelijkaardig opgebouwd. Verder is er een gemeenschappelijk gedeelte dat de appartementen verbindt. Het appartementsgebouw is volledig onderkelderd. De achtergevel is zuidoosten georiënteerd. Dit gebouw bevat een hellend dak van 136,20 m<sup>2</sup> en een plat dak (terras) van 51,20 m<sup>2</sup>.

Er kan opgemerkt worden dat appartement 2 niet voldoet voor de oververhittingseis, alsook niet voor de energieprestatie-eis. Dit in tegenstelling tot appartement 3 dat volledig gelijkaardig is opgebouwd. Het verschil is te wijten aan het feit dat appartement 2 een groter verliesoppervlakte heeft met de buitenomgeving. De gemene muur van appartement 2 is deels in contact met een aangrenzende verwarmde woning en deels in contact met de buitenomgeving. Hierdoor zijn de ventilatieverliezen groter en ontstaat er een grotere kans op oververhitting waardoor het E-peilniveau stijgt.

<b>Overzicht gegevens appartementsgebouw</b>				
Ruimte	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Bruto vloeroppervlakte [m <sup>2</sup> ]	150,67	116,31	116,31	
Compactheid [m]	1,45	2,59	3,22	
Verliesoppervlakte [m <sup>2</sup> ]	578,30			
Specifiek warmteverlies door transmissie aan scheidingsconstructies [W/K]	298,68			
Specifiek warmteverlies door transmissie aan bouwknopen [W/K]	33,28			
Vergunningsaanvraag	2012			
Gebouwtype	Appartement	Appartement	Appartement	Gemeenschappelijke ruimte
Soort verwarming	Centrale verwarming 1 ES	Centrale verwarming 1 ES	Centrale verwarming 1 ES	/
K-peil	35	35	35	35
E-peil	64	71	70	
Netto energiebehoefte voor verwarming	66,7	36,3	35	
Lekdebiet gekend? Luchtdichtheidstest gedaan?	Nee	Nee	Nee	Nee
Lekdebiet m <sup>3</sup> /(h*m <sup>2</sup> ) bij 50 Pa	12	12	12	12
Zonne-installatie	Nee	Nee	Nee	Nee
Berekeningswijze bouwknopen	Optie B	Optie B	Optie B	Optie B
Ventilatiesysteem	Vraag-gestuurd C+Xtravent Renson	Vraag-gestuurd C+Xtravent Renson	Vraag-gestuurd C+Xtravent Renson	

Reductiefactor	0,65	0,65	0,65	
Hulpenergie voor ventilatoren	42W	42w	42W	
Uitvoeringskwaliteit of m-factor	1,22	1,22	1,22	
Karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik [MJ]	59930,95	47191,34	43972,73	
Jaarlijks primair energieverbruik [kWh]	16647,49	13108,71	12214,65	
Primair energieverbruik/m <sup>2</sup>	110,49	112,70	105,02	
Primair energieverbruik sanitair warm water [MJ]	13952,58	13531,90	14645,93	
Primair energieverbruik verwarming [MJ]	41659,54	17515,72	16771,57	
Primair energieverbruik koeling [MJ]	1272,46	13350,15	9761,65	
Primair energieverbruik hulpenergie [MJ]	3046,36	2793,58	2793,58	
Primaire energiebesparing door PV [MJ]	0,0	0,0	0,0	
Primaire energiebesparing door WKK [MJ]	0,0	0,0	0,0	
Totale CO <sub>2</sub> -uitstoot [kg]	3020,97	1764,82	1783,46	

Tabel 11: Gegevens case3: appartementsgebouw

## 10.2 Aanpassingen cases aan EPB-eisen 2014

Er wordt vanuit gegaan dat de 3 cases, met bouwaanvraag 2012, een bouwvraag indienen in de periode 2014-2015. De benodigde investeringen om deze EPB-niveaus te halen zullen bepaald worden. Hierbij zullen de theoretisch mogelijke maatregelen toegepast worden in de 3 cases.

Aan de hand van de terugverdientijd, de jaarlijkse besparing en de investeringskost zal er getracht worden om een advies te geven over de meest interessante manier, met de bijbehorende randvoorwaarden, om de strenger wordende EPB-eisen van 2014-2015 te halen. Hierbij moet vermeld worden dat de resultaten enkel gebaseerd zijn op deze 3 specifieke cases met de vooraf beschreven randvoorwaarden. De bekomen resultaten mogen hierdoor niet blindelings toegepast worden in alle gevallen.

### 10.2.1 Case 1: Eengezinswoning 1

De huidige toestand van de woning in 2012 voldoet niet voor de verstrengde EPB-eisen van 2014.

EPB-eisen	Datum aanvraag bouwvergunning		
		Huidige toestand 2012	Eis 2014
Thermische isolatie	K-peil	36	40
	U <sub>max</sub> - R <sub>min</sub> -waarden •Buitenmuur •Overige schildelen	0,25 W/m <sup>2</sup> K Voldoen aan de geldende eis van 2014-2015	0,24 W/m <sup>2</sup> K
Energieprestatie	E-peil	70	60
Netto-energiebehoefte		74,65 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup> → ≤72,75 kWh/m <sup>2</sup>
Binnenklimaat	Ventilatie	Aanwezig D-systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	10700,29 Kh M.b.v. nieuwe berekening Epicool: 3735,96 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
Hernieuwbare energie		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 54

Tabel 12: Vergelijking EPB-eisen 2012-2014 van case 1

Aan de huidige toestand zullen maatregelen moeten worden toegepast om te kunnen voldoen aan de EPB-eisen van 2014. Zo voldoen voor deze eengezinswoning de buitenmuren niet. Ook het E-peil en de eis met betrekking tot de netto-energiebehoefte zal nagekeken moeten worden.

#### Bouwkundige maatregelen

In de buitenmuur (229,41 m<sup>2</sup>) van eengezinswoning 1 wordt de isolatiedikte opgedreven van 10 cm naar 12 cm. Hierdoor daalt de U<sub>max</sub>-waarde naar 0,22 W/m<sup>2</sup>K waardoor eveneens het K- en het E-peil daalt.

Naast de wijziging van isolatiediktes kan eveneens de luchtdichtheid gemeten worden. De verbetering van een lekdebiet van 12 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup> naar 6 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup> betekent enerzijds een verbetering van het E-peil en een lagere energiebehoefte voor verwarming. Anderzijds resulteert dit in een hogere kans op oververhitting. Bij de verbetering van de luchtdichtheid van een gebouw zal dus rekening moeten gehouden worden met de negatieve invloed ervan. Vooral bij woningen met een groot aandeel aan glasoppervlakte gericht naar het zuiden en bij woningen met een grote compactheid waar kans op oververhitting groter is. Voor een verdere bespreking van de invloed van de verbetering van de luchtdichtheid, zie "8. Conclusies".

In case 1: eengezinswoning 1 is er bij een lekdebiet van 6 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup> geen kans op oververhitting waardoor er geen bijkomende zonnewering moet geplaatst worden.

De behaalde EPB-niveaus door de aanpassing van de nodige bouwkundige maatregelen van eengezinswoning 1 zijn:

	<b>Datum aanvraag bouwvergunning</b>		
<b>EPB-eisen</b>		<i>Doorvoeren bouw- kundige maatregelen</i>	<i>Eis 2014</i>
<i>Thermische isolatie</i>	K-peil	35	40
	U <sub>max</sub> - en R <sub>min</sub> - waarden	OK	[5]
<i>Energieprestatie</i>	E-peil	63	60
<i>Netto- energiebehoefte</i>		59,17 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100- 25xC kWh/m <sup>2</sup> → ≤72,7 kWh/m <sup>2</sup>
<i>Binnenklimaat</i>	Ventilatie	Aanwezig D-systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	4211,67 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
<i>Hernieuwbare energie</i>		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 54

Tabel 13: Vergelijking EPB-niveaus case 1 na doorvoering bouwkundige maatregelen met EPB-eis 2014

Het E-peil niveau wordt niet gehaald door het toepassen van enkel de bouwkundige maatregelen en zal verder verlaagd moeten worden d.m.v. installatietechnische maatregelen.

De kostprijs van deze bouwkundige maatregelen is gelijk aan:

<b>Kostprijs bouwkundige maatregelen Case 1</b>	
<i>Thermische isolatie</i>	€2053,22 [44] <sup>15</sup>
<i>Blowerdoortest</i>	€665,5 [45]

Tabel 14: Kostprijs toegepaste bouwkundige maatregelen case1, EPB-eisen 2014

#### **Installatietechnische maatregelen**

Het aanpassen van het ventilatiesysteem heeft slechts een minimale invloed op het E-peil waardoor deze optie niet verder wordt uitgewerkt. Zo wordt er geopteerd om gebruik te maken van hernieuwbare energiebronnen met als doel het E-peil verder te verlagen tot het E-peilniveau van E60.

- Voor de zonneboiler is geopteerd voor een Verisol 300. Deze voldoet aan de benodigde oppervlakte van de absorber.
- De PV-installatie voor case 1 moet een minimale opbrengst realiseren van 1417,5 kWh om te voldoen aan de minimale eis van hernieuwbare energie.

$$0,02 \times 202,5 \text{ m}^2 = 4,05 \text{ m}^2 \text{ oppervlakte absorber}$$

$$7 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \times 202,5 \text{ m}^2 = 1417,5 \text{ kWh}$$

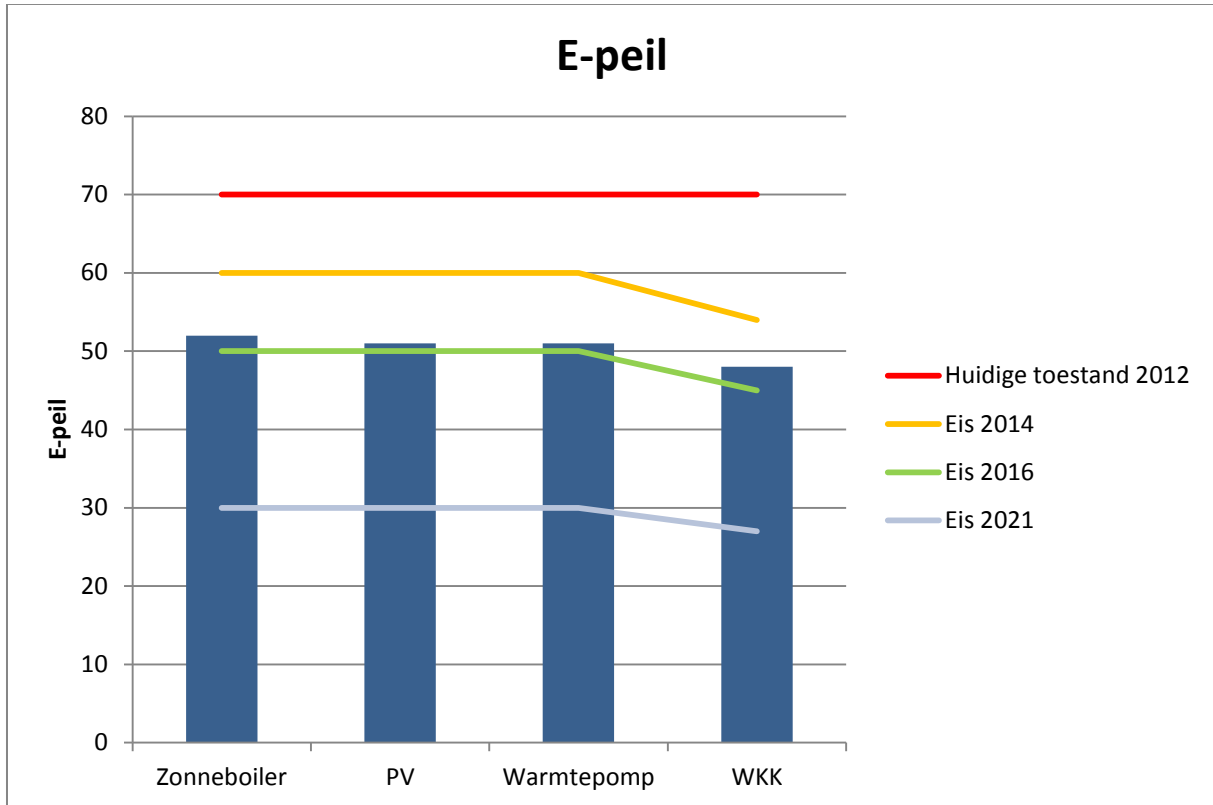
Dit resulteert in 7 panelen met een totale Watt Piek van 1750 Wp.

- Als warmtepomp wordt gekozen voor een Vitocal300G.
- Als WKK wordt de Marathon Engine Ecopower gekozen.

<sup>15</sup> [44] Isover Saint Gobain, Prijslijst, [docs.isover.be/PRIJSLIJST\\_2013.pdf](http://docs.isover.be/PRIJSLIJST_2013.pdf)

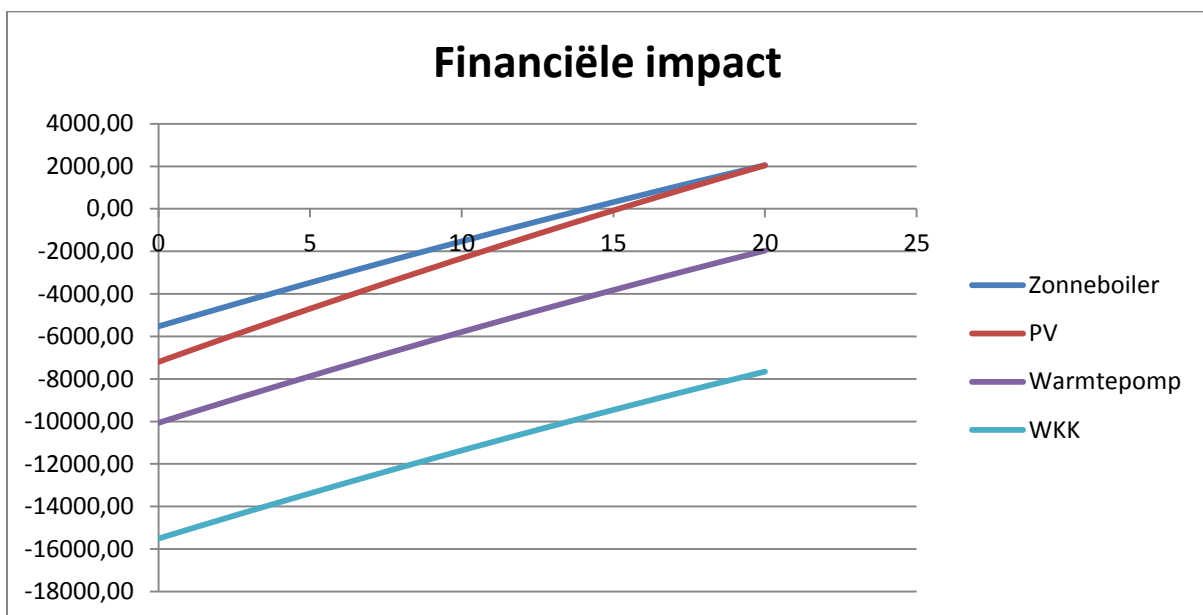
[45] Blowerdoortest, kostprijs, <http://www.blowerdoortests.be/luchtdichtheid/kostprijs-tarief-blowerdoortest-luchtdichtheidsmeting-woningen>

**Aangepaste Case 1: Eengezinswoning 1**



*Figuur 2: E-peil case 1 na doorvoering bouwkundige en installatietechnische maatregelen voor EPB-eisen 2014*

Aan de hand van figuur 2 kan er besloten worden dat de 4 maatregelen toepasbaar zijn voor case 1. De 4 maatregelen halen een E-peil dat lager is dan E60 of E54 voor de warmtekrachtkoppeling.



*Figuur 3: Financiële impact van de doorgevoerde maatregelen in case 1 voor EPB-eisen 2014*

Figuur 3, geldend specifiek voor case 1, illustreert dat zowel een PV-installatie als een zonneboiler een economisch verantwoorde maatregel blijkt. De toepassingen van een warmtepomp of een warmtekrachtkoppeling blijken na 20 jaar een te grote extra kost van €2000 of meer te betekenen.

De verstrengde EPB-eisen van 2014-2015 zijn voor case 1 eenvoudig haalbaar met toepassing van de juiste maatregelen. Verder kan door toepassing van de juiste maatregelen een financieel voordeel gerealiseerd worden na 20 jaar door de woning te laten voldoen aan de EPB-eisen van 2014-2015.

### 10.2.2 Case2: Eengezinswoning 2

Onderstaande tabel geeft voor de belangrijkste EPB-eisen een kort overzicht van de toestand van de woning aangepast aan de eisen 2012 en de overgang naar de eisen van 2014. De stedenbouwkundige aanvraag dateert voor deze woning vanuit 2010. Om een vergelijking te kunnen opstellen met de andere twee cases werd deze woning geüpdatet naar de eisen van 2012. Hiervoor werd een lekdebiet van  $6 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  gehanteerd om de geldende EPB-eisen van 2012 te halen.

EPB-eisen	Datum aanvraag bouwvergunning		
		Toestand 2012	Eis 2014
Thermische isolatie	K-peil	40	40
	$U_{\max}$ - $R_{\min}$ -waarden	OK	Voldoet niet meer aan de eisen 2014.
Energieprestatie	E-peil	68	60
Netto-energiebehoefte		58,02 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup> → ≤70 kWh/m <sup>2</sup>
Binnenklimaat	Ventilatie	Aanwezig D-systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	12075,13 Kh M.b.v. nieuwe berekening Epicool: 4240,68 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
Hernieuwbare energie		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 54

Tabel 15: Vergelijking EPB-eisen 2012-2014 van case 2

Indien de EPB-eisen van 2014 van toepassing worden, voldoen de buitenmuur gelijkvloers, de muur linkergevel kelder, de muur voorgevel kelder en de muur aan de inkom binnenomgeving niet meer aan de  $U_{\max}$ - of  $R_{\min}$ -waarden. Hiernaast dient er ook één of meerdere maatregelen ingevoerd te worden om aan het gewenste E60-peil te komen.

#### Bouwkundige maatregelen

De bouwkundige maatregelen die toegepast worden, beperken zich hier tot het vermeerderen van de isolatiedikten bij de hierboven vermelde schildelen zodat de waarden voor 2014 gehaald worden, nl.  $U=0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $R_{\min}=1,5 \text{ m}^2\text{K/W}$  en  $R_{\min}=1,4 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Verder moet de luchtdichtheid niet verder verlaagd worden en is er geen zonnewering noodzakelijk aangezien er geen oververhitting optreedt.

De behaalde EPB-niveaus door de aanpassing van de nodige bouwkundige maatregelen van eengezinswoning 2 zijn:

EPB-eisen	Datum aanvraag bouwvergunning		
		Doorvoeren bouwkundige maatregelen	Eis 2014
Thermische isolatie	K-peil	38	40
	U <sub>max</sub> - en R <sub>min</sub> -waarden	OK	[5]
Energieprestatie	E-peil	66	60
Netto-energiebehoefte		54,54 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup> → ≤70 kWh/m <sup>2</sup>
Binnenklimaat	Ventilatie	Aanwezig D-systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	4617,17 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
Hernieuwbare energie		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 54

Tabel 16: Vergelijking EPB-niveaus case 2 na doorvoering bouwkundige maatregelen met EPB-eis 2014

De kostprijs van deze ingevoerde bouwkundige maatregelen wordt weergegeven in onderstaande tabel:

Kostprijs bouwkundige maatregelen case 2	
Thermische isolatie	€1522,26 [46] <sup>16</sup>
Blowerdoortest	€665,5 [45]

Tabel 17: Kostprijs toegepaste bouwkundige maatregelen case2, EPB-eisen 2014

Het E-peil zal verlaagd worden door het invoeren van installatietechnische maatregelen.

#### Installatietechnische maatregelen

- Voor de zonneboiler is geopteerd voor een Verisol 300. Deze voldoet aan de benodigde oppervlakte van de absorber.  
 $0,02 \times 199,80 \text{ m}^2 = 4 \text{ m}^2 \text{ oppervlakte absorber}$
- De PV-installatie moet een minimale opbrengst realiseren van 1398,6 kWh om te voldoen aan de minimale eis van hernieuwbare energie.

$$7 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \times 199,80 \text{ m}^2 = 1398,6 \text{ kWh}$$

Dit resulteert in 7 panelen met een totale Watt Piek van 1750 Wp.

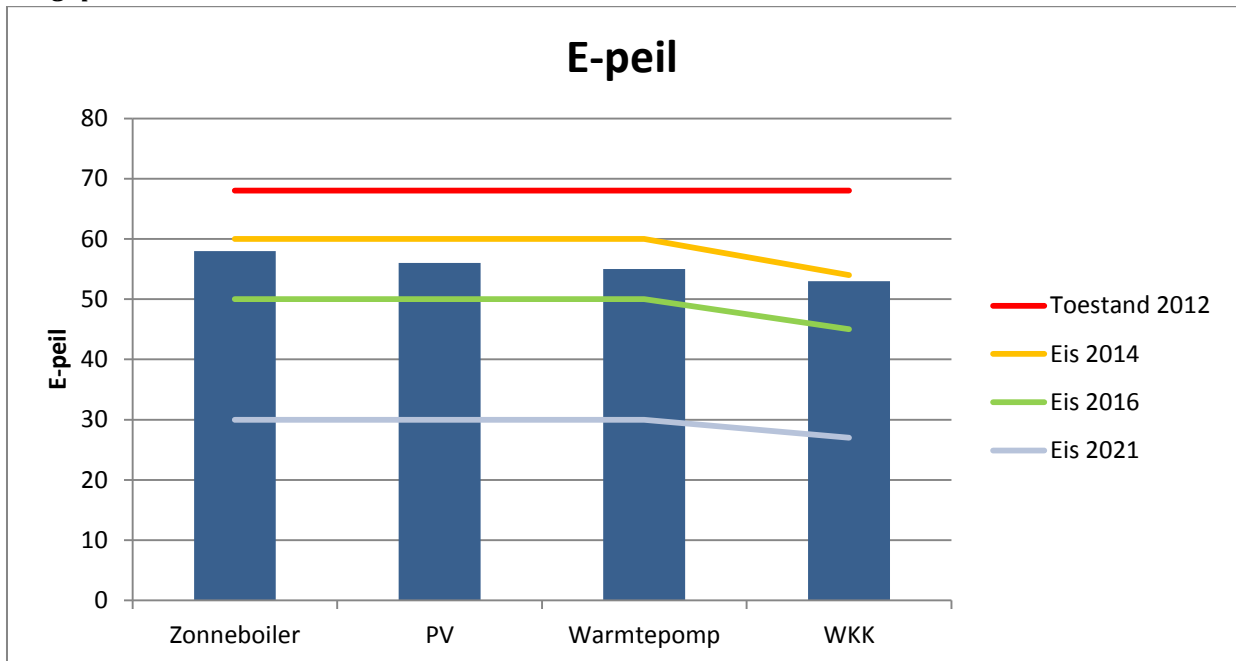
- Als warmtepomp wordt gekozen voor een Vitocal300G.
- Als WKK wordt de Marathon Engine Ecopower gekozen.

