

Passiefscholen

Hoe het energiegebruik in scholen drastisch te verminderen?

Sabrina Bynens

promotor :
Prof. dr. Theo THEWYS

Woord vooraf

In het kader van mijn opleiding Toegepaste Economische Wetenschappen heb ik ervoor gekozen om een eindverhandeling te schrijven over passiefscholen. Dit onderwerp sprak me sterk aan daar ik al geruime tijd geïnteresseerd ben in de problematiek omtrent de opwarming van de aarde. Mijn bezorgdheid voor het milieu zorgde ervoor dat mijn keuze viel op een onderzoek dat een bijdrage kan leveren aan de verbetering van het milieu.

De realisatie van deze eindverhandeling zou niet mogelijk geweest zijn zonder de medewerking van een aantal personen. Deze personen zou ik dan ook graag willen bedanken. Allereerst zou ik mijn promotor Prof. Dr. Theo Thewys willen bedanken voor zijn begeleiding, deskundig advies en de ondersteuning bij de uitwerking van mijn eindverhandeling. Daarnaast zou ik ook Hans Driesen, projectleider duurzaam bouwen bij Cenergie, willen bedanken voor zijn bereidwillige medewerking. Zijn deskundige uitleg en informatie zijn van groot belang geweest voor de verwezenlijking van dit onderzoek. Verder zou ik ook een woord van dank willen richten tot Sandra Penders, Liese Evers en Kris Asnong, mijn contactpersonen bij het Steunpunt Dubolimburg, voor de informatie die ze mij bezorgden. Ook zou ik alle architecten, studiebureaus en scholen willen bedanken die me kostengegevens bezorgd hebben voor de uitwerking van mijn kosten-batenanalyse. Zonder hun medewerking zou mijn onderzoek niet mogelijk geweest zijn.

Tenslotte zou ik ook mijn ouders willen bedanken. Zij hebben er immers voor gezorgd dat ik mijn studies aan de Universiteit Hasselt kon voltooien. Hun steun gedurende de afgelopen 4 jaar was voor mij zeer belangrijk.

Sabrina Bynens

Mei 2010

Samenvatting

Niemand kan de dag van vandaag ontsnappen aan het fenomeen van de stijgende energieprijzen. Zowel huishoudens als bedrijven ondervinden dat een steeds groter deel van hun budget besteed wordt aan het betalen van de energiefactuur. Indien we de brandstofprijzen en elektriciteitsprijzen bestuderen, kunnen we zonder veel moeite constateren dat deze prijzen de laatste jaren aan een stijgende tendens onderworpen zijn geweest. Hiernaast moeten we er ook rekening mee houden dat bepaalde energiebronnen niet onuitputtelijk zijn en steeds schaarser worden. Dit zal er op zijn beurt nogmaals voor zorgen dat deze prijzen in de toekomst gaan toenemen.

Naast de problematiek omtrent de stijgende energie- en brandstofprijzen wordt er tegenwoordig ook veel aandacht besteedt aan een ander belangrijk hedendaags probleem, namelijk de milieuproblematiek. Het rapport dat opgesteld werd door het Intergouvernementele panel rond de klimaatverandering (IPCC) gaf aan dat de oorzaak van de opwarming van de aarde met zeer grote waarschijnlijkheid bij de mens ligt. De opwarming van de aarde zou volgens het rapport veroorzaakt worden door het gebruik van fossiele energie en de daarmee gepaard gaande uitstoot van CO₂. Het gebruik van energie en de uitstoot van CO₂ zijn sinds de 19^{de} eeuw sterk gestegen. Momenteel worden er echter inspanningen gedaan om de uitstoot van broeikasgassen te reduceren. Zo hebben de industrielanden in 1997 het Kyoto-protocol ondertekend waarmee ze zich er toe verbinden om hun uitstoot van broeikasgassen, tijdens de periode van 2008 tot 2012, met gemiddeld 5% te laten dalen ten opzichte van de hoeveelheid die men uitstootte in 1990.

Ook scholen worden geconfronteerd met het probleem van de stijgende energieprijzen en dragen bij aan het probleem betreffende de opwarming van de aarde. Omdat ook scholen hun energiefactuur zien stijgen, houden ze steeds minder middelen over voor hun educatieve doeleinden. In deze masterproef is het de bedoeling om te onderzoeken of een passiefschool een mogelijkheid kan zijn om dit probleem op te lossen. Een passiefschool kan er namelijk voor zorgen dat het energieverbruik ten opzichte van een conventionele school met ongeveer 75% gereduceerd wordt waardoor de school opnieuw over meer middelen zal kunnen

beschikken. Vermits passiefscholen weinig of geen verwarming nodig hebben, kunnen ze tevens een bijdrage leveren aan de huidige milieuproblematiek. Passiefscholen verbruiken minder energie en zullen bijgevolg ook minder CO₂ uitstoten. Hierdoor kunnen ze een rol spelen in het behalen van de Kyoto-norm.

De reductie van het energieverbruik wordt in passiefscholen mogelijk gemaakt door gebruik te maken van verschillende technieken. Een eerste techniek is de doorgedreven isolatie. Deze beperkt het warmteverlies en zorgt ervoor dat men kleinere verwarmingsinstallaties nodig heeft dan in conventionele scholen. Een tweede techniek is de extreme luchtdichtheid die er eveneens voor zorgt dat er minder warmte verloren gaat. In passiefscholen zal men ook de warmtewinsten trachten te maximaliseren door de school zo te oriënteren dat deze naar het zuiden gericht is en vervolgens de glasvlakken aan de zuidelijke kant van de school te plaatsen. Een volgende techniek die toegepast wordt in passiefscholen is een mechanische balansventilatie die zorgt voor een uitstekende luchtkwaliteit door de aanvoer van zuivere buitenlucht en de afvoer van vervuilde binnenlucht. Daarnaast gaat men in passiefscholen ook gebruik maken van efficiënte apparaten die het elektriciteitsverbruik laten dalen. Een laatste techniek om het energieverbruik te reduceren is het gebruik van hernieuwbare energie. Deze techniek wordt echter niet altijd toegepast bij de bouw van passiefscholen.

Om te onderzoeken of het vanuit financieel standpunt zinvol is om een passiefschool te bouwen in plaats van een conventionele school, worden in het vierde hoofdstuk van deze masterproef de kosten en baten van het bouwen van een passiefschool geanalyseerd. In de eerste plaats worden de private kosten, de private baten, de externe kosten en de externe baten bekeken. Uit de afweging van deze kosten en baten kunnen we besluiten dat het bouwen van een passiefschool een interessante investering is. Vervolgens wordt er een sensitiviteitsanalyse uitgevoerd om de onzekerheid betreffende de geschatte kosten en baten aan te pakken. De waarschijnlijkheidsverdeling van de netto constante waarde die verkregen wordt met behulp van een Monte Carlo simulatie geeft op zijn beurt eveneens weer dat het bouwen van een passiefschool interessant is. Uit de simulatie was het ook mogelijk om af te leiden welke onderdelen van de meerkost de grootste invloed hadden op de variabiliteit van de netto constante waarde. Deze spreiding bleek het meest beïnvloed te worden door de algemene installatie en de

muurisolatie. De prijzen van deze onderdelen zullen dus in grote mate bepalen welke waarde de netto constante waarde aanneemt.

Het laatste hoofdstuk van deze masterproef behandelt de subsidie die de scholen krijgen die deel uitmaken van het pilootproject om 24 passiefscholen te bouwen verspreid over heel Vlaanderen. De subsidie die deze scholen ontvangen bedraagt € 235,00/m² en wordt voor de geselecteerde scholen voor 100% gefinancierd door AGION. Dit bedrag zou de meerkosten moeten dekken die verbonden zijn aan het bouwen van een passiefschool in vergelijking met het bouwen van een conventionele school. Uit de analyse van de subsidie blijkt dat uitgaande van een E100-school de subsidie toereikend is om de meerkosten te dekken.