<sup>16</sup> [46] Isover Mupan Facade, Prijslijst, [docs.isover.be/PRIJSLIJST\\_2013.pdf](http://docs.isover.be/PRIJSLIJST_2013.pdf)

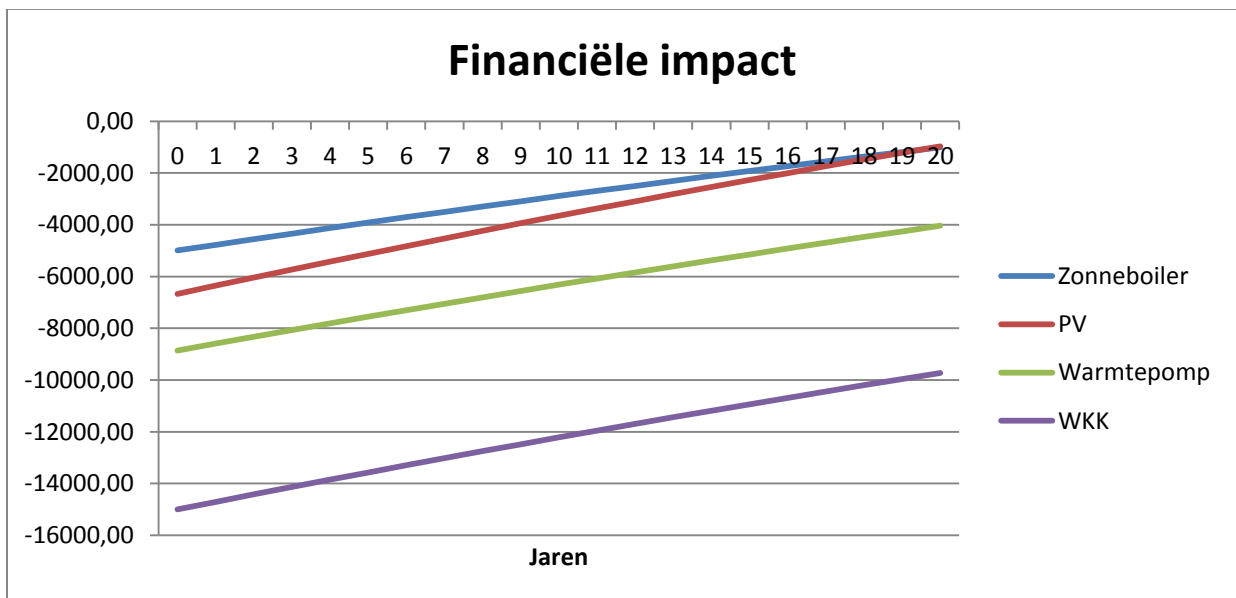
[45] Blowerdoortest, kostprijs, <http://www.blowerdoortests.be/luchtdichtheid/kostprijs-tarief-blowerdoortest-luchtdichtheidsmeting-woningen>

In onderstaande grafieken worden de resultaten weergegeven van deze doorgevoerde installatietechnische maatregelen:

**Aangepaste case 2**



Figuur 4: E-peil case 2 na doorvoering bouwkundige en installatietechnische maatregelen voor EPB-eisen 2014



Figuur 5: Financiële impact van de doorgevoerde maatregelen in case 2 voor EPB-eisen 2014

De belangrijkste conclusie voor deze case is dat de EPB-eisen 2014-2015 eenvoudig gehaald kunnen worden maar het financieel niet interessanter is. De bouwkost na 20 jaar ligt voor de maatregelen met betrekking tot de warmtepomp en warmtekrachtkoppeling betrekkelijk hoger indien de bouwaanvraag van case 2 ingediend wordt in 2014-2015 ten opzicht van de bouwaanvraag in 2012-2013. De maatregelen van het



zonneboilersysteem en PV-installatie blijken op 20 jaar slechts te resulteren in een kleine extra kost.

Er kan dus gesteld worden dat voor case 2 de verstrengde EPB-eisen van 2014-2015 haalbaar zijn mits aandacht voor toepassing van de juiste maatregelen.

Uit Figuur 4 blijkt ook dat de 4 maatregelen op 20 jaar niet terugverdiend zullen worden en geen financieel voordeel opleveren. Dit komt doordat er voor deze case vertrokken wordt vanuit een lekdebiet  $6 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$  in 2012. Hierdoor worden er minder grote verbeteringen gerealiseerd in de gebouwschil waardoor de jaarlijkse besparingen kleiner zijn.

### 10.2.3 Case 3: Appartementgebouw

Onderstaande tabel geeft een overzicht weer van de bestaande toestand, bouwaanvraag 2012 en de geldende EPB-eisen van 2014-2015.

EPB-eisen	Datum aanvraag bouwvergunning		
		Huidige toestand 2012	Eis 2014
<i>K-PEIL VOLUME</i>			
<i>Thermische isolatie</i>	K-peil	35	40
<i>EPB-EENHEID</i>	APPARTEMENT 1		
<i>Thermische isolatie</i>	$U_{\max}$ - $R_{\min}$ -waarden •Gemene muur buitenomg. •Ramen •Overige schildelen	$0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$  $U = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ Voldoen aan de geldende eis van 2014-2015	$0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$  $U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$
<i>Energieprestatie</i>	E-peil	64	60
<i>Netto-energiebehoefte</i>		$66,78 \text{ kWh/m}^2$	Max $70 \text{ kWh/m}^2$ of $100-25 \times C \text{ kWh/m}^2$ → $\leq 70 \text{ kWh/m}^2$
<i>Binnenklimaat</i>	Ventilatie	Aanwezig C+ systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	9712 Kh M.b.v. nieuwe berekening Epicool: $6563,2 \text{ Kh}$	$\leq 6500 \text{ Kh}$ Drempelwaarde $1000 \text{ Kh}$
<i>Hernieuwbare energie</i>		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil $\leq 54$
<i>EPB-EENHEID</i>	APPARTEMENT 2		
<i>Thermische isolatie</i>	$U_{\max}$ - $R_{\min}$ -waarden •Gemene muur buitenomg. •Ramen •Overige	$0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$  $U = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ Voldoen aan de	$0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$  $U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

	schildelen	geldende eis van 2014-2015	
<i>Energieprestatie</i>	E-peil	71	60
<i>Netto-energiebehoefte</i>		36,37 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup> → ≤70 kWh/m <sup>2</sup>
<i>Binnenklimaat</i>	Ventilatie	Aanwezig C+ systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	18884,23 Kh M.b.v. nieuwe berekening Epicool: 22072,34 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
<i>Hernieuwbare energie</i>		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 54
<b>EPB-EENHEID</b>	<b>APPARTEMENT 3</b>		
<i>Thermische isolatie</i>	U <sub>max</sub> - R <sub>min</sub> -waarden •Ramen  •Overige schildelen	U = 2,0 W/m <sup>2</sup> K U <sub>g</sub> = 1,1 W/m <sup>2</sup> K Voldoen aan de geldende eis van 2014-2015	U = 1,8 W/m <sup>2</sup> K U <sub>g</sub> = 1,1 W/m <sup>2</sup> K
<i>Energieprestatie</i>	E-peil	70	60
<i>Netto-energiebehoefte</i>		34,82 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup> → ≤70 kWh/m <sup>2</sup>
<i>Binnenklimaat</i>	Ventilatie	Aanwezig C+ systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	16472,92 Kh M.b.v. nieuwe berekening Epicool: 20416,44 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
<i>Hernieuwbare energie</i>		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 54
<b>EPB-EENHEID</b>	<b>GEMEENSCHAPPELIJK GEDEELTE</b>		
<i>Thermische isolatie</i>	U <sub>max</sub> - R <sub>min</sub> -waarden	OK	

Tabel 18: Vergelijking EPB-eisen 2012-2014 van case 3

Voor deze case, een appartementsgebouw met 3 appartementen met bouwaanvraag 2012, voldoen enkele buitenmuren en de ramen niet voor de geldende EPB-eisen 2014. Daarnaast zal ook het E-peil en het niveau voor oververhitting voor deze case moeten nagekeken worden om te kunnen voldoen aan de verstrengde EPB-eisen van 2014.

#### **Bouwkundige maatregelen**

De bouwkundige maatregelen voor deze case zijn:

- Verhogen van de isolatiediktes van de gemene muur in contact met de buitenomgeving van appartement 1 en 2.
- Vervangen van de ramen.

De isolatiediktes van de desbetreffende muren (53,9 m<sup>2</sup>) worden verhoogd van 12 cm naar 16 cm waardoor een U-waarde van 0,24 W/m<sup>2</sup>K gehaald wordt. Voor de ramen geldt een totale U-waarde verlaging van 0,2 W/m<sup>2</sup>K. Volgens [46]<sup>17</sup> kan dit het eenvoudigst bereikt worden door het gebruik te maken van dezelfde beglazing maar een ander soort profiel. Deze minimale verandering van de raamkozijnen houden slechts een kleine meerprijs in. Bovendien is de exacte meerprijs zeer moeilijk te bepalen.

Naast de wijziging van isolatiediktes en de ramen wordt eveneens de luchtdichtheid gemeten. De vertreksituatie van deze case, bouwaanvraag 2012, bevatte een lekdebiet van 12 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>. Bij een nieuwbouw residentiële woning waarbij een Blowerdoortest wordt uitgevoerd, zal een lekdebiet gelijk aan 6 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup> een realistisch haalbare waarde zijn.

De grote compactheid van appartement 2 en 3 met daarbovenop de grote glaspartijen in de achtergevel resulteren in een zeer groot oververhittingsniveau. Dit wordt beperkt door het toepassen van zonnewering. De zonnewering is geplaatst bij de ramen gelegen in de achter- en voorgevel en de dakramen in de achtergevel om de oververhitting te doen dalen tot onder de maximumwaarde van 6500 Kh.

De behaalde EPB-niveaus door de aanpassing van de nodige bouwkundige maatregelen van het appartementsgebouw zijn:

<b>Datum aanvraag bouwvergunning</b>			
<b>EPB-eisen</b>		<i>Doorvoeren bouw-kundige maatregelen</i>	<i>Eis 2014</i>
<i>K-PEIL VOLUME</i>			
<i>Thermische isolatie</i>	K-peil	33	40
<i>EPB-EENHEID</i>	APPARTEMENT 1		
<i>Thermische isolatie</i>	U <sub>max</sub> - R <sub>min</sub> -waarden	OK	
<i>Energieprestatie</i>	E-peil	58	60
<i>Netto-energiebehoefte</i>		55,01 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup> → ≤70 kWh/m <sup>2</sup>
<i>Binnenklimaat</i>	Ventilatie	Aanwezig C+ systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	5057,5 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
<i>Hernieuwbare energie</i>		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 54
<i>EPB-EENHEID</i>	APPARTEMENT 2		
<i>Thermische isolatie</i>	U <sub>max</sub> - R <sub>min</sub> -waarden	OK	
<i>Energieprestatie</i>	E-peil	56	60
<i>Netto-energiebehoefte</i>		35,71 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup>

<sup>17</sup> [47] Leefmilieubrussel, Een nieuw venster: waarop moet u letten?

[http://documentatie.leefmilieubrussel.be/documents/IF\\_Ecoconstructie\\_MAT06\\_Part\\_NL.PDF](http://documentatie.leefmilieubrussel.be/documents/IF_Ecoconstructie_MAT06_Part_NL.PDF)

			→ ≤70 kWh/m <sup>2</sup>
<i>Binnenklimaat</i>	Ventilatie	Aanwezig C+ systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	6409,86 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
<i>Hernieuwbare energie</i>		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 54
<i>EPB-EENHEID</i>	APPARTEMENT 3		
<i>Thermische isolatie</i>	U <sub>max</sub> - R <sub>min</sub> - waarden	OK	
<i>Energieprestatie</i>	E-peil	58	60
<i>Netto-energiebehoefte</i>		33,55 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100- 25xC kWh/m <sup>2</sup> → ≤70 kWh/m <sup>2</sup>
<i>Binnenklimaat</i>	Ventilatie	Aanwezig C+ systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	6288,74 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
<i>Hernieuwbare energie</i>		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 54
<i>EPB-EENHEID</i>	GEMEENSCHAPPELIJK GEDEELTE		
<i>Thermische isolatie</i>	U <sub>max</sub> - R <sub>min</sub> - waarden	OK	

Tabel 19: Vergelijking EPB-niveaus case 3 na doorvoering bouwkundige maatregelen met EPB-eis 2014

De kostprijs van deze ingevoerde bouwkundige maatregelen wordt weergegeven in onderstaande tabel:

<b>Kostprijs bouwkundige maatregelen case 3</b>	
<i>Thermische isolatie</i>	€539 [48] <sup>18</sup>
<i>Raamkozijnen</i>	Forfaitaire prijs van €1000 [49]
<i>Blowerdoortest</i>	€665,5 x 3 = €1996,5 [45]
<i>Zonnewering</i>	€1542 [50]

Tabel 20: Kostprijs toegepaste bouwkundige maatregelen case 3, EPB-eisen 2014

Het E-peil zal verlaagd worden door het invoeren van installatietechnische maatregelen.

<sup>18</sup> [48] Rockwool Rockfit, kostprijs Rockwool, [www.nl.rockwool.be/files/RW-BNL/6\\_Downloads/Prijslijst\\_2014\\_RW\\_BE.pdf](http://www.nl.rockwool.be/files/RW-BNL/6_Downloads/Prijslijst_2014_RW_BE.pdf) Rockwool prijzen

[45] Blowerdoortest, kostprijs, <http://www.blowerdoortests.be/luchtdichtheid/kostprijs-tarief-blowerdoortest-luchtdichtheidsmeting-woningen>

[49] Livios, Richtprijzen buitenschrijnwerk.

<http://www.livios.be/nl/bouwfasen/ruwbouw/ramen-en-deuren/richtprijzen-buitenschrijnwerk/>

[50] Markantzonwering, screens, <http://www.markantzonwering.nl/screens>

### ***Installatietechnische maatregelen***

Ook in deze case passen we enkel de hernieuwbare energiebronnen toe, alsook de warmtekrachtkoppeling.

Omwille van de relatief kleine bruto vloeroppervlaktes van de 3 appartementen kunnen we voor de 3 appartementen telkens een Verisol250 toepassen.

- Appartement 1:  
 $0,02 \times 150,67 \text{ m}^2 = 3,01 \text{ m}^2 \text{ oppervlakte absorber}$
- Appartement 2:  
 $0,02 \times 116,31 \text{ m}^2 = 2,32 \text{ m}^2 \text{ oppervlakte absorber}$
- Appartement 3:  
 $0,02 \times 116,31 \text{ m}^2 = 2,32 \text{ m}^2 \text{ oppervlakte absorber}$

De maatregelen met betrekking tot het fotovoltaïsche systeem:

- Appartement 1:  
$$7 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \times 150,67 \text{ m}^2 = 1054,69 \text{ kWh}$$

Dit resulteert in 5 PV-panelen met een totale Watt Piek van 1250 Wp.
- Appartement 2:  
$$7 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \times 116,31 \text{ m}^2 = 814,17 \text{ kWh}$$

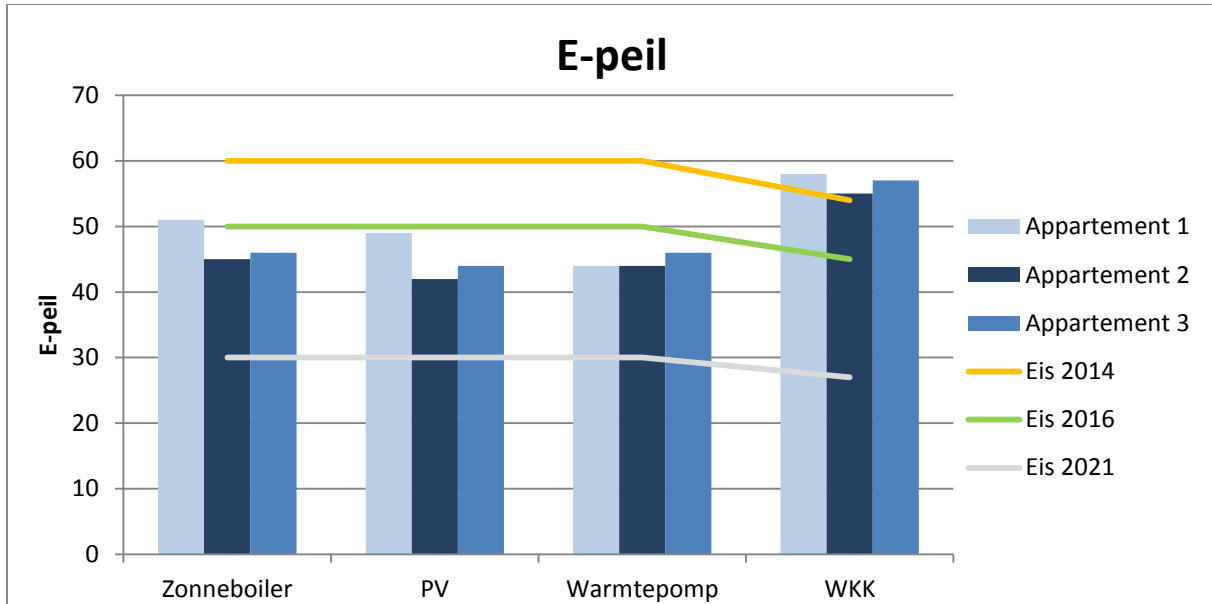
Dit resulteert in 5 PV-panelen met een totale Watt Piek van 1250 Wp.
- Appartement 3:  
$$7 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \times 116,31 \text{ m}^2 = 814,17 \text{ kWh}$$

Dit resulteert in 5 PV-panelen met een totale Watt Piek van 1250 Wp.

Als warmtepomp wordt gekozen voor een Vitocal300G.

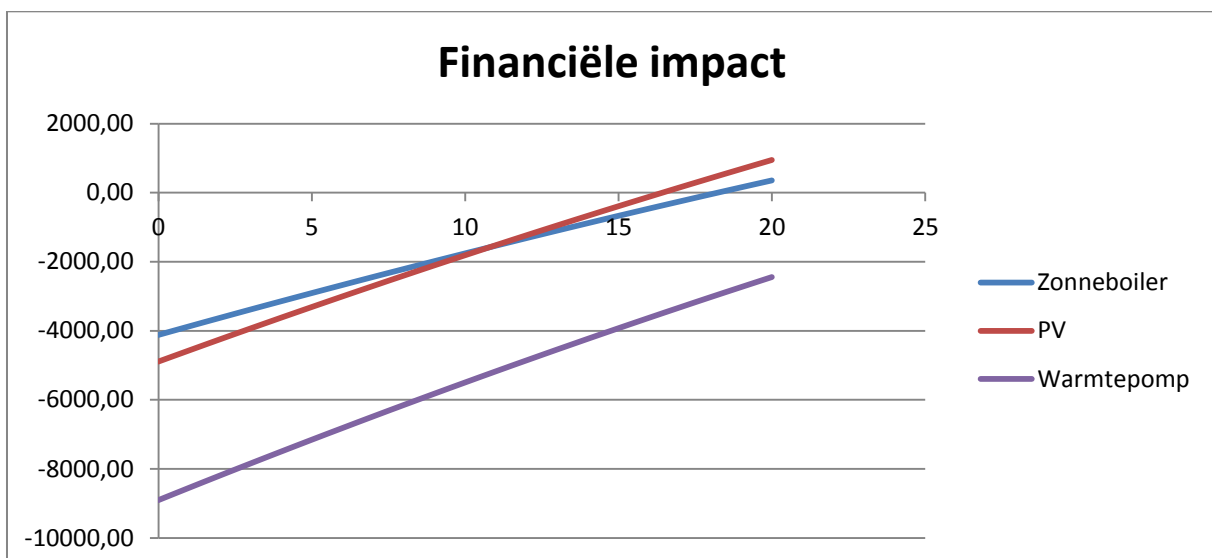
Voor de warmtekrachtkoppeling wordt de Marathon Engine Ecopower gekozen.

### Aangepaste case 3: Appartementgebouw



Figuur 6: E-peil case 3 na doorvoering bouwkundige en installatietechnische maatregelen voor EPB-eisen 2014

De bovenstaande grafiek toont aan dat een warmtekrachtkoppeling niet kan toegepast worden in case 3 om de geldende EPB-eisen van 2014 te halen. Daarom wordt deze WKK ook niet verder opgenomen bij de analyse van de financiële impact.



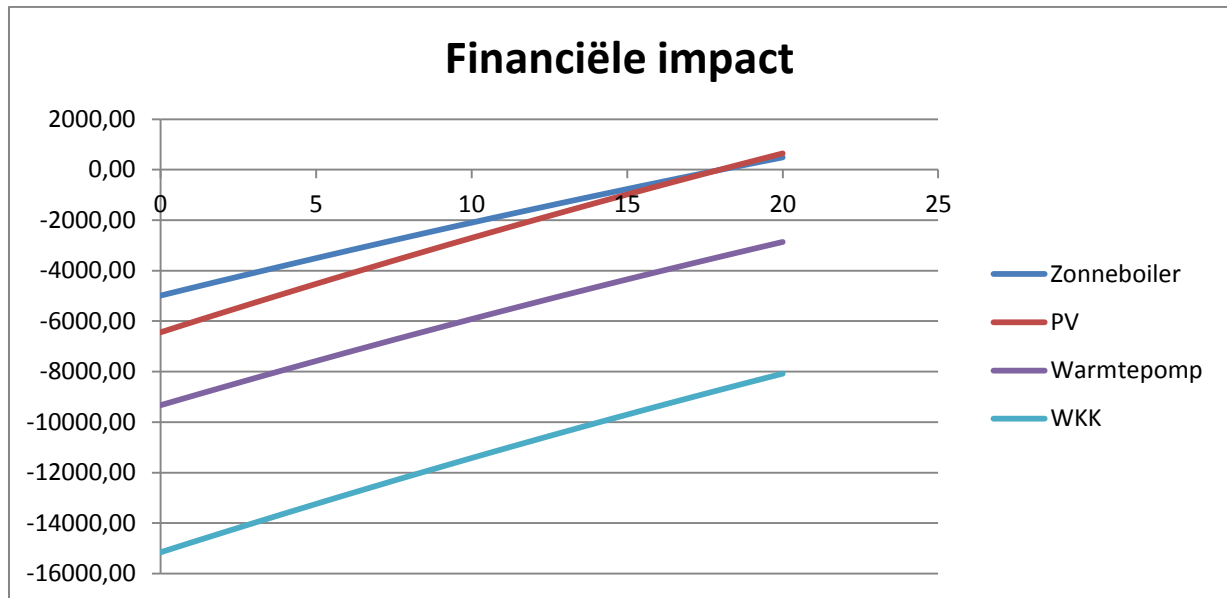
Figuur 7: Financiële impact van de doorgevoerde maatregelen in case 3 voor EPB-eisen 2014

Om een goed overzicht te verkrijgen is in Figuur 6 de oppervlakte gewogen gemiddelde financiële impact weergegeven voor de 3 appartementen.

Uit Figuur 6 kan besloten worden dat het toegepaste fotovoltaïsche systeem de meest economische verantwoorde maatregel is om case 3 te laten voldoen aan de geldende EPB-eisen van 2014-2015. De maatregel van het zonneboilersysteem blijkt ook een toepasbare mogelijkheid te zijn voor case 3 omtrent de EPB-eisen 2014. De warmtepomp is voor de 3 appartementen een te grote investering met te kleine jaarlijkse besparingen om financieel interessant te zijn.

#### 10.2.4 Besluiten haalbaarheid EPB-eisen 2014 o.b.v. de 3 cases

Op basis van de 3 cases en de financiële impact van de toegepaste maatregelen per case kan er aangenomen worden de EPB-eisen geldend voor de periode 2014-2015 haalbaar zijn. Verder kunnen de toegepaste maatregelen om de verstrengde EPB-eisen te halen zelfs een financieel voordeel opleveren op 20 jaar. Wel wordt er weer op gewezen dat de bekomen resultaten specifiek zijn voor de 3 cases. Daarnaast werden de toegepaste installatietechnische systemen vooraf geselecteerd en zijn de cases niet individueel benaderd met de toepassing van verschillende types van PV-panelen of warmtepompen ect..



Figuur 8: Oppervlakte gewogen financiële impact van de 3 cases voor EPB-eisen 2014

Voor de 3 cases kan aangenomen worden dat de maatregelen van de zonneboiler en PV-installatie het voordeligst blijken te zijn. Deze installaties zijn zo gedimensioneerd zodat deze net voldoen aan de minimale eis voor toepassing van hernieuwbare energiebron.

De toepassing van een warmtepomp of een warmtekrachtkoppeling om de cases te laten voldoen aan de verstrengde EPB-eisen van 2014 resulteren enerzijds in een te grote extra kost. Anderzijds volstaat de warmtekrachtkoppeling niet om het E-peil voldoende te doen dalen in alle cases, verwijzend naar case 3.

### 10.3 Aanpassingen cases aan EPB-eisen 2016

Hierbij wordt er analoog gewerkt als in "7.2 aanpassingen cases aan EPB-eisen 2014". De 3 cases, bouwaanvraag 2012, worden verondersteld waarbij de bouwaanvraag in 2016-2017 wordt ingediend. Er wordt nagegaan wat de meerprijs zal zijn en wat economisch gezien de meest efficiënte manier is om de vastgelegde EPB-niveaus van 2016-2017 te kunnen verwezenlijken.

#### 10.3.1 Case 1: Eengezinswoning 1

EPB-eisen	Datum aanvraag bouwvergunning		
		Huidige toestand 2012	Eis 2016
Thermische isolatie	K-peil	36	40
	U <sub>max</sub> - R <sub>min</sub> -waarden •Buitenmuur •Vloer •Ramen  •Overige schildelen	0,25 W/m <sup>2</sup> K 0,25 W/m <sup>2</sup> K U = 1,52 W/m <sup>2</sup> K U <sub>g</sub> = 1,1 W/m <sup>2</sup> K Voldoen aan de geldende eis van 2016-2017	0,24 W/m <sup>2</sup> K 0,24 W/m <sup>2</sup> K U = 1,5 W/m <sup>2</sup> K U <sub>g</sub> = 1,1 W/m <sup>2</sup> K
Energieprestatie	E-peil	70	50
Netto-energiebehoefte		74,65 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup> → ≤72,75 kWh/m <sup>2</sup>
Binnenklimaat	Ventilatie	Aanwezig D-systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	10700,29 Kh M.b.v. nieuwe berekening Epicool: 3735,96 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
Hernieuwbare energie		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 45

Tabel 21: Vergelijking EPB-eisen 2012-2016 van case 1

Om te voldoen aan de EPB-eisen van 2016 zal de isolatiedikte van de buitenmuren moeten verhoogd worden en zullen de ramen vervangen moeten worden. Hiernaast zullen er maatregelen moeten toegepast worden om E50 en de eis met betrekking tot de netto-energiebehoefte te halen.

#### Bouwkundige maatregelen

De U<sub>max</sub>-waarde van de buitenmuur in 2016 is dezelfde als de EPB-eis in 2014 waardoor ook hier in de buitenmuur (229,41 m<sup>2</sup>) de isolatiedikte opgedreven van 10 cm naar 12 cm. Verder wordt in 2016 onder meer de eis met betrekking tot vloeren in contact met volle grond verstrengd tot 0,24 W/m<sup>2</sup>K. Hierdoor zal de isolatiedikte van de vloer van 7cm opgevoerd moeten worden naar 8cm.

Om de verstrengde eis met betrekking tot de ramen te kunnen verwezenlijken, wordt er geopteerd om het glas te vervangen door glas met een U<sub>g</sub>-waarde gelijk aan 1,0 W/m<sup>2</sup>K. Er werd voor deze optie geopteerd omwille van dat het slechts om een kleine verlaging van de totale U-waarde van het raam gaat en de prijzen van de verschillende glassoorten eenvoudig op te vragen zijn. Door de verlaging van de U<sub>g</sub>-waarde zal de totale U-waarde van het raam dalen naar 1,45 W/m<sup>2</sup>K.



Zoals ook in de aanpassingen naar 2014 van case 1 zal ook hier een Blowerdoortest moeten uitgevoerd worden. Hierbij wordt er aangenomen dat een lekdebiet van 6 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup> een realistisch resultaat zou zijn. Dit is een realistische maatregel omwille van dat op deze manier de netto-energiebehoefte omlaag kan gehaald worden en omwille van dat eengezinswoning 1 weinig onderhevig is aan oververhitting en hierdoor geen extra zonnepanelen voorzien moet worden.

De behaalde EPB-niveaus door de aanpassing van de nodige bouwkundige maatregelen van eengezinswoning 1 zijn:

EPB-eisen	Datum aanvraag bouwvergunning		
		Doorvoeren bouw- kundige maatregelen	Eis 2016
Thermische isolatie	K-peil	33	40
	U <sub>max</sub> - en R <sub>min</sub> -waarden	OK	[5]
Energieprestatie	E-peil	59	50
Netto-energiebehoefte		57,15 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup> → ≤72,7 kWh/m <sup>2</sup>
Binnenklimaat	Ventilatie	Aanwezig D-systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	3639,9 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
Hernieuwbare energie		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 45

Tabel 22: Vergelijking EPB-niveaus case 1 na doorvoering bouwkundige maatregelen met EPB-eis 2016

Het E-peil niveau wordt niet gehaald door het toepassen van enkel de bouwkundige maatregelen en zal verder verlaagd moeten worden d.m.v. installatietechnische maatregelen.

De kostprijs van deze bouwkundige maatregelen is gelijk aan:

Kostprijs bouwkundige maatregelen Case 1	
Thermische isolatie	€2053,22 [44] <sup>19</sup> €287,2 [51]
Ramen	€572,4 [52]
Blowerdoortest	€665,5 [45]

Tabel 23: Kostprijs toegepaste bouwkundige maatregelen case 1, EPB-eisen 2016

<sup>19</sup> [44] Isover Saint Gobain, Prijslijst, [docs.isover.be/PRIJSLIJST\\_2013.pdf](http://docs.isover.be/PRIJSLIJST_2013.pdf)

[45] Blowerdoortest, kostprijs, <http://www.blowerdoortests.be/luchtdichtheid/kostprijs-tarief-blowerdoortest-luchtdichtheidsmeting-woningen>

[51] Recticel, Eurofloor, <http://www.isolatie-online.be/detail.asp?subcatid=34&search1=&page=1>

[52] Saint Gobain, Prijslijst, [http://www.sggs.com/Nederland/images/FCK/File/glastarief%2008-2010\\_LR%202mb%20pag4\(4\).pdf](http://www.sggs.com/Nederland/images/FCK/File/glastarief%2008-2010_LR%202mb%20pag4(4).pdf)

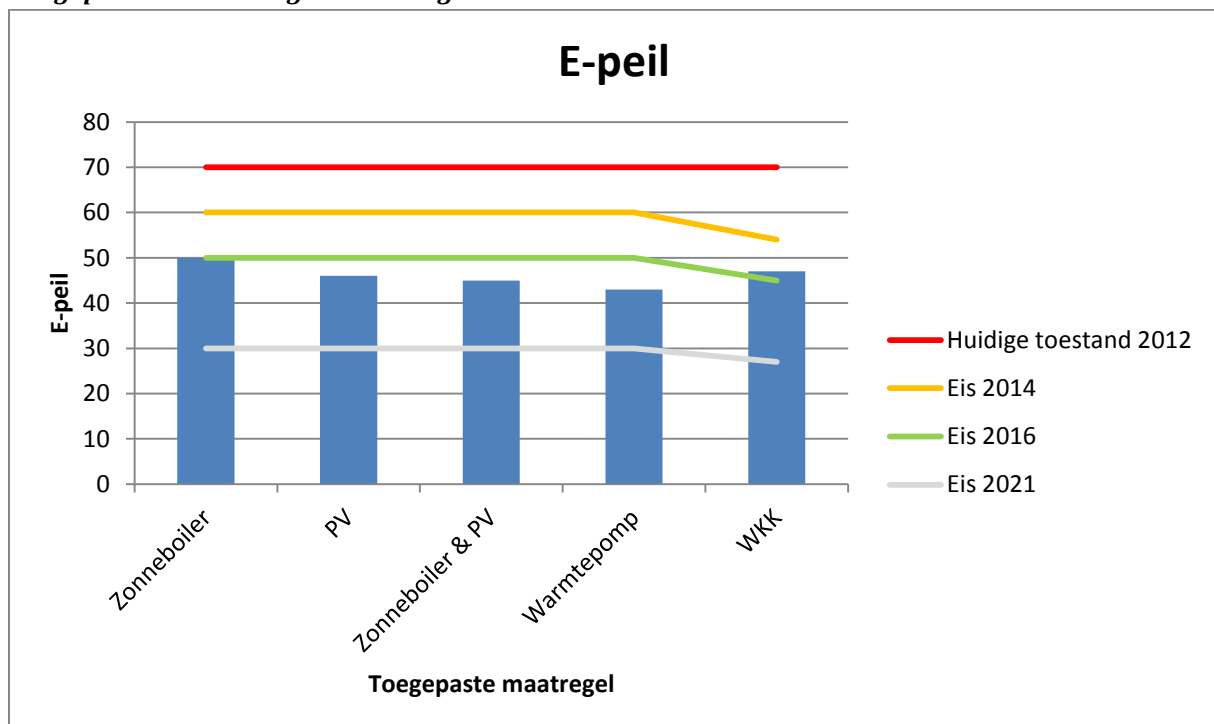
### Installatietechnische maatregelen

- Als zonneboiler wordt gekozen voor een Verisol300. Dit resulteert in E51. Vervolgens wordt de Verisol400 toegepast.
- Daarnaast werd ook geopteerd om een Verisol300 te behouden en het E-peil verder te verlagen m.b.v. een zo klein mogelijke PV-installatie. Deze PV-installatie bestaat uit 5 panelen met een totaal Watt Piek gelijk aan 1250 Wp.
- Ten derde is een PV-installatie ook een mogelijke toepasbare maatregel. Voor PV-installaties voor residentiële woningen met bouwaanvraag na 1 januari 2016 wordt een minimale opbrengst geëist van:

$$10 \frac{kWh}{m^2} \times 202,5 m^2 = 2183 kWh$$

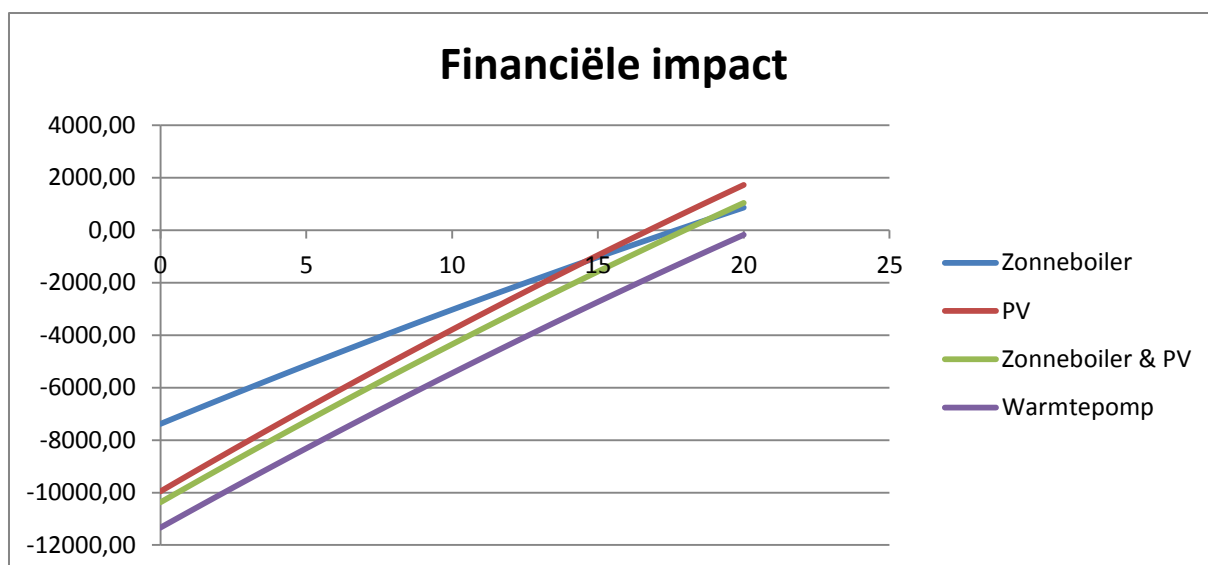
- Dit resulteert in 10 panelen met een totale Watt Piek van 2500 Wp.
- De warmtepomp en WKK zijn in alle cases hetzelfde. Zie hiervoor "7.1 Gegevens woningen"

### Aangepaste Case 1: Eengezinswoning 1



Figuur 9: E-peil case 1 na doorvoering bouwkundige en installatietechnische maatregelen voor EPB-eisen 2016

Hierbij merken we dat alle maatregelen toepasbaar zijn om de EPB-eisen van 2016 te halen met uitzondering van de warmtekrachtkoppeling. Omwille van dat deze maatregel geen hernieuwbare energiebron is, wordt E45 vereist. Met de toepassing van de warmtekrachtkoppeling wordt slechts E47 gehaald. Voor verdere beschouwing van de aanpassingen van case 1 naar de EPB-eisen van 2016 wordt deze warmtekrachtkoppeling dan ook buiten beschouwing gelaten.



Figuur 10: Financiële impact van de doorgevoerde maatregelen in case 1 voor EPB-eisen 2016

Er kan opgemerkt worden, geldend specifiek voor case 1 aangepast aan de EPB-eisen van 2016-2017, dat een PV-installatie de meest economisch verantwoorde maatregel blijkt. Zo wordt deze installatie het snelst terugverdiend en heeft jaarlijks de grootste besparing.

Verder kan besloten worden dat de 4 toegepaste maatregelen om de EPB-eisen te kunnen halen geen of een beperkte extra kost betekenen op 20 jaar voor case 1. Dit betekent dat de verstrengde EPB-eisen van 2016-2017 voor case 1 gemakkelijk haalbaar zijn.

#### 10.3.2 Case 2: Eengezinswoning 2

EPB-eisen	Datum aanvraag bouwvergunning		
		Huidige toestand 2012	Eis 2016
Thermische isolatie	K-peil	40	40
	U <sub>max</sub> - R <sub>min</sub> -waarden		
	•Buitenmuur	0,30/0,32 W/m <sup>2</sup> K	0,24 W/m <sup>2</sup> K
	•Overige schildelen	Voldoen aan de geldende eis van 2016-2017	
Energieprestatie	E-peil	68	50
Netto-energiebehoefte		50,70 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup> → ≤70 kWh/m <sup>2</sup>
Binnenklimaat	Ventilatie	Aanwezig D-systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	12075,13 Kh M.b.v. nieuwe berekening Epicool: 4240,68 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
Hernieuwbare energie		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 45

Tabel 24: Vergelijking EPB-eisen 2012-2016 van case 2

De maatregelen om aan de eisen van 2016-2017 te voldoen, zullen bestaan uit het verhogen van de isolatiedikte in buitenmuren en het toepassen van hernieuwbare energiebronnen.

### **Bouwkundige maatregelen**

In de buitenmuren werd de isolatiedikte verhoogd om te voldoen aan de  $U_{\max}$ -waarden van de schildelen. Hiernaast is er geen zonnewering nodig aangezien de eis van oververhitting gehaald wordt zonder extra zonnewering te plaatsen.

De behaalde EPB-niveaus door de aanpassing van de nodige bouwkundige maatregelen van case 2 zijn:

EPB-eisen	Datum aanvraag bouwvergunning		
		Doorvoeren bouwkundige maatregelen	Eis 2016
Thermische isolatie	K-peil	37	40
	$U_{\max}$ - en $R_{\min}$ -waarden	OK	[5]
Energieprestatie	E-peil	65	50
Netto-energiebehoefte		53,41 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup> → ≤70 kWh/m <sup>2</sup>
Binnenklimaat	Ventilatie	Aanwezig D-systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	4749,93 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
Hernieuwbare energie		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 45

Tabel 25: Vergelijking EPB-niveaus case 2 na doorvoering bouwkundige maatregelen met EPB-eis 2016

De kostprijs van deze bouwkundige maatregelen is gelijk aan:

Kostprijs bouwkundige maatregelen case 2	
Thermische isolatie	€2248,61 [46] <sup>20</sup>
Blowerdoortest	€665,5 [34]

Tabel 26: Kostprijs toegepaste bouwkundige maatregelen case 2, EPB-eisen 2016

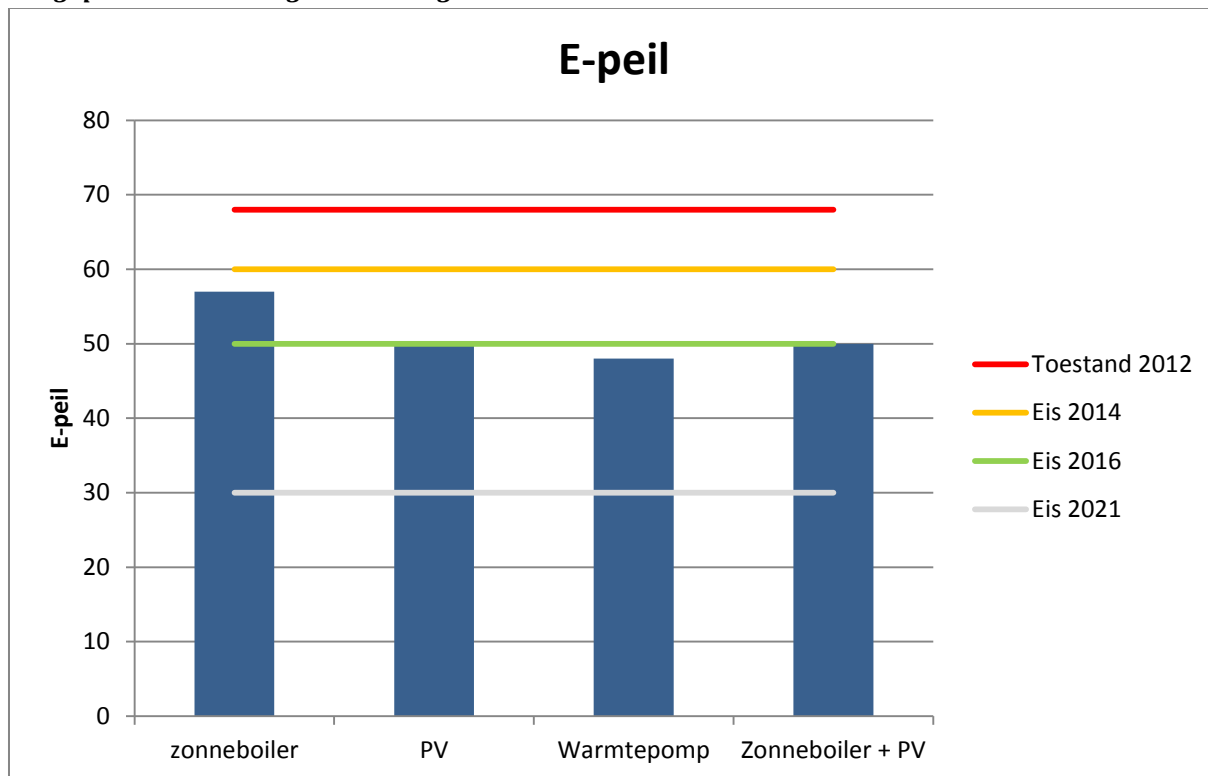
### **Installatietechnische maatregelen**

- De eerste maatregel betreft PV-panelen. Om aan de eisen van 10 kWh/m<sup>2</sup> x 199,80 m<sup>2</sup> = 1998 kWh te voldoen, worden er 11 panelen geplaatst met een totaal Watt Piek van 2750 Wp.
- De warmtepomp is in alle cases dezelfde. Zie hiervoor "7.1" onder randvoorwaarden.
- Als derde maatregel wordt er gekozen voor de combinatie van een zonneboiler Verisol 300 met een zo klein mogelijke PV-installatie geïnstalleerd. Deze PV-installatie bestaat uit 5 PV-panelen met een totale Watt Piek van 1250 Wp.