Inhoudsopgave

Woord vooraf

Samenvatting

Inhoudsopgave

Lijst van figuren

Lijst van tabellen

Hoofdstuk 1: Methodologische aspecten.....	1
1.1 <i>Probleemstelling</i>	1
1.2 <i>Onderzoeksvragen</i>	6
1.2.1 Centrale onderzoeksvraag	6
1.2.2 Deelvragen.....	6
1.3 <i>Onderzoeksopzet</i>	8
Hoofdstuk 2: Passiefscholen.....	11
2.1 <i>Definitie</i>	11
2.2 <i>Energiebesparende technieken</i>	13
2.2.1 Doorgedreven isolatie	14
2.2.2 Luchtdichtheid	15
2.2.3 Passieve warmtewinsten	16
2.2.4 Mechanische balansventilatie	17
2.2.5 Efficiënte apparaten.....	18
2.2.6 Hernieuwbare energie.....	18
2.3 <i>Conventionele scholen versus passiefscholen</i>	19
2.3.1 Energieverbruik	19
2.3.2 Verwarming.....	21
2.3.3 Isolatie en ventilatie	23
2.4 <i>Besluit</i>	28
Hoofdstuk 3: Kosten-batenanalyse.....	29
3.1 <i>Kostenverloop</i>	30
3.2 <i>Veronderstellingen</i>	31
3.3 <i>Meerkost passiefschool</i>	33

3.3.1 Private kosten.....	33
3.3.2 Private baten	36
3.3.3 Externe kosten	41
3.3.4 Externe baten	43
3.3.5 Vergelijking van de private kosten en baten	44
3.3.6 Vergelijking van de private en externe kosten en baten	46
3.3.7 Netto constante waarde	47
3.3.8 Interne opbrengstvoet	48
3.3.9 Simulatie	49
3.4 Besluit.....	55
Hoofdstuk 4: Subsidie.....	57
4.1 Subsidie pilootproject.....	57
4.2 Documenten.....	58
4.3 Analyse subsidie	59
4.4 Besluit.....	61
Hoofdstuk 5: Conclusies	63

Lijst van geraadpleegde werken

Bijlagen

Lijst van figuren

Figuur 1: Gemiddeld officieel tarief van halfzware stookolie in euro.....	2
Figuur 2: Evolutie van de Vlaamse broeikasgasuitstoot tot 2010 zonder klimaatbeleid	5
Figuur 3: Weergave van de geografische spreiding van de scholen uit het pilotproject	10
Figuur 4: Analyse energieverbruik conventionele school	20
Figuur 5: Peil van warmte-isolatie voor 10 scholen	24
Figuur 6: Toegevoerde verse lucht per leerling	25
Figuur 7: Tunneleffect bij passief bouwen	30
Figuur 8: Gemiddelde meerkost.....	35
Figuur 9: Kansverdeling NCW.....	51
Figuur 10: Sensitiviteitsanalyse NCW	52
Figuur 11: Sensitiviteitsanalyse private baten	53
Figuur 12: Sensitiviteitsanalyse externe baten	55