<sup>20</sup> [46] Isover Mupan Facade, Prijslijst, [docs.isover.be/PRIJSLIJST\\_2013.pdf](http://docs.isover.be/PRIJSLIJST_2013.pdf)

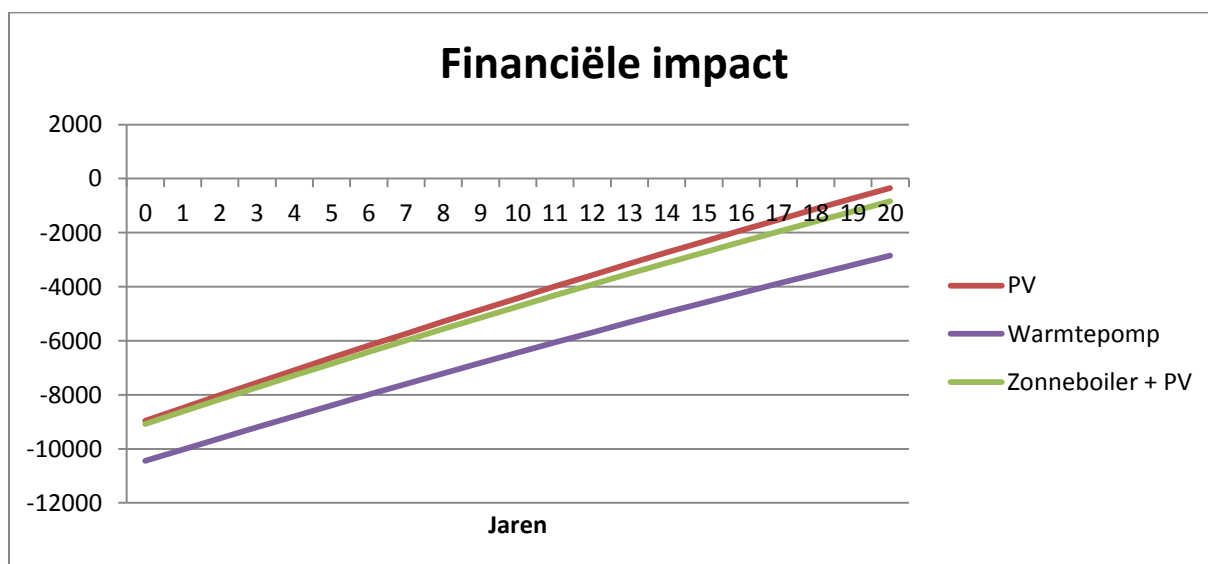
[45] Blowerdoortest, kostprijs, <http://www.blowerdoortests.be/luchtdichtheid/kostprijs-tarief-blowerdoortest-luchtdichtheidsmeting-woningen>

## Aangepaste Case 2: Eengezinswoning 2



Figuur 11: E-peil case 2 na doorvoering bouwkundige en installatietechnische maatregelen voor EPB-eisen 2016

Uit de analyse van het E-peil blijkt dat de zonneboiler niet voldoet voor de EPB-eis van 2016-2017. De overige toegepaste maatregelen voldoen wel om het geëiste E-peil E50 te behalen.



Figuur 12: Financiële impact van de doorgevoerde maatregelen in case 2 voor EPB-eisen 2016

Ook voor de aanpassingen voor de EPB-regelgeving 2016-2017 merken we dat de EPB-eisen voor case 2 eenvoudig haalbaar zijn maar geen financiële meerwaarde opleveren op 20 jaar.

Het ontbreken van een financieel voordeel in case 2 wordt veroorzaakt door het feit dat bij de startsituatie, bouwaanvraag 2012, een lekdebiet van 6 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup> in rekening is gebracht om aan de EPB-eis van 2012 te kunnen voldoen. Hierdoor is de jaarlijkse besparing kleiner en is de terugverdientijd langer.

### 10.3.3 Case 3: Appartementgebouw

		<b>Datum aanvraag bouwvergunning</b>	
<b>EPB-eisen</b>		<i>Huidige toestand 2012</i>	<i>Eis 2016</i>
<i>K-PEIL VOLUME</i>			
<i>Thermische isolatie</i>	K-peil	35	40
<i>EPB-EENHEID</i>	APPARTEMENT 1		
<i>Thermische isolatie</i>	U <sub>max</sub> - R <sub>min</sub> -waarden •Gemene muur buitenomg. •Gemene muur AVR •Vloer •Ramen  •Overige schildelen	0,30 W/m <sup>2</sup> K  0,73 W/m <sup>2</sup> K  0,35 W/m <sup>2</sup> K U = 2 W/m <sup>2</sup> K U <sub>g</sub> = 1,1 W/m <sup>2</sup> K Voldoen aan de geldende eis van 2014-2015	0,24 W/m <sup>2</sup> K  0,6 W/m <sup>2</sup> K  0,24 W/m <sup>2</sup> K U = 1,5 W/m <sup>2</sup> K U <sub>g</sub> = 1,1 W/m <sup>2</sup> K
<i>Energieprestatie</i>	E-peil	64	50
<i>Netto-energiebehoefte</i>		66,78 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup> → ≤70 kWh/m <sup>2</sup>
<i>Binnenklimaat</i>	Ventilatie	Aanwezig C+ systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	9712 Kh M.b.v. nieuwe berekening Epicool: 6563,2 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
<i>Hernieuwbare energie</i>		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 45
<i>EPB-EENHEID</i>	APPARTEMENT 2		
<i>Thermische isolatie</i>	U <sub>max</sub> - R <sub>min</sub> -waarden •Gemene muur buitenomg. •Gemene muur AVR •Ramen  •Overige schildelen	0,30 W/m <sup>2</sup> K  0,73 W/m <sup>2</sup> K  U = 2 W/m <sup>2</sup> K U <sub>g</sub> = 1,1 W/m <sup>2</sup> K Voldoen aan de geldende eis van 2014-2015	0,24 W/m <sup>2</sup> K  0,6 W/m <sup>2</sup> K  U = 1,5 W/m <sup>2</sup> K U <sub>g</sub> = 1,1 W/m <sup>2</sup> K
<i>Energieprestatie</i>	E-peil	71	50
<i>Netto-energiebehoefte</i>		36,37 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup>

			→ ≤70 kWh/m <sup>2</sup>
<i>Binnenklimaat</i>	Ventilatie	Aanwezig C+ systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	18884,23 Kh M.b.v. nieuwe berekening Epicool: 22072,34 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
<i>Hernieuwbare energie</i>		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 45
<b>EPB-EENHEID</b>	<b>APPARTEMENT 3</b>		
<i>Thermische isolatie</i>	U <sub>max</sub> - R <sub>min</sub> - waarden •Gemene muur AVR •Ramen  •Overige schildelen	0,73 W/m <sup>2</sup> K  U = 2 W/m <sup>2</sup> K U <sub>g</sub> = 1,1 W/m <sup>2</sup> K Voldoen aan de geldende eis van 2014- 2015	0,6 W/m <sup>2</sup> K  U = 1,5 W/m <sup>2</sup> K U <sub>g</sub> = 1,1 W/m <sup>2</sup> K
<i>Energieprestatie</i>	E-peil	70	50
<i>Netto-energiebehoefte</i>		34,82 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100- 25xC kWh/m <sup>2</sup> → ≤70 kWh/m <sup>2</sup>
<i>Binnenklimaat</i>	Ventilatie	Aanwezig C+ systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	16472,92 Kh M.b.v. nieuwe berekening Epicool: 20416,44 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
<i>Hernieuwbare energie</i>		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 45
<b>EPB-EENHEID</b>	<b>GEMEENSCHAPPELIJK GEDEELTE</b>		
<i>Thermische isolatie</i>	U <sub>max</sub> - R <sub>min</sub> - waarden •Gemene muur AVR •Overige schildelen	0,73 W/m <sup>2</sup> K  Voldoen aan de geldende eis van 2014- 2015	0,6 W/m <sup>2</sup> K

Tabel 27: Vergelijking EPB-eisen 2012-2016 van case 3

De isolatiediktes van de gemene muren in contact met de buitenomgeving (53,9 m<sup>2</sup>) worden verhoogd van 12 cm naar 16 cm waardoor een U-waarde van 0,24 W/m<sup>2</sup>K gehaald wordt. De isolatiedikte in de gemene muren in contact met de AVR (201 m<sup>2</sup>) wordt verhoogd van 3 cm naar 5 cm waardoor een U-waarde van 0,55 W/m<sup>2</sup>K wordt behaald. De vloer van appartement 1 heeft als begrenzing de kelder. Hier wordt de isolatiedikte opgevoerd van 3 cm naar 5 cm waarde de U-waarde 0,24 W/m<sup>2</sup>K bedraagt.

Voor de ramen geldt een totale U-waarde verlaging van 0,5 W/m<sup>2</sup>K. Volgens [47]<sup>21</sup> kan dit het eenvoudigst bereikt worden door het gebruik te maken van dezelfde beglazing maar de raamkozijnen te vervangen. De exacte meerprijs is zeer moeilijk te bepalen en wordt met behulp van richtprijzen raam per raam berekend.

Net als in de aanpassingen naar 2014 van case 3 wordt ook hier een Blowerdoortest uitgevoerd. Hierbij wordt er aangenomen dat een lekdebiet van 6 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup> een realistisch resultaat zou zijn. Deze verbetering van de luchtdichtheid resulteert in een E-peil daling maar creëert een grotere kans op oververhitting.

Omwille van de grote compactheid van appartement 2 en 3 met daarnaast de grote glaspartijen in de achtergevel en een betere luchtdichtheid resulteert dit in zeer groot oververhittingsniveau. Dit wordt beperkt door het toepassen van zonnewering. De zonnewering is geplaatst bij alle ramen gelegen in de appartementen 2 en 3 om de oververhitting te doen dalen tot onder de maximumwaarde van 6500 Kh. Er moet meer zonnewering geplaatst worden dan de aanpassingen voor 2014 omwille van de bijkomende verbetering aan de gebouwschil.

De behaalde EPB-niveaus door de aanpassing van de nodige bouwkundige maatregelen van het appartementsgebouw zijn:

	<b>Datum aanvraag bouwvergunning</b>		
<b>EPB-eisen</b>		<i>Doorvoeren bouw- kundige maatregelen</i>	<i>Eis 2016</i>
<i>K-PEIL VOLUME</i>			
<i>Thermische isolatie</i>	K-peil	30	40
<b>EPB-EENHEID</b>	<b>APPARTEMENT 1</b>		
<i>Thermische isolatie</i>	U <sub>max</sub> - R <sub>min</sub> - waarden	OK	
<i>Energieprestatie</i>	E-peil	56	50
<i>Netto- energiebehoefte</i>		49,81 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100- 25xC kWh/m <sup>2</sup> → ≤70 kWh/m <sup>2</sup>
<i>Binnenklimaat</i>	Ventilatie	Aanwezig C+ systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	6020,75 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
<i>Hernieuwbare energie</i>		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 45
<b>EPB-EENHEID</b>	<b>APPARTEMENT 2</b>		
<i>Thermische isolatie</i>	U <sub>max</sub> - R <sub>min</sub> - waarden	OK	
<i>Energieprestatie</i>	E-peil	52	50
<i>Netto- energiebehoefte</i>		33,93 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100- 25xC kWh/m <sup>2</sup> → ≤70 kWh/m <sup>2</sup>

<sup>21</sup> [47] Leefmilieubrussel, Een nieuw venster: waarop moet u letten?

[http://documentatie.leefmilieubrussel.be/documents/IF\\_Ecoconstructie\\_MAT06\\_Part\\_NL.PDF](http://documentatie.leefmilieubrussel.be/documents/IF_Ecoconstructie_MAT06_Part_NL.PDF)



<i>Binnenklimaat</i>	Ventilatie	Aanwezig C+ systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	5002,71 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
<i>Hernieuwbare energie</i>		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 45
<b>EPB-EENHEID</b>	<b>APPARTEMENT 3</b>		
<i>Thermische isolatie</i>	$U_{\max}$ - $R_{\min}$ - waarden	OK	
<i>Energieprestatie</i>	E-peil	54	50
<i>Netto-energiebehoefte</i>		31,25 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100- 25xC kWh/m <sup>2</sup> → ≤70 kWh/m <sup>2</sup>
<i>Binnenklimaat</i>	Ventilatie	Aanwezig C+ systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	5236,80 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
<i>Hernieuwbare energie</i>		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 45
<b>EPB-EENHEID</b>	<b>GEMEENSCHAPPELIJK GEDEELTE</b>		
<i>Thermische isolatie</i>	$U_{\max}$ - $R_{\min}$ - waarden	OK	

Tabel 28: Vergelijking EPB-niveaus case 3 na doorvoering bouwkundige maatregelen met EPB-eis 2016

De kostprijs van deze ingevoerde bouwkundige maatregelen wordt weergegeven in onderstaande tabel:

<b>Kostprijs bouwkundige maatregelen case 3</b>	
<i>Thermische isolatie</i>	Gemene muur, buitenomgeving €539[48] <sup>22</sup> Gemene muur, AVR €864,3 [53] Vloer, appartement 1 €1027,02 [54]
<i>Raamkozijnen</i>	Richtmeerprijs €8600 [49]
<i>Blowerdoortest</i>	€665,5 x 3 = €1996,5 [45]
<i>Zonnewering</i>	€1846 [50]

Tabel 29: Kostprijs toegepaste bouwkundige maatregelen case 3, EPB-eisen 2016

#### **Installatietechnische maatregelen**

De toegepaste zonneboiler betreft een Verisol250 om aan de geldende EPB-eisen van 2016-2017 te voldoen.

Betreffende de fotovoltaïsche systemen:

- Appartement1: 7 PV-panelen, 1750 Wp
- Appartement2: 5 PV-panelen, 1250 Wp
- Appartement2: 5 PV-panelen, 1250 Wp

De toegepaste warmtepomp en warmtekrachtkoppeling worden besproken bij de randvoorwaarden.

<sup>22</sup> [48] Rockwool Rockfit, kostprijs Rockwool, [www.nl.rockwool.be/files/RW-BNL/6\\_Downloads/Prijslijst\\_2014\\_RW\\_BE.pdf](http://www.nl.rockwool.be/files/RW-BNL/6_Downloads/Prijslijst_2014_RW_BE.pdf) Rockwool prijzen

[53] Isolatie online, Recticel Eurowall, <http://www.isolatie-online.be/detail.asp?ID=937>

[54] Isolatie-info, Gespoten PUR, <http://www.isolatie-info.be/isoleren/gespoten-vloerisolatie-pur.html>

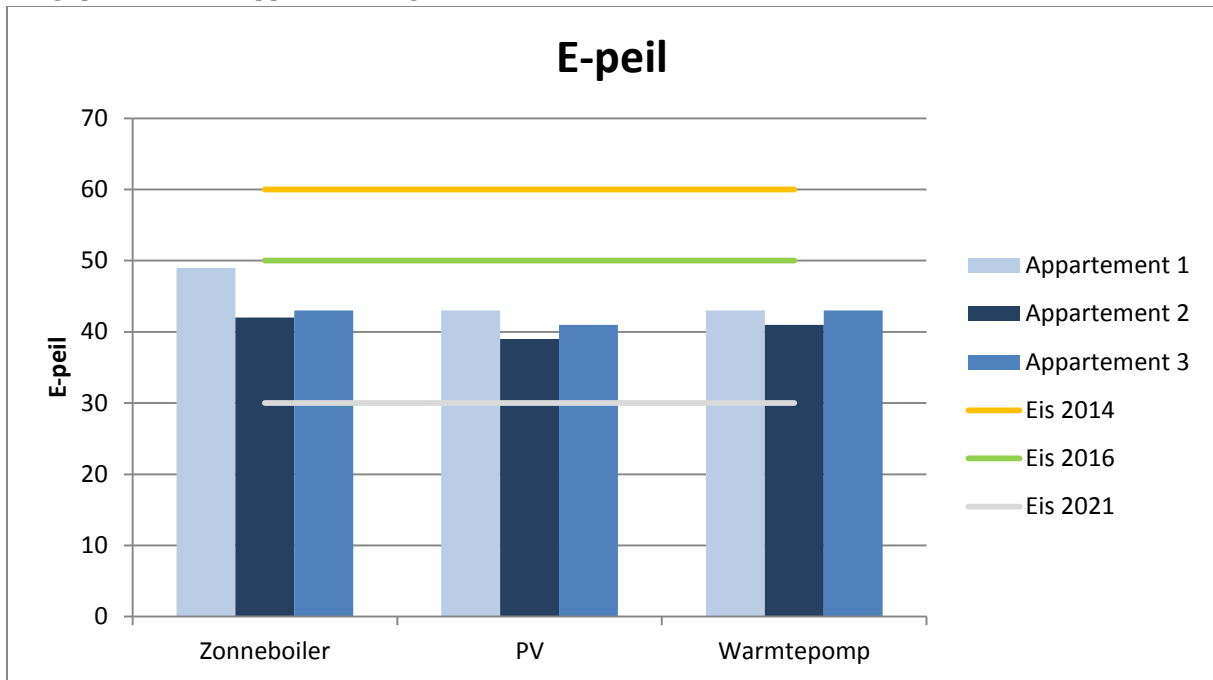
[49] Livios, Richtprijzen buitenschrijnwerk.

<http://www.livios.be/nl/bouwfasen/ruwbouw/ramen-en-deuren/richtprijzen-buitenschrijnwerk/>

[45] Blowerdoortest, kostprijs, <http://www.blowerdoortests.be/luchtdichtheid/kostprijs-tarief-blowerdoortest-luchtdichtheidsmeting-woningen>

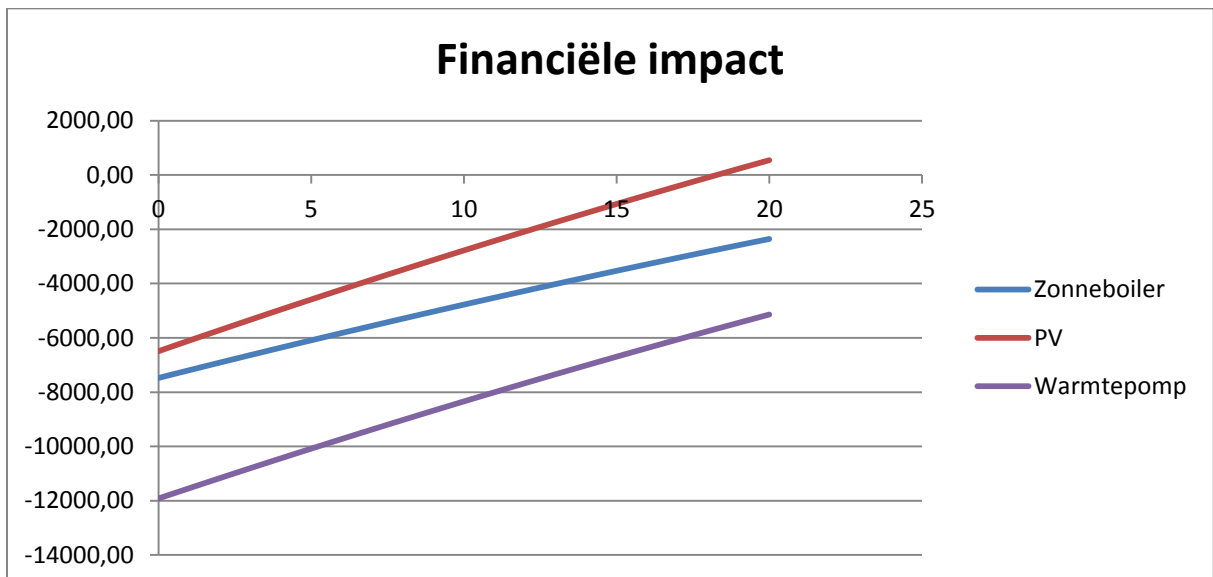
[50] Markantzonwering, screens, <http://www.markantzonwering.nl/screens>

**Aangepaste case 3: Appartementgebouw**



*Figuur 13: E-peil case 3 na doorvoering bouwkundige en installatietechnische maatregelen voor EPB-eisen 2016*

De 3 toegepaste maatregelen laten toe om case 3 te laten voldoen aan de geldende EPB-eisen van 2016-2017. De warmtekrachtkoppeling maatregel wordt niet meer toegepast omwille van dat de maatregel reeds als maatregel voor 2014-2015 niet voldeed.



*Figuur 14: Financiële impact van de doorgevoerde maatregelen in case 3 voor EPB-eisen 2016*

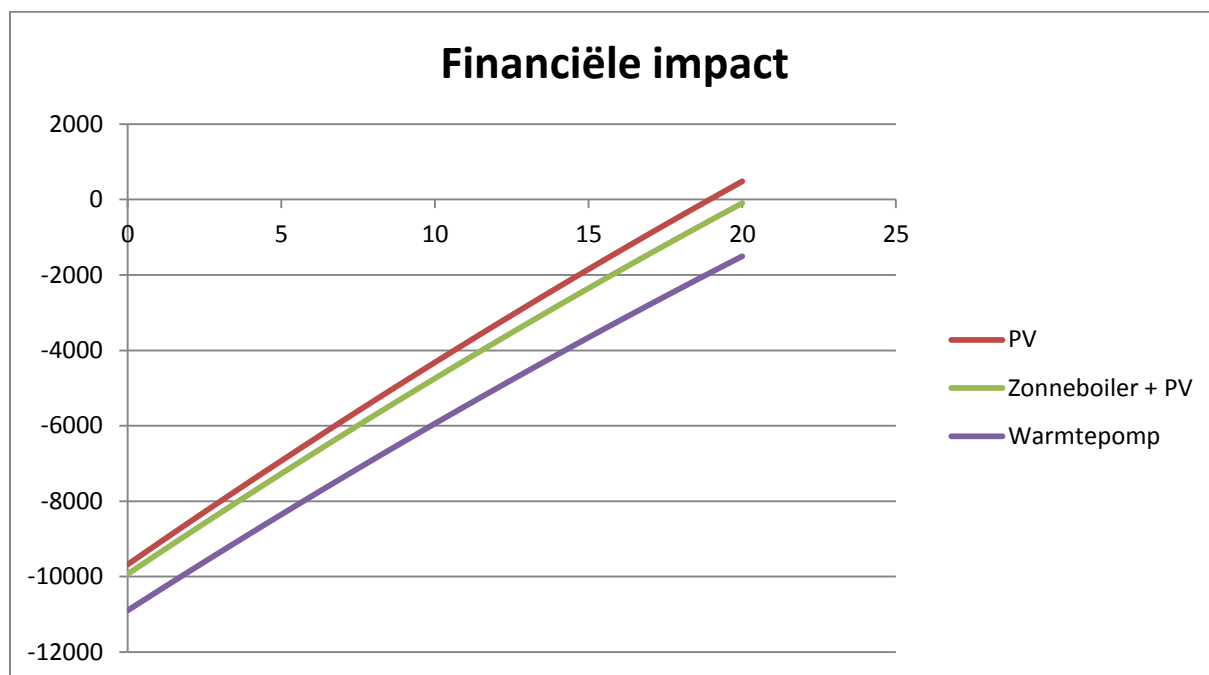
Om een goed overzicht te verkrijgen is in figuur 14 de gemiddelde financiële impact voor de 3 appartementen weergegeven.

Uit Figuur 14 kan besloten worden dat enkel het fotovoltaïsche systeem als maatregel financieel interessant is. Dit omwille van de laagste investeringskost en de grootste jaarlijkse besparing.

De overige toegepaste maatregelen zoals het zonneboilersysteem en de warmtepompinstallatie resulteren in een te grote meerprijs op 20 jaar om de verstrengde EPB-eisen te halen. De meerprijs op 20 jaar bedraagt meer dan €2000.

#### 10.3.4 Besluiten haalbaarheid EPB-eisen 2016 o.b.v. de 3 cases

Vooraleerst kan er besloten worden dat de verstrengde EPB-eisen van 2016-2017 haalbaar zijn. Dit is gebaseerd op de aanpassingen van de 3 cases aan EPB-eisen 2016.



Figuur 15: Oppervlakte gewogen gemiddelde van de financiële impact van cases 1 en 2 voor EPB-eisen 2016

Figuur 15 geeft het oppervlakte gewogen gemiddelde van de financiële impact van cases 1 en 2 weer. Case 3 wordt hier niet bij in rekening gebracht omwille van dat vanaf 2016 de EPB-eisen voor een appartementsgebouw op een andere efficiënte manier kunnen bereikt worden dan de toegepaste maatregelen voor vrijstaande woningen zoals case 1 en 2. Zie Figuur 14 voor de financiële impact van de toegepaste maatregelen bij case 3.

Verder kan er opgemerkt worden dat wanneer de zonneboiler gedimensioneerd wordt aan de hand van de minimale eis, deze maatregel niet volstaat om het E-peil voldoende te doen dalen. Dit is het geval voor de vrijstaande woningen in case 1 en 2. Deze maatregel moet dan in combinatie met een photovoltaïsch systeem geïnstalleerd worden of moet groter gedimensioneerd worden.

Ten derde kan er besloten worden dat de haalbare maatregelen voor vrijstaande woning van case 1 en 2 de volgende zijn:

- Zonneboiler + PV-installatie
- PV-installatie

Deze 2 maatregelen resulteren na 20 jaar in nagenoeg een even groot financieel voordeel met nagenoeg een gelijke investeringskost. De warmtepomp kan ook voldoen als mogelijke maatregel. Een opmerking hierbij is dat er een grotere investeringskost is

en de bouwkost lichtjes gestegen is na 20 jaar om de vrijstaande cases te laten voldoen aan de EPB-eisen van 2016 in vergelijking met de bouwaanvraag in 2012.

Voor een appartementsgebouw, gebaseerd op case 3, is de EPB-eis van 2016 eveneens haalbaar. Maar hier is de toepassing van een photovoltaïsch systeem de enige financieel verantwoorde mogelijkheid.

## 10.4 Aanpassingen cases aan EPB-eisen 2021-BEN

Ook hier wordt verondersteld dat de 3 cases met bouwaanvraag 2012 de bouwaanvraag indienen in 2021. Door deze veronderstelling zullen de 3 cases moeten voldoen aan de BEN-eisen.

Deze BEN-eisen geven aanleiding tot bijkomende maatregelen om de bouwconcepten van de 3 cases van 2012 te kunnen voldoen aan deze EPB-eisen.

### 10.4.1 Case 1: Eengezinswoning 1

EPB-eisen		Datum aanvraag bouwvergunning	
		Huidige toestand 2012	Eis 2021 BEN
Thermische isolatie	K-peil	36	40
	U <sub>max</sub> - R <sub>min</sub> -waarden •Buitenmuur •Ramen  •Overige schildelen	0,25 W/m <sup>2</sup> K U = 1,52 W/m <sup>2</sup> K U <sub>g</sub> = 1,1 W/m <sup>2</sup> K Voldoen aan de geldende eis van 2021	0,24 W/m <sup>2</sup> K U = 1,5 W/m <sup>2</sup> K U <sub>g</sub> = 1,1 W/m <sup>2</sup> K
Energieprestatie	E-peil	70	30
Netto-energiebehoefte		74,65 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup> → ≤72,75 kWh/m <sup>2</sup>
Binnenklimaat	Ventilatie	Aanwezig D-systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	10700,29 Kh M.b.v. nieuwe berekening Epicool: 3735,96 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
Hernieuwbare energie		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 27

Tabel 30: Vergelijking EPB-eisen 2012-2021 van case 1

De eisen betreffende de thermische isolatie worden na 2016-2017 niet meer verstrengd. Vanaf dan wordt enkel de energieprestatie-eis verstrengd tot E30 in 2021.

### **Bouwkundige maatregelen**

De bouwkundige maatregelen om de cases te laten voldoen aan de EPB-eis van 2021 zijn dezelfde dan de bouwkundige maatregelen voor de aanpassingen aan de EPB-eisen van 2016.

Voor case 1: Eengezinswoning resulteert dit dan in:

<b>EPB-eisen</b>	<b>Datum aanvraag bouwvergunning</b>		
		<i>Doorvoeren bouwkundige maatregelen</i>	<i>Eis 2021 BEN</i>
<i>Thermische isolatie</i>	K-peil	33	40
	U <sub>max</sub> - en R <sub>min</sub> -waarden	OK	[5]
<i>Energieprestatie</i>	E-peil	59	30
<i>Netto-energiebehoefte</i>		57,15 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup> → ≤72,7 kWh/m <sup>2</sup>
<i>Binnenklimaat</i>	Ventilatie	Aanwezig D-systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	3639,9 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
<i>Hernieuwbare energie</i>		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 27

Tabel 31: Vergelijking EPB-niveaus case 1 na doorvoering bouwkundige maatregelen met EPB-eis 2021

<b>Kostprijs bouwkundige maatregelen Case 1</b>	
<i>Thermische isolatie</i>	€2053,22 [44] <sup>23</sup> €487,2 [51]
<i>Ramen</i>	€572,4 [52]
<i>Blowerdoortest</i>	€665,5 [45]

Tabel 32: Kostprijs toegepaste bouwkundige maatregelen case 1, EPB-eisen 2021

Ook hier zal het E-peil verder moeten verlaagd worden d.m.v. installatietechnische maatregelen.

<sup>23</sup> [44] Isover Saint Gobain, Prijslijst, [docs.isover.be/PRIJSLIJST\\_2013.pdf](http://docs.isover.be/PRIJSLIJST_2013.pdf)

[45] Blowerdoortest, kostprijs, <http://www.blowerdoortests.be/luchtdichtheid/kostprijs-tarief-blowerdoortest-luchtdichtheidsmeting-woningen>

[51] Recticel, Eurofloor, <http://www.isolatie-online.be/detail.asp?subcatid=34&search1=&page=1>

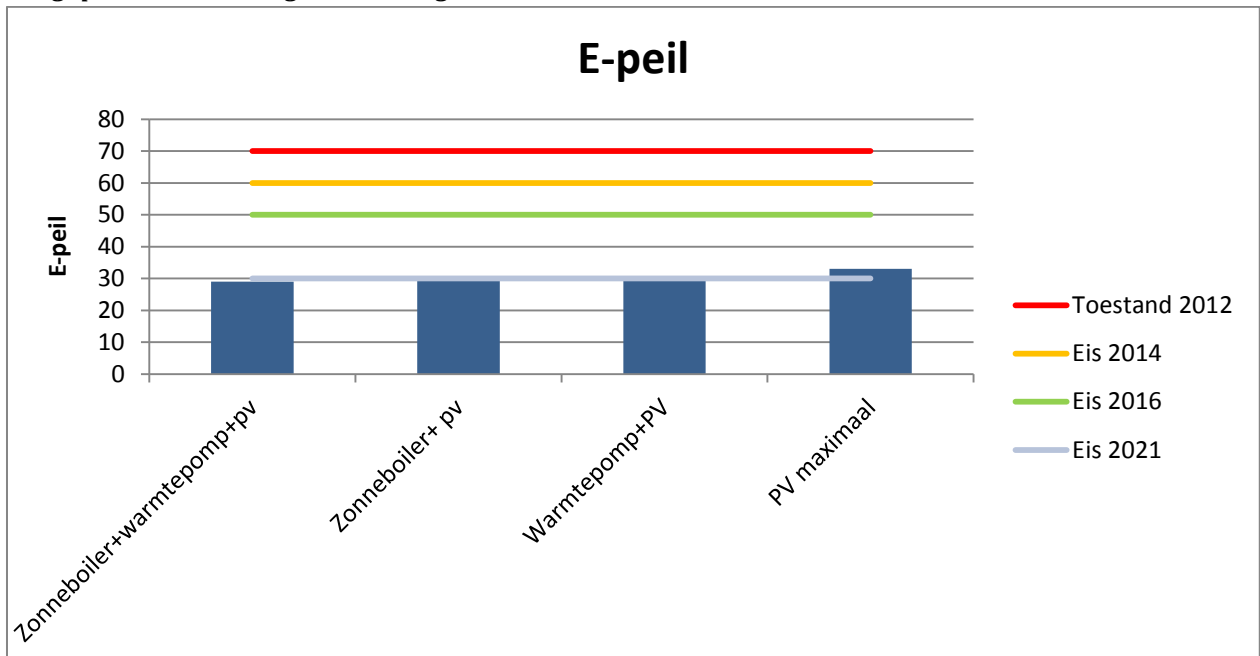
[52] Saint Gobain, Prijslijst, [http://www.sggs.com/Nederland/images/FCK/File/glastarief%2008-2010\\_LR%202mb%20pag4\(4\).pdf](http://www.sggs.com/Nederland/images/FCK/File/glastarief%2008-2010_LR%202mb%20pag4(4).pdf)

### **Installatietechnische maatregelen**

Voor de installatietechnische maatregelen voldoen de hernieuwbare energiebronnen volgens de minimale eis niet meer individueel voor de verlaging van het E-peil naar E30. Dit wordt geïllustreerd in de Figuur van het E-peil bij case 1 in 7.3 Aanpassingen cases aan EPB-eisen 2016. Dit is dezelfde grafiek als voor de aanpassingen aan EPB-eisen 2021 omwille van dat er geen bijkomende bouwkundige maatregelen moesten getroffen worden.

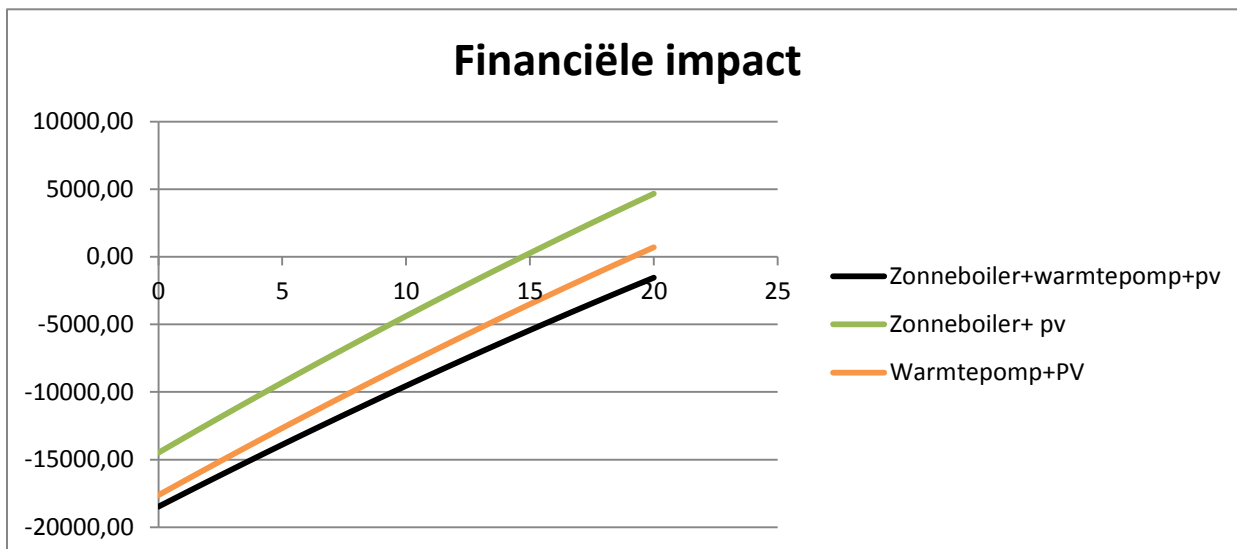
- De eerste maatregel bestaat uit de combinatie van een minimale installatie van zonneboiler, warmtepomp en PV-installatie. De PV-installatie heeft hier zijn maximale efficiëntie op 4250 Wp. De warmtepomp zal instaan voor de ruimteverwarming en de zonneboiler voor het opwekken van zoveel mogelijk van de benodigde energie voor het sanitair warm water. Beide in een bivalente werking.
- Als tweede maatregel is er de combinatie warmtepomp en PV-installatie met een totale Watt Piek van 2250 Wp.
- De zonneboiler in combinatie met een PV-installatie is ook mogelijk. Hierbij is de maximale PV-installatie vereist voor een energieprestatie van E30. De zonneboiler is de Verisol300.
- Verder kan er ook geopteerd worden om enkel een PV-installatie te installeren, gedimensioneerd waarbij de installatie een maximaal hoeveelheid elektrische energie dat verbruikt wordt, opwekt.

### **Aangepaste Case 1: Eengezinswoning 1**



*Figuur 16: E-peil case 1 na doorvoering bouwkundige en installatietechnische maatregelen voor EPB-eisen 2021*

De maatregel met enkel een PV-installatie, die maximaal is gedimensioneerd, voldoet niet aan de energieprestatie-eis van 2021. Deze wordt dan ook niet verder geanalyseerd.



Figuur 17: Financiële impact van de doorgevoerde maatregelen in case 1 voor EPB-eisen 2021

Specifiek voor deze case 1: Eengezinswoning 1, is de maatregel van de zonneboiler gedimensioneerd op 7 kWh/m<sup>2</sup> in combinatie met een PV-installatie die het E-peil tot E30 brengt, economisch gezien, de beste maatregel.

Er kan ook besloten worden dat de maatregel van de warmtepomp in combinatie met de PV-installatie en de maatregel van de zonneboiler met de warmtepomp in combinatie met de PV-installatie geen onoverbrugbare meerkost opleveren voor case1.

#### 10.4.2 Case 2: Eengezinswoning 2

EPB-eisen		Datum aanvraag bouwvergunning	
		Huidige toestand 2012	Eis 2021 BEN
Thermische isolatie	K-peil	40	40
	U <sub>max</sub> - R <sub>min</sub> -waarden •Buitenmuur •Vloeren •Ramen	0,30/0,32 W/m <sup>2</sup> K 0,37/0,33 W/m <sup>2</sup> K U = 1,55 W/m <sup>2</sup> K U <sub>g</sub> = 1,1 W/m <sup>2</sup> K	0,24 W/m <sup>2</sup> K 0,24 W/m <sup>2</sup> K U = 1,5 W/m <sup>2</sup> K U <sub>g</sub> = 1,1 W/m <sup>2</sup> K
Energieprestatie	E-peil	63	30
Netto-energiebehoefte		50,70 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup> → ≤70 kWh/m <sup>2</sup>
Binnenklimaat	Ventilatie	Aanwezig D-systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	12075,13 Kh M.b.v. nieuwe berekening Epicool: 4240,68 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
Hernieuwbare energie		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 27

Tabel 33: Vergelijking EPB-eisen 2012-2021 van case 2



### **Bouwkundige maatregelen**

Om over te gaan naar de BEN-eisen werd de isolatiedikte verhoogd in buitenmuren en vloeren. Hiernaast werd ook gekozen voor andere raamprofielen en beglazing.

De behaalde EPB-niveaus door de aanpassing van de nodige bouwkundige maatregelen van case 2 zijn:

<b>EPB-eisen</b>	<b>Datum aanvraag bouwvergunning</b>		
		<i>Doorvoeren bouwkundige maatregelen</i>	<i>Eis 2021 BEN</i>
<i>Thermische isolatie</i>	K-peil	35	40
	U <sub>max</sub> - en R <sub>min</sub> -waarden	OK	[5]
<i>Energieprestatie</i>	E-peil	63	30
<i>Netto-energiebehoefte</i>		50,70 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup> → ≤70 kWh/m <sup>2</sup>
<i>Binnenklimaat</i>	Ventilatie	Aanwezig D-systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	5094,06 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
<i>Hernieuwbare energie</i>		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 27

Tabel 34: Vergelijking EPB-niveaus case 2 na doorvoering bouwkundige maatregelen met EPB-eis 2021

<b>Kostprijs bouwkundige maatregelen Case 2</b>	
<i>Thermische isolatie</i>	€2283,96 [46] <sup>24</sup>
<i>Ramen</i>	€508,8 [52]
<i>Blowerdoortest</i>	€665,5 [45]

Tabel 35: Kostprijs toegepaste bouwkundige maatregelen case 2, EPB-eisen 2021

<sup>24</sup> [46] Isover Mupan Facade, Prijslijst, [docs.isover.be/PRIJSLIJST\\_2013.pdf](http://docs.isover.be/PRIJSLIJST_2013.pdf)

[45] Blowerdoortest, kostprijs, <http://www.blowerdoortests.be/luchtdichtheid/kostprijs-tarief-blowerdoortest-luchtdichtheidsmeting-woningen>

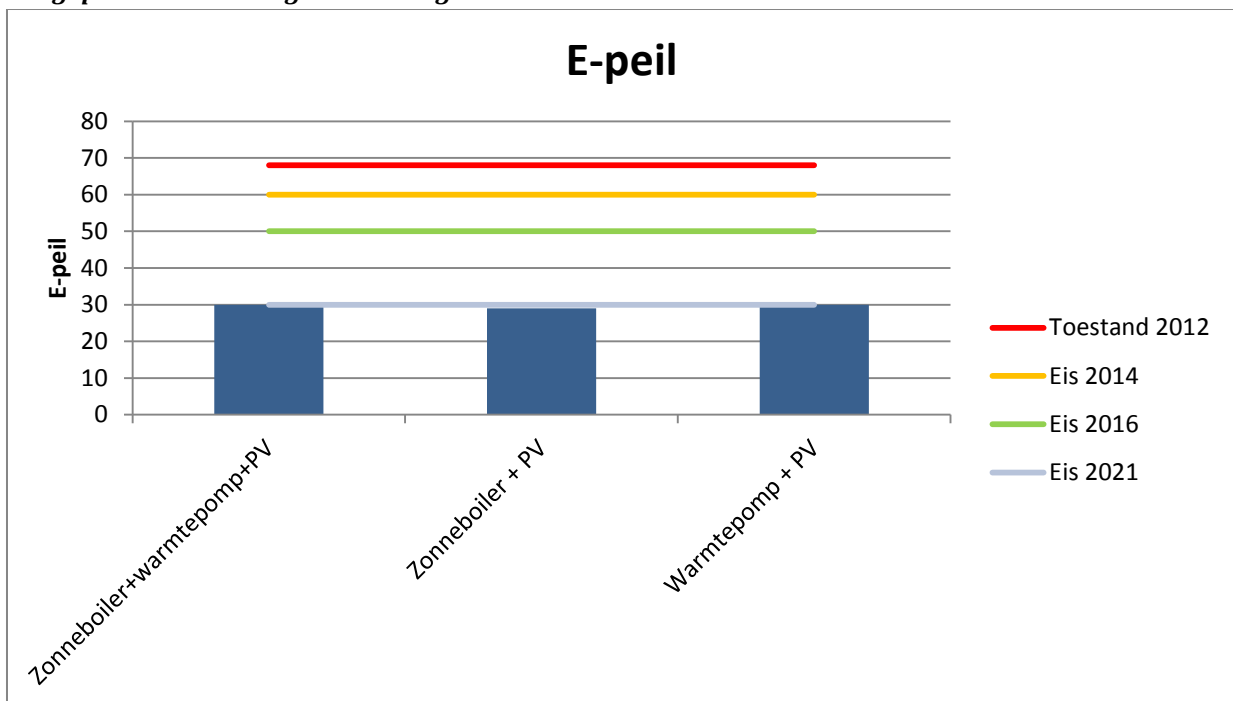
[52] Saint Gobain, Prijslijst, [http://www.sggs.com/Nederland/images/FCK/File/glastarief%2008-2010\\_LR%202mb%20pag4\(4\).pdf](http://www.sggs.com/Nederland/images/FCK/File/glastarief%2008-2010_LR%202mb%20pag4(4).pdf)

### **Installatietechnische maatregelen**

Bij elke mogelijke combinatie van 2 maatregelen te kiezen uit zonneboiler, PV-panelen of warmtepomp, die elk voldoen aan de minimum eisen, wordt niet voldaan aan de E-peil eis.

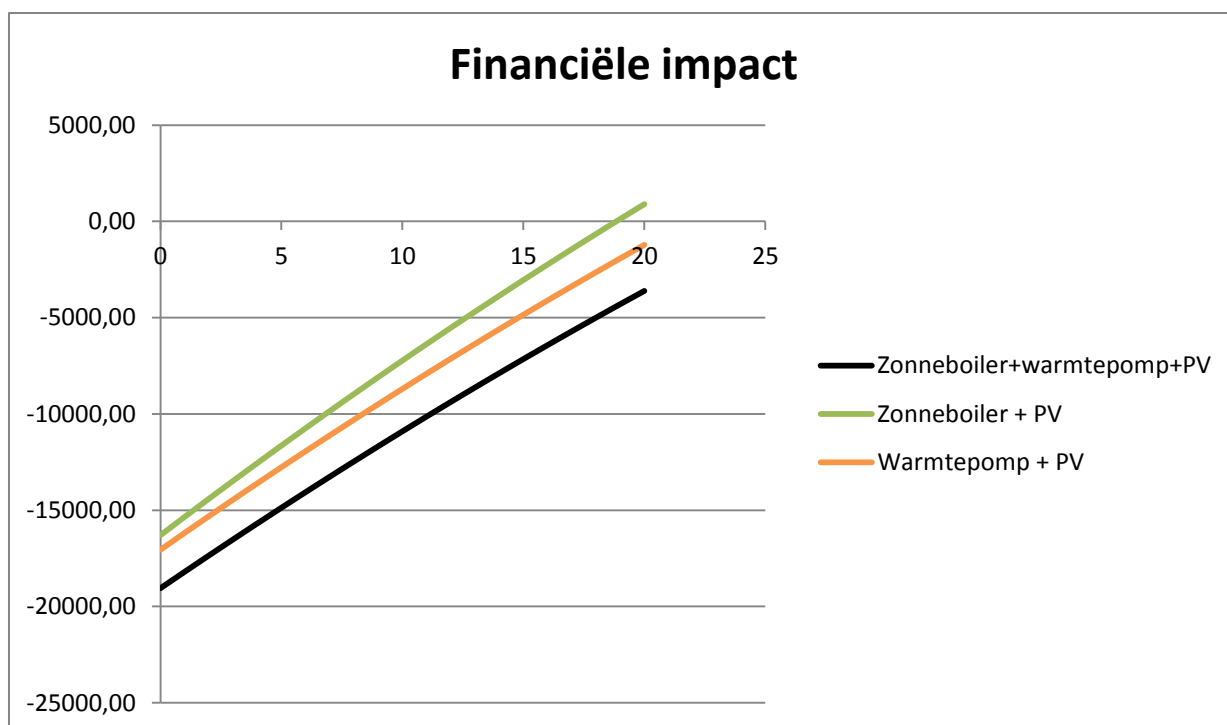
- De eerste toegepaste maatregel bestaat uit de combinatie van zonneboiler Verisol 300, minimaal gedimensioneerd, met aanvullende PV-installatie tot E29 bereikt wordt. Hiervoor zijn 17 PV-panelen nodig met een totale Watt Piek van 4250 W<sub>p</sub>
- De tweede maatregel wordt gevormd door de combinatie van warmtepomp, minimaal gedimensioneerd, met aanvullende PV-installatie. Hiervoor zijn 11 PV-panelen nodig met een totale Watt piek van 2750 W<sub>p</sub>.
- Als derde maatregel is er de combinatie van zonneboiler Verisol 300, warmtepomp en PV-installatie bestaande uit 7 panelen.

### **Aangepaste Case 2: Eengezinswoning 2**



*Figuur 18: E-peil case 2 na doorvoering bouwkundige en installatietechnische maatregelen voor EPB-eisen 2021*

De BEN-eisen zijn eenvoudig haalbaar voor case 2. Dit kan afgeleid worden uit Figuur 18 waarbij het E-peil voor case 2 met de 3 maatregelen lager of gelijk is aan E30.



Figuur 19: Financiële impact van de doorgevoerde maatregelen in case 2 voor EPB-eisen 2021

Figuur 19 illustreert de financiële impact van de 3 toepasbare maatregelen voor case 2. Hieruit blijkt dat de maatregel van de zonneboiler in combinatie met een PV-installatie financieel het meest interessant is.

Verder kan afgeleid worden dat ook de warmtepomp in combinatie met de PV-installatie op 20 jaar geen grote meerprijs oplevert door de verstrenging van de maatregelen.

#### 10.4.3 Case 3: Appartementgebouw

EPB-eisen	Datum aanvraag bouwvergunning		
		Huidige toestand 2012	Eis 2021
<b>K-PEIL VOLUME</b>			
Thermische isolatie	K-peil	35	40
<b>EPB-EENHEID</b>	APPARTEMENT 1		
Thermische isolatie	$U_{max}$ - $R_{min}$ -waarden •Gemene muur buitenomg. •Gemene muur AVR •Vloer •Ramen  •Overige schildelen	0,30 W/m <sup>2</sup> K  0,73 W/m <sup>2</sup> K  0,35 W/m <sup>2</sup> K U = 2 W/m <sup>2</sup> K U <sub>g</sub> = 1,1 W/m <sup>2</sup> K Voldoen aan de geldende eis van 2021	0,24 W/m <sup>2</sup> K  0,6 W/m <sup>2</sup> K  0,24 W/m <sup>2</sup> K U = 1,5 W/m <sup>2</sup> K U <sub>g</sub> = 1,1 W/m <sup>2</sup> K
Energieprestatie	E-peil	64	30
Netto-energiebehoefte		66,78 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup>

			→ ≤70 kWh/m <sup>2</sup>
<i>Binnenklimaat</i>	Ventilatie	Aanwezig C+ systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	9712 Kh M.b.v. nieuwe berekening Epicool: 6563,2 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
<i>Hernieuwbare energie</i>		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 27
<i>EPB-EENHEID</i>	APPARTEMENT 2		
<i>Thermische isolatie</i>	U <sub>max</sub> - R <sub>min</sub> - waarden		
	•Gemene muur buitenomg.	0,30 W/m <sup>2</sup> K	0,24 W/m <sup>2</sup> K
	•Gemene muur AVR	0,73 W/m <sup>2</sup> K	0,6 W/m <sup>2</sup> K
	•Ramen	U = 2 W/m <sup>2</sup> K U <sub>g</sub> = 1,1 W/m <sup>2</sup> K	U = 1,5 W/m <sup>2</sup> K U <sub>g</sub> = 1,1 W/m <sup>2</sup> K
•Overige schildelen	Voldoen aan de geldende eis van 2014- 2015		
<i>Energieprestatie</i>	E-peil	71	30
<i>Netto-energiebehoefte</i>		36,37 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100- 25xC kWh/m <sup>2</sup> → ≤70 kWh/m <sup>2</sup>
<i>Binnenklimaat</i>	Ventilatie	Aanwezig C+ systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	18884,23 Kh M.b.v. nieuwe berekening Epicool: 22072,34 Kh	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh
<i>Hernieuwbare energie</i>		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil ≤ 27
<i>EPB-EENHEID</i>	APPARTEMENT 3		
<i>Thermische isolatie</i>	U <sub>max</sub> - R <sub>min</sub> - waarden		
	•Gemene muur AVR	0,73 W/m <sup>2</sup> K	0,6 W/m <sup>2</sup> K
	•Ramen	U = 2,0 W/m <sup>2</sup> K U <sub>g</sub> = 1,1 W/m <sup>2</sup> K	U = 1,5 W/m <sup>2</sup> K U <sub>g</sub> = 1,1 W/m <sup>2</sup> K
	•Overige schildelen	Voldoen aan de geldende eis van 2014- 2015	
<i>Energieprestatie</i>	E-peil	70	30
<i>Netto-energiebehoefte</i>		34,82 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100- 25xC kWh/m <sup>2</sup> → ≤70 kWh/m <sup>2</sup>
<i>Binnenklimaat</i>	Ventilatie	Aanwezig C+ systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	16472,92 Kh M.b.v. nieuwe	≤6500 Kh Drempelwaarde 1000 Kh

		berekening Epicool: 20416,44 Kh	
<i>Hernieuwbare energie</i>		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil $\leq 27$
<b>EPB-EENHEID</b>	<b>GEMEENSCHAPPELIJK GEDEELTE</b>		
<i>Thermische isolatie</i>	U <sub>max</sub> - R <sub>min</sub> -waarden •Gemene muur AVR •Overige schildelen	0,73 W/m <sup>2</sup> K  Voldoen aan de geldende eis van 2014-2015	0,6 W/m <sup>2</sup> K

Tabel 36: Vergelijking EPB-eisen 2012-2021 van case 3

### **Bouwkundige maatregelen**

De bouwkundige maatregelen om de cases te laten voldoen aan de EPB-eis van 2021 zijn dezelfde dan de bouwkundige maatregelen voor de aanpassingen aan de EPB-eisen van 2016. Dit omwille van dat de thermische isolatie eisen nadien niet meer worden verstrengd.

Voor case 3 betekent dit het volgende:

	<b>Datum aanvraag bouwvergunning</b>		
<b>EPB-eisen</b>		<i>Doorvoeren bouwkundige maatregelen</i>	<i>Eis 2016</i>
<i>K-PEIL VOLUME</i>			
<i>Thermische isolatie</i>	K-peil	30	40
<b>EPB-EENHEID</b>	<b>APPARTEMENT 1</b>		
<i>Thermische isolatie</i>	U <sub>max</sub> - R <sub>min</sub> -waarden	OK	
<i>Energieprestatie</i>	E-peil	56	50
<i>Netto-energiebehoefte</i>		49,81 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup> → $\leq 70$ kWh/m <sup>2</sup>
<i>Binnenklimaat</i>	Ventilatie	Aanwezig C+ systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	6020,75 Kh	$\leq 6500$ Kh Drempelwaarde 1000 Kh
<i>Hernieuwbare energie</i>		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil $\leq 45$
<b>EPB-EENHEID</b>	<b>APPARTEMENT 2</b>		
<i>Thermische isolatie</i>	U <sub>max</sub> - R <sub>min</sub> -waarden	OK	
<i>Energieprestatie</i>	E-peil	52	50
<i>Netto-energiebehoefte</i>		33,93 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup> → $\leq 70$ kWh/m <sup>2</sup>
<i>Binnenklimaat</i>	Ventilatie	Aanwezig C+ systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico	5002,71 Kh	$\leq 6500$ Kh

	oververhitting		Drempelwaarde 1000 Kh
<i>Hernieuwbare energie</i>		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil $\leq 45$
<i>EPB-EENHEID</i>	APPARTEMENT 3		
<i>Thermische isolatie</i>	$U_{\max}$ - $R_{\min}$ -waarden	OK	
<i>Energieprestatie</i>	E-peil	54	50
<i>Netto-energiebehoefte</i>		31,25 kWh/m <sup>2</sup>	Max 70 kWh/m <sup>2</sup> of 100-25xC kWh/m <sup>2</sup> → $\leq 70$ kWh/m <sup>2</sup>
<i>Binnenklimaat</i>	Ventilatie	Aanwezig C+ systeem	Minimaal aandeel vereist
	Beperkt risico oververhitting	5236,80 Kh	$\leq 6500$ Kh Drempelwaarde 1000 Kh
<i>Hernieuwbare energie</i>		Niet aanwezig	Minimumaandeel vereist of E-peil $\leq 45$
<i>EPB-EENHEID</i>	GEMEENSCHAPPELIJK GEDEELTE		
<i>Thermische isolatie</i>	$U_{\max}$ - $R_{\min}$ -waarden	OK	

Tabel 37: Tabel 38: Vergelijking EPB-niveaus case 3 na doorvoering bouwkundige maatregelen met EPB-eis 2021

De kostprijs van de doorgevoerde bouwkundige maatregelen is:

<b>Kostprijs bouwkundige maatregelen case 3</b>	
<i>Thermische isolatie</i>	Gemene muur, buitenomgeving €539[48] <sup>25</sup> Gemene muur, AVR €864,3 [53] Vloer, appartement 1 €1027,02 [54]
<i>Raamkozijnen</i>	Richtmeerprijs €8600 [49]
<i>Blowerdoortest</i>	€665,5 x 3 = €1996,5 [45]
<i>Zonnewering</i>	€1846 [50]

Tabel 39: Kostprijs toegepaste bouwkundige maatregelen case 3, EPB-eisen 2021

<sup>25</sup> [48] Rockwool Rockfit, kostprijs Rockwool, [www.nl.rockwool.be/files/RW-BNL/6\\_Downloads/Prijslijst\\_2014\\_RW\\_BE.pdf](http://www.nl.rockwool.be/files/RW-BNL/6_Downloads/Prijslijst_2014_RW_BE.pdf)

[53] Isolatie online, Recticel Eurowall, <http://www.isolatie-online.be/detail.asp?ID=937>

[54] Isolatie-info, Gespoten PUR, <http://www.isolatie-info.be/isoleren/gespoten-vloerisolatie-pur.html>

[49] Livios, Richtprijzen buitenschrijnwerk.

<http://www.livios.be/nl/bouwfasen/ruwbouw/ramen-en-deuren/richtprijzen-buitenschrijnwerk/>

[45] Blowerdoortest, kostprijs, <http://www.blowerdoortests.be/luchtdichtheid/kostprijs-tarief-blowerdoortest-luchtdichtheidsmeting-woningen>

[50] Markantzonwering, screens, <http://www.markantzonwering.nl/screens>

### ***Installatietechnische maatregelen***

In grafiek (E-peil 7.2.3 Case 3: Appartementsgedebouw) kan er opgemerkt worden dat de installatietechnische maatregelen gedimensioneerd volgens de minimale eis voor een hernieuwbare energiebron niet voldoen om een E-peil van E30 of lager te halen. Omwille van die reden zullen er combinaties met de verschillende hernieuwbare energiebronnen gemaakt moeten worden. Of zal de fotovoltaïsche installatie groter gedimensioneerd moeten worden.

Een eerste maatregel bestaat erin de zonneboiler te combineren met een fotovoltaïsch systeem. Er wordt geopteerd om een Verisol300 in combinatie te laten werken met een fotovoltaïsch systeem. Het fotovoltaïsch systeem bestaat per EPB-eenheid uit juist voldoende PV-panelen om een E-peil van E30 te halen.

- Appartement 1:  
Verisol300 + 8 PV-panelen, 2000 Wp
- Appartement 2:  
Verisol300 + 5 PV-panelen, 1250 Wp
- Appartement 3:  
Verisol300 + 5 PV-panelen, 1250 Wp

Een volgende maatregel bestaat erin om de warmtepomp te combineren met een fotovoltaïsch systeem met juist voldoende PV-panelen.

- Appartement 1:  
Vitocal 300G+ 6 PV-panelen, 1500 Wp
- Appartement 2:  
Vitocal 300G + 5 PV-panelen, 1250 Wp
- Appartement 3:  
Vitocal 300G + 5 PV-panelen, 1250 Wp

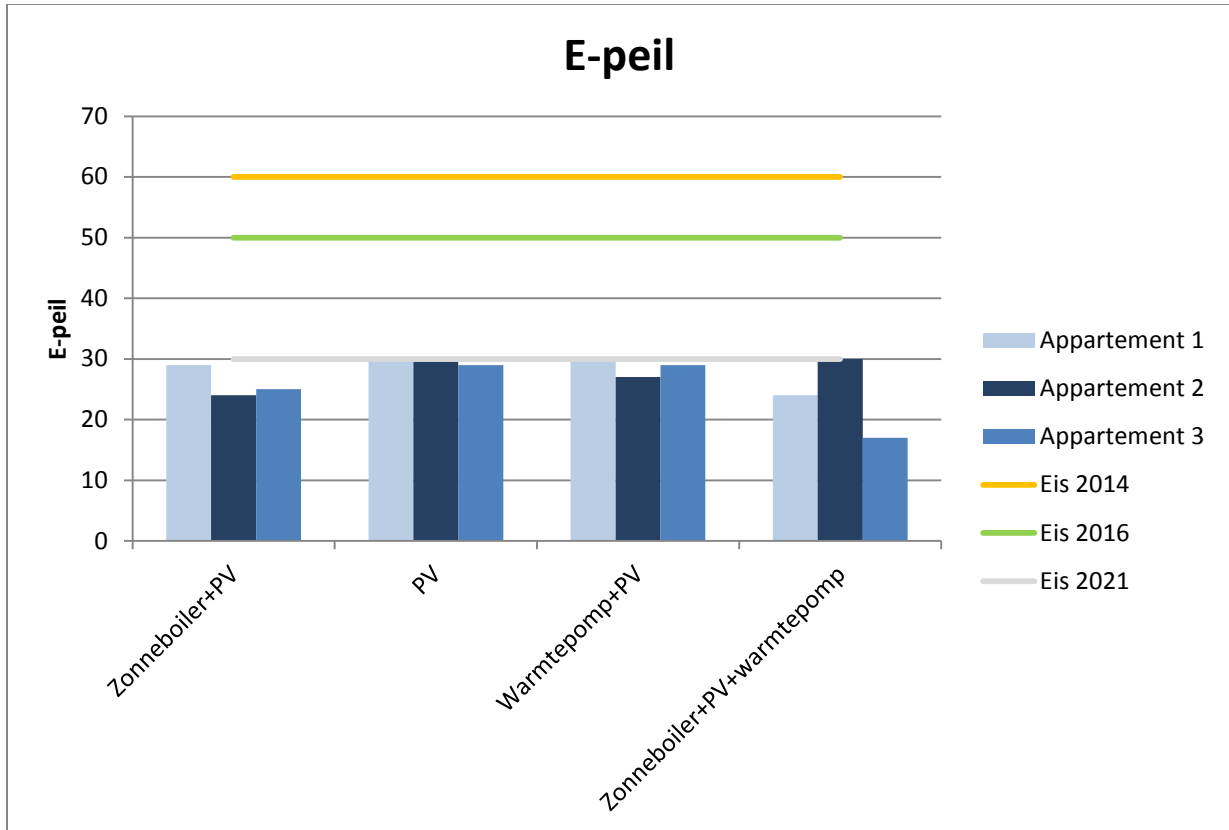
Een derde maatregel bestaat erin om enkel een fotovoltaïsch systeem te installeren met een maximum opbrengst van 3480 kWh per EPB-eenheid.

- Appartement 1:  
13 PV-panelen, 3250 Wp
- Appartement 2:  
8 PV-panelen, 2000 Wp
- Appartement 3:  
9 PV-panelen, 2250 Wp

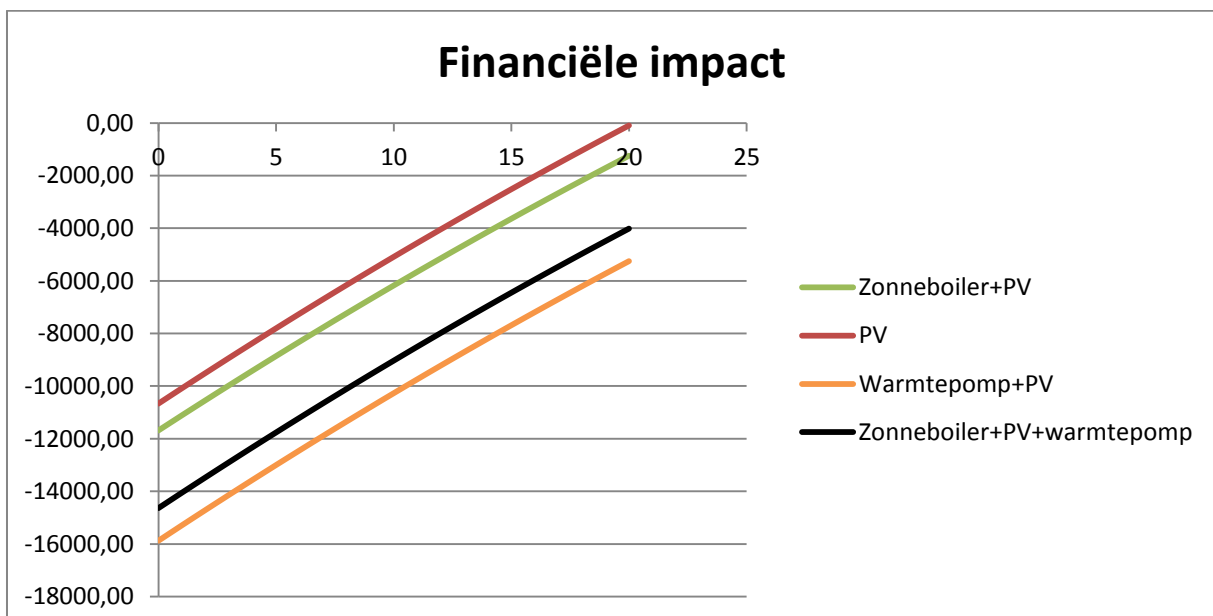
Een laatste maatregel is een combinatie van een warmtepomp voor de ruimteverwarming, de zonneboilerinstallatie voor het sanitair warm water en waar nodig aangevuld met een fotovoltaïsch systeem om een E-peil van  $\leq$  E30 te halen.

- Appartement 1:  
Verisol 300 + Vitocal300G + 5 PV-panelen, 1250 Wp
- Appartement 2:  
Verisol 300 + Vitocal300G
- Appartement 3:  
Verisol 300 + Vitocal300G + 5 PV-panelen, 1250 Wp

### Aangepaste Case 3: Appartementgebouw



Figuur 20: E-peil case 3 na doorvoering bouwkundige en installatietechnische maatregelen voor EPB-eisen 2021



Figuur 21: Financiële impact van de doorgevoerde maatregelen in case 3 voor EPB-eisen 2021

Uit Figuur 21 kan besloten worden dat, om case 3 aan te passen aan de EPB-eisen van 2021, de PV-installatie economisch gezien het best presteert. De maatregel betreffende

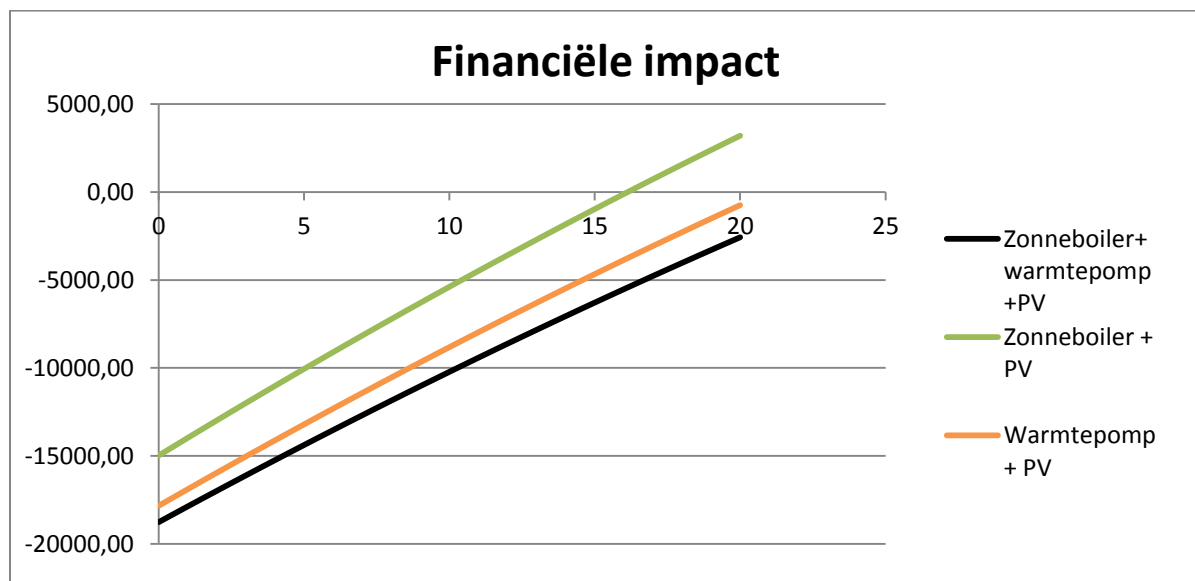


de zonneboiler in combinatie met een PV-installatie is eveneens een te overwegen maatregel.

De warmtepomp in combinatie met een PV-installatie, de warmtepomp in combinatie met de zonneboiler en de PV-installatie alleen hebben voor case 3 een te hoge investeringskost met een te lage jaarlijkse besparing om een interessante maatregel te zijn.

#### 10.4.4 Besluiten haalbaarheid EPB-eisen 2021-BEN o.b.v. de 3 cases

Op basis van de 3 cases kan besloten worden de verstrengde EPB-eisen van 2021 haalbaar zijn. Bijkomend is er het feit dat m.b.v. de juiste maatregelen er slechts een beperkte meerkost in rekening moet gebracht worden om deze EPB-eisen te halen.



Figuur 22: Oppervlakte gewogen gemiddelde van de financiële impact van case 1 en 2 voor EPB-eisen 2021

Figuur 22 geeft het oppervlakte gewogen gemiddelde van de financiële impact van cases 1 en 2 weer. Case 3 wordt hier niet bij in rekening gebracht omwille van dat in 2021 de EPB-eisen voor een appartementsgebouw op een andere efficiënte manier kunnen bereikt worden dan de toegepaste maatregelen voor vrijstaande woningen zoals case 1 en 2. Zie Figuur 20 voor de financiële impact van de toegepaste maatregelen bij case 3.

Voor de vrijstaande woningen van case 1 en 2 geldt dat de maatregelen:

- Zonneboiler + PV-installatie
- Warmtepomp + PV-installatie

het beste zijn om toe te passen. Omwille van het verplichte lage E-peil zullen er grote PV-installaties geïnstalleerd moeten worden. Dit resulteert jaarlijks in een grote besparing op elektriciteit. Hierdoor zal er na 20 jaar m.b.v. deze maatregelen een financieel voordeel gecreëerd kunnen worden.

De maatregel betreffende de combinatie van de zonneboiler met de warmtepomp en PV-installatie kan bij de vrijstaande woningen toegepast worden maar is voor case 1 en 2 niet de optimale maatregel.

Voor een appartementsgebouw, gebaseerd op case 3, is de EPB-eis van 2021 eveneens haalbaar. Hier is de toepassing van een photovoltaïsch systeem de meest financieel verantwoorde mogelijkheid. Verder kan de maatregel van zonneboiler in combinatie met een PV-installatie een te overwegen maatregel zijn.

## **11. Conclusie**

### **11.1 Conclusie resultaten cases**

In dit onderdeel wordt een algemeen overzicht weergegeven van de conclusies betreffende efficiëntie van de toegepaste maatregelen om de cases aan te passen aan de EPB-eisen van 2014, 2016 en 2021.

Eerst en vooral kan er opgemerkt worden dat de verstrengde EPB-eisen tot 2021 technisch en economisch haalbaar zijn binnen de huidige architecturale vormgeving, geldend voor de 3 specifieke cases. Zo kunnen de woningen aangepast worden tot ze de desbetreffende EPB-eisen behalen door het toepassen van bouwkundige maatregelen in combinatie met installatietechnische maatregelen. Zoals reeds in de randvoorwaarden is vermeld, werd omwille van de grote te realiseren dalingen van het E-peil bij de installatietechnische maatregelen enkel gefocust op de maatregelen met betrekking tot hernieuwbare energiebronnen.

We merken voor de 3 specifieke cases doorheen de verstrengde eisen van 2014 naar 2021 een bepaalde trend op wat betreft de meest economische maatregel. Zo is de efficiëntste installatietechnische maatregel om de 3 cases te laten voldoen aan de verstrengde EPB-eisen van 2014 een PV-installatie of een zonneboilerinstallatie die gedimensioneerd zijn volgens de minimale opgelegde hernieuwbare energie-eisen. Bij de verdere verstrenging van de EPB-eisen van 2016 is de PV-installatie de meest efficiëntste maatregel voor de 3 cases. Voor de uiteindelijke doelstelling van BEN-eisen in 2021 bekomen we uit de cases voor een vrijstaande woning zoals case 1 en 2 een efficiëntste installatietechnische maatregel van een zonneboilerinstallatie in combinatie met een PV-installatie. Voor het appartementsgebouw van case 3 blijft net als de maatregel voor 2016 de PV-installatie de efficiëntste.

De voorgaande conclusies met betrekking tot de meest efficiënte maatregelen zijn enkel geldend voor de drie specifieke cases binnen het huidige architecturale concept. De cases zijn telkens verwarmd via een bivalent systeem op basis van aardgas. Deze conclusies zijn dan ook zeer afhankelijk van de geldende energieprijzen en van de gebruikte installaties. Alsook van hun specifiek ontwerp omtrent de compactheid, het glasoppervlakte en de oriëntatie. Zo zijn de 3 cases allemaal met de achtergevel naar het zuidoosten georiënteerd. De bekomen resultaten kunnen niet veralgemeend worden tot alle mogelijke gevallen en zullen telkens individueel benaderd moeten worden waardoor de investeringskost, en de jaarlijkse besparingen kunnen verschillen.

Dit onderzoek biedt verscheidene invalshoeken voor bijkomend onderzoek betreffende dit onderwerp. Enerzijds kan het onderzoek uitgebreid worden met meer cases. Op die manier zouden er statistisch gebaseerde conclusies gevormd kunnen worden. Verder is er ook een mogelijkheid tot uitbreiding tot het Waals en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Waardoor vergelijkingen kunnen gemaakt worden voor de drie Gewesten die aanleiding geven tot het beschrijven van de economische haalbaarheid van de EPB-eisen en de daarbij horende economisch efficiëntste maatregelen voor België. Vervolgens bestaat er ook een mogelijkheid om de economisch optimaalste combinatie van bouwkundige en installatietechnische maatregelen te onderzoeken voor het bekomen van de EPB-eisen.

## 11.2 Invloedsfactoren op economische haalbaarheid van toegepaste maatregelen

### 11.2.1 Energieprijzen

Een eerste parameter die de resultaten kan beïnvloeden, bestaat uit de energieprijzen. De energievormen die gebruikt worden in de behandelde cases zijn aardgas en elektriciteit. Zo is er geen rekening gehouden om de installaties om te vormen tot stookolie-installaties waarvan de energieprijs verschilt met de energieprijs van aardgas.

Ten eerste wordt de totale benodigde hoeveelheid aardgas bepaald door behoefte aan verwarming, koeling en warm tapwater. Ten tweede wordt de totale hoeveelheid elektriciteit bepaald door de hoeveelheid hulpenergie die er nodig is.

Om de jaarlijkse besparing te berekenen door het invoeren van de hernieuwbare energiesystemen, wordt de benodigde hoeveelheid aardgas of elektriciteit voor 2014, 2016 en 2021 vergeleken met de benodigde hoeveelheid aardgas of elektriciteit van de cases in zijn bestaande vorm. De besparing van aardgas en elektriciteit wordt dan vermenigvuldigd met de geldende eenheidsprijzen.

De besparingen uitgedrukt in kWh zullen voor de doorgevoerde maatregelen constant blijven voor de 3 cases, maar de eenheidsprijzen van aardgas en elektriciteit kunnen wel variëren in de toekomst.

Zo kan er opgemerkt worden dat de geldende energieprijzen voor aardgas (€0,06/kWh) en elektriciteit (€0,2/kWh) sterk verschillen. Op die manier hebben de maatregelen of maatregelpakketten die invloed hebben op de besparing van elektriciteit door elektriciteit via een hernieuwbare manier op te wekken een grotere besparing per kWh. Echter het aardgasverbruik van een gemiddeld gezin ligt aanzienlijk hoger dan het elektriciteitsverbruik van een gemiddeld gezin. Een wijziging van deze energieprijzen heeft een zeer grote invloed op de resultaten.

Indien de aardgasprijs hoger ligt, zullen de maatregelen of maatregelpakketten die invloed hebben op de ruimteverwarming of de verwarming van sanitair warm water sneller terugverdiend zijn. De jaarlijkse besparingen van deze maatregelen of maatregelpakketten zullen aanzienlijk hoger liggen. Dit wordt gevisualiseerd doordat de hellingen van de curves van deze maatregelen, grafieken "Financiële impact", steiler worden waardoor de x-as sneller zal gekruist worden.

Indien de elektriciteitsprijs nog hoger zou liggen, zal de maatregel waarbij een PV-systeem ingevoerd wordt, sneller terugverdiend worden. Hierdoor zal de maatregel met een PV-systeem meer maatgevend worden in de toekomst.

Echter indien de aardgasprijs stijgt en de elektriciteitsprijs daalt per kWh zal de efficiëntie van de toegepaste maatregelen of maatregelenpakketten wijzigen. Hierdoor zal het bekomen resultaat waarbij de PV-panelen, aangevuld met het zonneboilersysteem wanneer het maximaal verbruik van elektriciteit al wordt opgewekt door de PV-installatie primieren op efficiëntste kunnen veranderen in een ander maatregelpakket.

Dit geeft aan dat de energieprijzen zeer bepalend zijn voor de verkregen resultaten.

### **11.2.2 Toegepaste installaties**

De toegepaste installaties werden vooraf geselecteerd en toegepast in de drie cases. Deze installaties werden behouden bij de verstrenging van de EPB-eisen en in combinatie geïnstalleerd met een andere installatie wanneer de EPB-eisen niet gehaald werden. Zo konden de verschillende cases vergeleken worden.

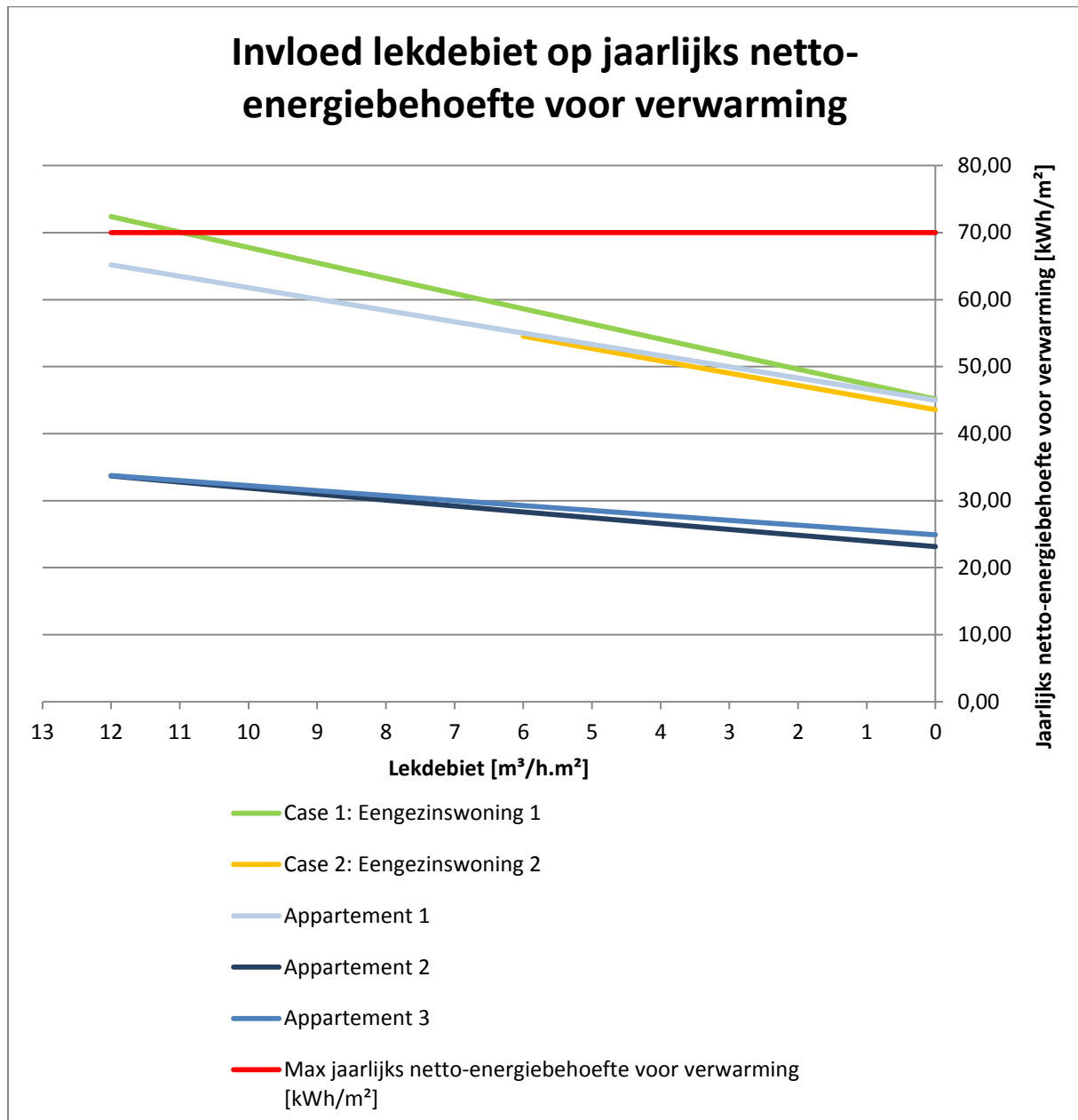
Voor een individueel project is het echter aangeraden om dit project individueel te benaderen. Zo is een PV-installatie bij een woning met een hellend dak waarbij de panelen niet naar het zuiden gericht kunnen worden geen optimale keuze. Het rendement van deze installatie zal aanzienlijk lager liggen. Daarnaast kan er ook geopteerd worden voor een andere warmtepomp of zonneboilerinstallatie. Daarbij zullen de investeringskosten en jaarlijkse besparingen kunnen verschillen van de bekomen waarden in dit onderzoek.

### 11.2.3 Luchtdichtheid

Een derde parameter die de resultaten kan beïnvloeden, is de luchtdichtheid.

De luchtdichtheid wordt bij ontstentenis beschouwd als  $12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$ . Deze luchtdichtheid kan theoretisch verbeterd worden tot een waarde van  $0 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$ .

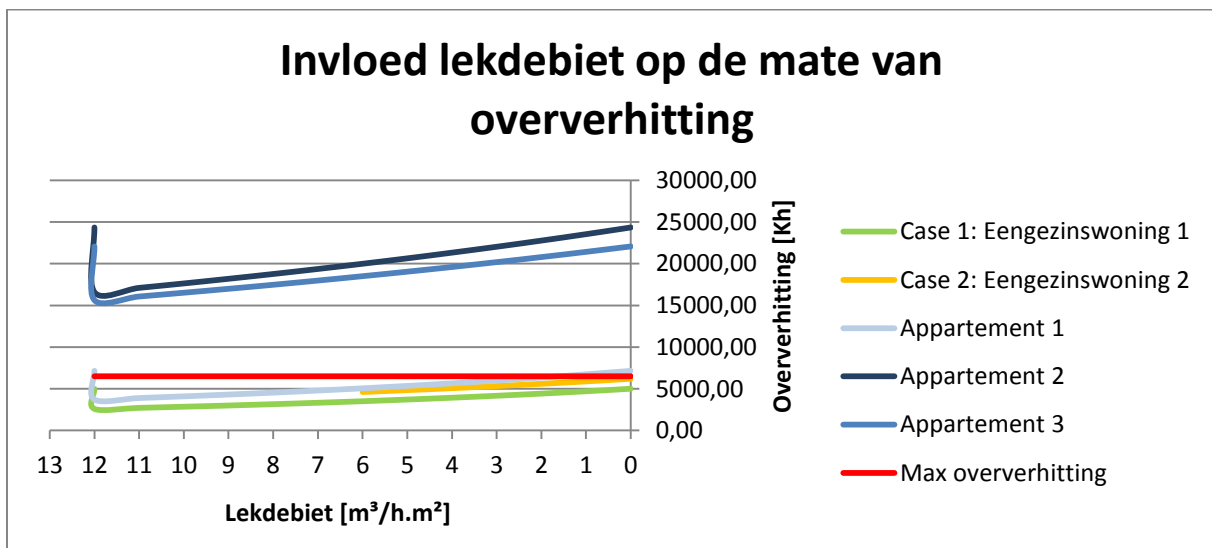
Indien de luchtdichtheid verbetert en de waarde voor het lekdebiet daalt, zal de jaarlijkse netto-energiebehoefte voor verwarming verminderen. De volgende grafiek geeft het verband weer tussen lekdebiet en de jaarlijkse netto-energiebehoefte voor verwarming voor de drie cases waarvan de gebouwschil aangepast is aan de EPB-eisen 2014, maar waarbij nog geen installatietechnische maatregelen doorgevoerd zijn:



Figuur 23: Invloed lekdebiet op het jaarlijks netto-energiebehoefte voor verwarming

Verder kan van deze Figuur ook afgeleid worden dat EPB-eenheden met een grote compactheid een kleinere jaarlijkse netto-energiebehoefte voor verwarming hebben. Maar de reductie van het jaarlijks netto-energiebehoefte voor verwarming in functie van de daling van het lekdebiet is kleiner dan voor EPB-eenheden met een kleine compactheid.

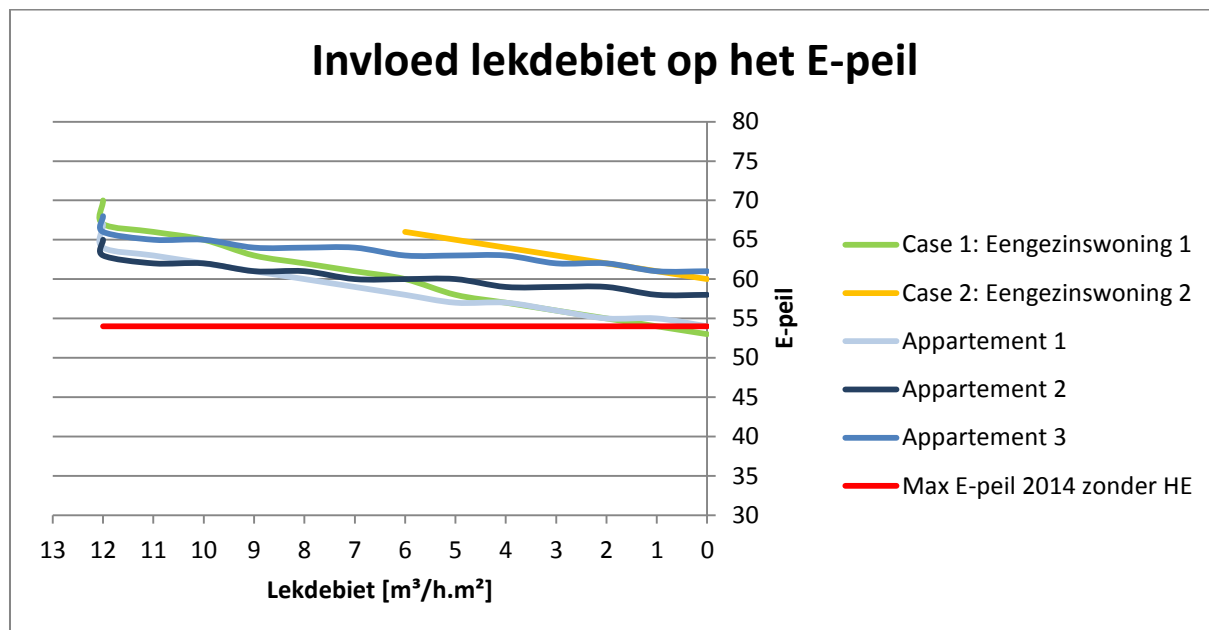
Indien de luchtdichtheid verbetert en de waarde voor het lekdebiet daalt, vergroot het risico op oververhitting. Figuur 24 toont het verband tussen lekdebiet en risico op oververhitting voor de drie cases waarvan de gebouwschil aangepast is aan de EPB-eisen 2014, maar waarbij nog geen installatietechnische maatregelen doorgevoerd zijn. Door een verbeterde luchtdichtheid stijgt het risico op oververhitting. De grootste invloed is te merken bij EPB-eenheden met een grote compactheid zoals appartement-eenheden.



Figuur 24: Invloed lekdebiet op de mate van oververhitting

De waarde voor oververhitting bij lekdebiet  $12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  heeft 2 waarden. Dit heeft te maken met de waarde bij ontstentenis van het lekdebiet en de gekende waarde van het lekdebiet van  $12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$ . Bij waarde bij ontstentenis rekent software 3G 5.0 met de slechts mogelijke waarde. Dit is i.v.m. met de oververhitting gelijk aan een lekdebiet van  $0 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$

De volgende grafiek geeft het verband weer tussen lekdebiet en E-peil voor de drie cases waarvan de gebouwschil aangepast is aan de EPB-eisen 2014, maar waarbij nog geen installatietechnische maatregelen doorgevoerd zijn:



Figuur 25: Invloed lekdebiet op het E-peil

Een algemene tendens wordt weergegeven waarbij de luchtdichtheid verbetert en de waarde van het lekdebiet daalt, zal het E-peil ook verlagen. De knik in de curves bij lekdebiet  $12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  is afkomstig van de berekeningswijze van de software 3G 5.0 bij de waarde bij ontstentenis van het lekdebiet. Hierbij zal de software 3G 5.0 rekenen met het slechts mogelijke. De software 3G 5.0 veronderstelt hierbij een lekdebiet  $0 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  voor de berekening van de oververhitting en een lekdebiet van  $12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  voor de berekening van de netto-energiebehoefte voor ruimteverwarming en beide hebben een invloed op het E-peil. Dit fenomeen wordt verder verklaart onder "8.3.2 Invoer luchtdichtheid".

Als algemeen besluit over luchtdichtheid kan gesteld worden dat het belangrijk is om de juiste waarde te kennen van het lekdebiet. Indien deze waarde niet gekend is, neemt de software 3G 5.0 de WBO aan. Deze waarde leidt tot een verhoogd E-peil in vergelijking met de normale werkelijke waarde. Uit praktijkervaringen van begeleidend ingenieursbureau V-consult bvba blijkt dat een waarde van  $6 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  als lekdebiet haalbaar is zonder veel extra inspanningen. Uit bovenstaande grafiek blijkt duidelijk dat, voor de behandelde cases, het E-peil 5 à 10 punten lager kan liggen indien de waarde voor het lekdebiet  $6 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  genomen wordt i.p.v.  $12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  als WBO. Dit zorgt er ook voor dat de strengere EPB-eisen in de toekomst gemakkelijker kunnen gehaald worden.

Omwille van bovenstaande reden verdient het de aanbeveling om een eis rond luchtdichtheid en het bijhorende lekdebiet mee op te nemen in de EPB-regelgeving.



## 11.3 Opmerkingen invoer Software 3G 5.0

### 11.3.1 Invoer kelderdeuren

Er is een opmerkelijk verschil tussen het gebruik van de eenvoudige en gedetailleerde berekeningswijze bij de invoer van een kelderdeur.

- Bij het gebruik van de eenvoudige berekeningsmethode moet in de software het soort kelderruimte ingegeven worden. Hiervoor is er de keuze tussen kelder met of zonder buitenvenster of buitendeur.
- Bij het gebruik van de gedetailleerde berekeningsmethode vraagt de software de blootgestelde omtrek in te geven. Deze omtrek heeft betrekking tot de totale horizontale lengte van de vloer die in contact is met de buitenomgeving of met een aangrenzend onverwarmde ruimte.

Toegepast op case 2 geeft dit het volgende verschil:

- Met de eenvoudige methode wordt een  $U_{eq}$ -waarde bekomen van  $3.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ .
- Met de gedetailleerde methode en correcte blootgestelde omtrek wordt een  $U_{eq}$ -waarde bekomen van  $1.78 \text{ W/m}^2\text{K}$ .
- Indien de gedetailleerde berekeningsmethode gebruikt wordt en er wordt zwaar overdreven met de invoer van de blootgestelde omtrek, bv. 500 m, wordt een  $U_{eq}$ -waarde bekomen van  $2,68 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Als conclusie kan gesteld worden dat het steeds voordeliger is om de gedetailleerde berekeningsmethode te gebruiken bij de invoer van een kelderdeur. Zelfs indien de blootgestelde vloeromtrek vergroot wordt, zal deze manier van invoer tot een kleinere  $U_{eq}$ -waarde leiden.

### 11.3.2 Invoer luchtdichtheid

Er is een beduidend verschil tussen de invoer van het lekdebiet met waarde  $12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  enerzijds als gekende waarde en anderzijds als WBO.

Indien het lekdebiet niet gekend is, wordt normaal gekozen voor de WBO. De software 3G 5.0 gebruikt hiervoor een lekdebiet van  $12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$ .

Indien het lekdebiet wel gekend is, wordt de gekende en gemeten waarde ingevuld als geldende waarde van het lekdebiet. Deze waarde ligt normaal lager dan de waarde van  $12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  die door de software 3G 5.0 gehanteerd wordt als WBO.

In het onderzoek van deze masterproef werd opgemerkt dat indien de waarde van het lekdebiet niet gekend is, het ook mogelijk is om de waarde  $12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  zelf in te geven als gekende waarde. Dit geeft enkele beduidende verschillen met de situatie van lekdebiet  $12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  als waarde bij ontstentenis:

- Indien de waarde  $12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  zelf ingegeven wordt, is de  $E_p$ ,koeling lager.
- Indien de waarde bij ontstentenis genomen wordt, wordt de jaarlijkse netto-energiebehoefte voor verwarming berekend met een waarde  $12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  voor het lekdebiet.

- Indien de waarde bij ontstentenis genomen wordt, wordt de oververhitting berekend met een waarde  $0 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  voor het lekdebiet. Dit komt doordat het risico op oververhitting het grootst is bij een lekdebiet van  $0 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$ .
- Indien de waarde  $12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  zelf ingegeven wordt, ligt het E-peil, gemiddeld voor de behandelde cases, 2 à 4 punten lager. Dit komt doordat voor de berekening van het E-peil verschillende factoren in rekening gebracht worden zoals beschreven in "6.3 Berekening E-peil". Het verschil in E-peil ligt in het feit dat er voor waarde bij ontstentenis gerekend wordt met een lekdebiet  $0 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  voor berekening van de oververhitting, terwijl er bij de zelf ingegeven waarde van  $12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  gerekend wordt met een lekdebiet van  $12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  voor de berekening van de oververhitting. Dit risico op oververhitting is één van de meegenomen factoren in de berekening van het E-peil.

## 12. Bijlagen

<b>Bijlage</b>	<b>Beschrijving</b>	<b>Bestandsnaam (cd-rom)</b>
<b>Bijlage 1</b>	U <sub>max</sub> - en R <sub>min</sub> -waarden Vlaams Gewest 2012 - 2013	B1
<b>Bijlage 2</b>	U <sub>max</sub> - en R <sub>min</sub> -waarden Vlaams Gewest 2014-2015	B2
<b>Bijlage 3</b>	U <sub>max</sub> - en R <sub>min</sub> -waarden Vlaams Gewest 2016-2017	B3
<b>Bijlage 4</b>	U <sub>max</sub> - en R <sub>min</sub> -waarden Vlaams Gewest 2021 (BEN)	B4
<b>Bijlage 5</b>	Isolatie Mupan Facade prijslijst 2013	B5
<b>Bijlage 6</b>	Isolatie Styrofoam prijslijst 2012	B6
<b>Bijlage 7</b>	Beglazing Saint-Gobain prijslijst	B7
<b>Bijlage 8</b>	Isolatie Rockwool prijslijst	B8
<b>Bijlage 9</b>	Zonnewering Verano_soltis86_2001 technische fiche	B9
<b>Bijlage 10</b>	Zonneboiler Viessmann Verisol 250 technische fiche	B10
<b>Bijlage 11</b>	Zonneboiler Viessmann Verisol 300 technische fiche	B11
<b>Bijlage 12</b>	Zonneboiler Viessmann Verisol 400 technische fiche	B12
<b>Bijlage 13</b>	Warmtepomp Vitocal 300G BWC	B13
<b>Bijlage 14</b>	WKK Marathon Engine Ecopower technische fiche	B14
<b>Bijlage 15</b>	Zonnepanelen prijsofferte 5 panelen	B15
<b>Bijlage 16</b>	Zonnepanelen prijsofferte 6 panelen	B16
<b>Bijlage 17</b>	Zonnepanelen prijsofferte 7 panelen	B17
<b>Bijlage 18</b>	Zonnepanelen prijsofferte 8 panelen	B18
<b>Bijlage 19</b>	Zonnepanelen prijsofferte 9 panelen	B19
<b>Bijlage 20</b>	Zonnepanelen prijsofferte 10 panelen	B20
<b>Bijlage 21</b>	Zonnepanelen prijsofferte 11 panelen	B21
<b>Bijlage 22</b>	Zonnepanelen prijsofferte 12 panelen	B22
<b>Bijlage 23</b>	Zonnepanelen prijsofferte 13 panelen	B23
<b>Bijlage 24</b>	Zonnepanelen prijsofferte 14 panelen	B24
<b>Bijlage 25</b>	Zonnepanelen prijsofferte	B25

	15 panelen	
<b>Bijlage 26</b>	Zonnepanelen prijsofferte 16 panelen	B26
<b>Bijlage 27</b>	Zonnepanelen prijsofferte 17 panelen	B27
<b>Bijlage 28</b>	EPB-verslag case 1: EPB 2012	B28
<b>Bijlage 29</b>	EPB-verslag case 1: EPB 2014 PV-systeem	B29
<b>Bijlage 30</b>	EPB-verslag case 1: EPB 2014 zonneboiler	B30
<b>Bijlage 31</b>	EPB-verslag case 1: EPB 2014 warmtepomp	B31
<b>Bijlage 32</b>	EPB-verslag case 1: EPB 2014 WKK	B32
<b>Bijlage 33</b>	EPB-verslag case 2: EPB 2012	B33
<b>Bijlage 34</b>	EPB-verslag case 2: EPB 2014 zonneboiler	B34
<b>Bijlage 35</b>	EPB-verslag case 2: EPB 2014 PV-systeem	B35
<b>Bijlage 36</b>	EPB-verslag case 2: EPB 2014 warmtepomp	B36
<b>Bijlage 37</b>	EPB-verslag case 2: EPB 2014 WKK	B37
<b>Bijlage 38</b>	EPB-verslag case 3: EPB 2012	B38
<b>Bijlage 39</b>	EPB-verslag case 3: EPB 2014 zonneboiler	B39
<b>Bijlage 40</b>	EPB-verslag case 3: EPB 2014 PV-systeem	B40
<b>Bijlage 41</b>	EPB-verslag case 3: EPB 2014 warmtepomp	B41
<b>Bijlage 42</b>	EPB-verslag case 3: EPB 2014 WKK	B42
<b>Bijlage 43</b>	EPB-verslag case 1: EPB 2016 zonneboiler	B43
<b>Bijlage 44</b>	EPB-verslag case 1: EPB 2016 PV-systeem	B44
<b>Bijlage 45</b>	EPB-verslag case 1: EPB 2016 zonneboiler + PV- systeem	B45
<b>Bijlage 46</b>	EPB-verslag case 1: EPB 2016 warmtepomp	B46
<b>Bijlage 47</b>	EPB-verslag case 1: EPB 2016 WKK	B47
<b>Bijlage 48</b>	EPB-verslag case 2: EPB 2016 zonneboiler	B48
<b>Bijlage 49</b>	EPB-verslag case 2: EPB 2016 PV-systeem	B49
<b>Bijlage 50</b>	EPB-verslag case 2: EPB 2016 warmtepomp	B50
<b>Bijlage 51</b>	EPB-verslag case 2: EPB 2016 zonneboiler + PV- systeem	B51

<b>Bijlage 52</b>	EPB-verslag case 3: EPB 2016 zonneboiler	B52
<b>Bijlage 53</b>	EPB-verslag case 3: EPB 2016 PV-systeem	B53
<b>Bijlage 54</b>	EPB-verslag case 3: EPB 2016 warmtepomp	B54
<b>Bijlage 55</b>	EPB-verslag case 1: EPB 2021 (BEN) zonneboiler + warmtepomp + PV-systeem	B55
<b>Bijlage 56</b>	EPB-verslag case 1: EPB 2021 (BEN) zonneboiler + PV-systeem	B56
<b>Bijlage 57</b>	EPB-verslag case 1: EPB 2021 (BEN) warmtepomp + PV-systeem	B57
<b>Bijlage 58</b>	EPB-verslag case 1: EPB 2021 (BEN) PV-systeem	B58
<b>Bijlage 59</b>	EPB-verslag case 2: EPB 2021 (BEN) zonneboiler + PV-systeem + warmtepomp	B59
<b>Bijlage 60</b>	EPB-verslag case 2: EPB 2021 (BEN) zonneboiler + PV-systeem	B60
<b>Bijlage 61</b>	EPB-verslag case 2: EPB 2021 (BEN) warmtepomp + PV-systeem	B61
<b>Bijlage 62</b>	EPB-verslag case 3: EPB 2021 (BEN) zonneboiler + PV-systeem	B62
<b>Bijlage 63</b>	EPB-verslag case 3: EPB 2021 (BEN) PV-systeem	B63
<b>Bijlage 64</b>	EPB-verslag case 3: EPB 2021 (BEN) warmtepomp + PV-systeem	B64
<b>Bijlage 65</b>	EPB-verslag case 3: EPB 2021 (BEN) zonneboiler + PV-systeem + warmtepomp	B65

Zie cd-rom achteraan deze masterproef.



### 13. Referenties

[1] Het Vlaams Energie Agentschap. EPB-regelgeving.  
<http://www.energiesparen.be/epb/regelgeving>

[2] Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen, *Richtlijn 2002/91/EG van het Europees parlement en de Raad van 16 december 2006 betreffende de energieprestatie van een gebouw*, Europees Parlement, 16 december 2002.

[3] Algemene syllabus van het Vlaams Energieagentschap, *Implementatie Europese Richtlijn 'Energieprestatie van gebouwen' in het Vlaams Gewest*, VEA, april 2010

[4] Publicatieblad van de Europese Unie, *Richtlijn 2010/31/EU van het Europees parlement en de Raad van 19 mei 2010 betreffende de energieprestatie van een gebouw(herschikking)* , Europees Parlement, 19 mei 2010.

[5] Het Vlaams Energie Agentschap. U- en R-waarden.  
<http://www.energiesparen.be/epb/eisentransmissie>

[6] Het Vlaams Energie Agentschap. Wat zijn de eisen?,  
<http://www.energiesparen.be/epb/welkeisen>

[7] Vlaanderen.be, geraadpleegd op 26 september 2013,  
<http://www.vlaanderen.be/nl/bouwen-wonen-en-energie/energie/energienormen/energieprestatieregelgeving-epb-voor-nieuwbouw-en-renovatie>

[8] Het Vlaams Energie Agentschap, *Ventilatievoorzieningen voor woongebouwen*, maart 2014.

[9] Het Vlaams Energie Agentschap, *Oververhitting*,  
<http://www.energiesparen.be/epb/oververhitting>

[10] Portail de l'énergie en Wallonie (2012). Appliquer la réglementation wallonne – PEB. Geraadpleegd op 24 september 2013, <http://energie.wallonie.be/fr/appliquer-la-reglementation-wallonne-peb.html?IDC=6148>

[11] Bruxelles Environnement, *De eisen op het vlak van de energieprestatie en het binnenklimaat van gebouwen (EPB-eisen)*. December 2013

[12] Transmissiereferentiedocument, *Berekening van de warmtedoorgangscoefficiënt van wanden van gebouwen (U-waarde) en van de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie in gebouwen*, Belgisch Staatsblad, 8 december 2010

[13] Transmissieverliezen in gebouwen, *Inleiding en eisen*, Vlaams energie agentschap, April 2006

[14] Handleiding voor controle op toepassing isolatie-en ventilatiereglementering, *Procedures voor thermische isolatie en netto-energiebehoefte*, April 2001

- [15] Energieprestatie van woongebouwen, *Ruimteverwarming EPW: netto energiebehoefte*. Vlaams Energie Agentschap, Oktober 2010
- [16] Energieprestatie van woongebouwen, *Ruimteverwarming: van netto energiebehoefte naar primair gebruik*. Vlaams Energie Agentschap, Oktober 2010
- [17] Energieprestatie van woongebouwen, *Ruimteverwarming EPW: warm tapwater*. Vlaams Energie Agentschap, Oktober 2010
- [18] Energieprestatie van woongebouwen, *Oververhitting en koeling*. Vlaams Energie Agentschap, Oktober 2010
- [19] Energieprestatie van woongebouwen, *Hulpenergie in de EPW*. Vlaams Energie Agentschap, Oktober 2010
- [20] Energieprestatie van woongebouwen, *EPW-methode*. Vlaams Energie Agentschap, februari 2014
- [21] Vibe.be, geraadpleegd op 15 december 2013, [http://www.vibe.be/luchtdichtheid%20testen%20in%20de%20praktijk\\_2pp.pdf](http://www.vibe.be/luchtdichtheid%20testen%20in%20de%20praktijk_2pp.pdf)
- [22] EPB-nieuwsbrief, *Luchtdichtheid: meten is weten*. VEA, mei 2009
- [23] SKH-publicatie, *Luchtdichtheidsmetingen*. SKH, december 2013
- [24] Van der Veken J., Creylman J., & Lenaerts T. (2013). Studie naar kostenoptimale niveaus van de minimumeisen inzake energieprestaties van nieuwe residentiële gebouwen. Geel: Kenniscentrum Energie, Thomas More Kempen/KU Leuven
- [25] Infoblad, *Trias Energetica en energieneutraal bouwen*. Agentschap NL, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, juni 2013
- [26] Vlaams Energie Agentschap, *Wijziging opwekkingsrendement warm tapwater bij collectieve systemen*. VEA, augustus 2013
- [27] EPB-waarden, *ventilation*, Renson, januari 2014
- [28] Ventilatiesystemen, *Mogelijkheden tot het verlagen van het E-peil*, VEA, maart 2014
- [29] Vreg.be, geraadpleegd op 03 maart 2014, <http://www.vreg.be/certificatensysteem-voor-nieuwe-zonnepanelen-vanaf-2014>
- [30] Gemeentelijke premies, Wonen-Vlaanderen, geraadpleegd op 10/03/2014, [https://www.wonenvlaanderen.be/premies/gemeentelijke\\_premies](https://www.wonenvlaanderen.be/premies/gemeentelijke_premies)
- [31] Premiezoeker, geraadpleegd op 10/03/2014, <https://www.premiezoeker.be/>
- [32] Cursus EPB-software 3 gewesten, geraadpleegd op 16 februari 2014, <http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/epb/doc/VEAcursusEPBsoftware3Gewesten22Juli2013.pdf>
- [33] Implementatie van de Epicoolstudie in de EPB-berekeningsmethode, Vlaams Energie Agentschap, november 2013



- [34] Inflation.eu, Actuele Belgische inflatie  
<http://nl.inflation.eu/inflatiecijfers/belgie/inflatie-belgie.aspx>
- [35] EPBD, EPB-productgegevens: Zonwering,  
[http://www.epbd.be/index.cfm?n01=data&n02=recognized\\_data](http://www.epbd.be/index.cfm?n01=data&n02=recognized_data)
- [36] Evolutie elektriciteits-en aardgasrijzen (incl. btw) voor huishoudelijke afnemers, VREG, maart 2014
- [37] Verisol, Hoeveel kost een zonneboiler begin 2013,  
<http://www.verisol.be/NL/hoeveel-kost-een-zonneboiler-begin-2013/>
- [38] Green & Durable Energy, zonnepanelen, <http://www.gd-energy.be/vlaanderen/zonnepanelen/calculator>
- [39] Viessmann, EPB-dossier: Hernieuwbare energieën, 2013
- [40] Viessmann, Prijslijst, 2014
- [41] Eandis, REG-premieaanvraag 2014 bestaande woning, wooneenheid of woongebouw, 2014
- [42] Doks.be Dimensionering van micro-WKK voor residentiele gebouwe: Marathon ecopower,  
[https://doks.khlim.be/do/files/FiSe413eb8681a58cfe3011a6d872ea00135/E08\\_MP\\_EM\\_05\\_CetinkayaErik\\_LemmensJoris.pdf?recordId=SIWT413eb8681a58cfe3011a6d872ea00134](https://doks.khlim.be/do/files/FiSe413eb8681a58cfe3011a6d872ea00135/E08_MP_EM_05_CetinkayaErik_LemmensJoris.pdf?recordId=SIWT413eb8681a58cfe3011a6d872ea00134)
- [43] Vlaanderen.be, Premies voor een warmtekrachtkoppeling (WKK),  
<http://www.vlaanderen.be/nl/bouwen-wonen-en-energie/energie/zelf-energie-produceren/premies-voor-een-warmtekrachtkoppeling-wkk>
- [44] Isover Saint Gobain, Prijslijst, [docs.isover.be/PRIJSLIJST\\_2013.pdf](docs.isover.be/PRIJSLIJST_2013.pdf)
- [45] Blowerdoortest, kostprijs, <http://www.blowerdoortests.be/luchtdichtheid/kostprijs-tarief-blowerdoortest-luchtdichtheidsmeting-woningen>
- [46] Isover Mupan Facade, Prijslijst, [docs.isover.be/PRIJSLIJST\\_2013.pdf](docs.isover.be/PRIJSLIJST_2013.pdf)
- [47] Leefmilieubrussel, Een nieuw venster: waarop moet u letten?  
[http://documentatie.leefmilieubrussel.be/documents/IF\\_Ecoconstructie\\_MAT06\\_Part\\_NL.PDF](http://documentatie.leefmilieubrussel.be/documents/IF_Ecoconstructie_MAT06_Part_NL.PDF)
- [48] Rockwool Rockfit, kostprijs Rockwool, [www.nl.rockwool.be/files/RW-BNL/6\\_Downloads/Prijslijst\\_2014\\_RW\\_BE.pdf](http://www.nl.rockwool.be/files/RW-BNL/6_Downloads/Prijslijst_2014_RW_BE.pdf)
- [49] Livios, Richtprijzen buitenschrijnwerk.  
<http://www.livios.be/nl/bouwfasen/ruwbouw/ramen-en-deuren/richtprijzen-buitenschrijnwerk/>
- [50] Markantzonwering, screens, <http://www.markantzonwering.nl/screens>
- [51] Recticel, Eurofloor, <http://www.isolatie-online.be/detail.asp?subcatid=34&search1=&page=1>

[52] Saint Gobain, Prijslijst,  
[http://www.sggs.com/Nederland/images/FCK/File/glastarief%2008-2010\\_LR%202mb%20pag4\(4\).pdf](http://www.sggs.com/Nederland/images/FCK/File/glastarief%2008-2010_LR%202mb%20pag4(4).pdf)

[53] Isolatie online, Recticel Eurowall, <http://www.isolatie-online.be/detail.asp?ID=937>

[54] Isolatie-info, Gespoten PUR, <http://www.isolatie-info.be/isoleren/gespoten-vloerisolatie-pur.html>]

## Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

**Optimalisatie gebruikersonafhankelijk energieverbruik van residentiële gebouwen in het Vlaams Gewest (m.b.v. EPB-software)**

Richting: **master in de industriële wetenschappen: bouwkunde**

Jaar: **2014**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

**Slingers, Kristof**

**Van de Poel, Vincent**

Datum: **6/06/2014**