Lijst van tabellen

Tabel 1: Meest courante isolatieniveaus	15
Tabel 2: Brandstofverbruik in scholen	22
Tabel 3: Verbruik van aardgas	22
Tabel 4: Verbruik van stookolie	22
Tabel 5: Verschil tussen CO ₂ -concentratie binnen en buiten bij verschillende schooltypes.....	26
Tabel 6: Verschil tussen CO ₂ -concentratie binnen en buiten bij verschillende ventilatiesystemen.....	26
Tabel 7: Onderdelen van meerkost per m ²	34
Tabel 8: Besparing op aardgas bij passiefschool t.o.v. conventionele school.....	37
Tabel 9: Besparing op stookolie bij passiefschool t.o.v. conventionele school	37
Tabel 10: Besparing op elektriciteit bij passiefschool t.o.v. conventionele basisschool	39
Tabel 11: Besparing op elektriciteit bij passiefschool t.o.v. conventionele secundaire school	39
Tabel 12: CO ₂ -uitstoot per brandstofsoort.....	41
Tabel 13: Totale externe kost per jaar voor aardgasverbruik.....	42
Tabel 14: Totale externe kost per jaar voor elektriciteitsverbruik.....	42
Tabel 15: Totale externe kost per jaar voor stookolieverbruik	43
Tabel 16: Jaarlijkse externe baten van een passiefschool.....	43
Tabel 17: Variatie in de parameterwaarden.....	50
Tabel 18: Percentielen.....	51
Tabel 19: Meerkost studiebureau.....	60

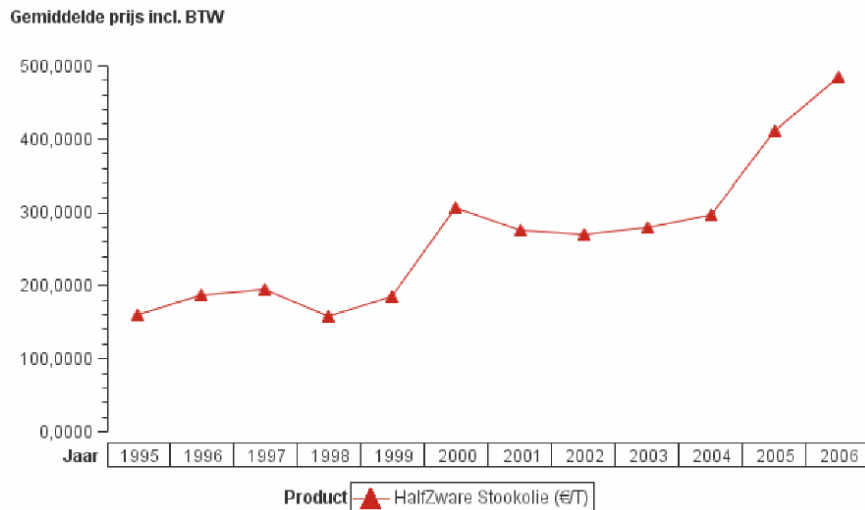
Hoofdstuk 1: Methodologische aspecten

1.1 Probleemstelling

Over de hele wereld worden mensen momenteel met hetzelfde fenomeen geconfronteerd, namelijk prijsstijgingen. Als de evolutie van de brandstofprijzen bestudeerd wordt, is deze tendens gemakkelijk terug te vinden. Er kan immers vastgesteld worden dat de brandstofprijzen de laatste jaren onderhevig geweest zijn aan enorme prijsschommelingen. Deze vaststelling kan doorgetrokken worden naar de energieprijzen. Terwijl de energiebehoefte van de wereldbevolking blijft stijgen, stijgen de energieprijzen mee. Verder moet er ook rekening mee gehouden worden dat sommige energiebronnen niet onuitputtelijk zijn. Steenkool, aardolie en aardgas worden bijvoorbeeld steeds schaarser. De schaarste van deze producten zal ervoor zorgen dat ze op termijn nog in prijs zullen toenemen. Daarnaast zullen er in de toekomst ook alternatieven gevonden moeten worden voor deze energiebronnen. In dit opzicht kan besloten worden dat de huidige generaties er goed aan zouden doen om hun levensstijl aan te passen en zuiniger om te springen met schaarse energiebronnen zodat de toekomstige generaties niet in de problemen geraken.

Een concretere illustratie van de prijsstijgingen die zich de afgelopen jaren hebben voorgedaan, kan gegeven worden aan de hand van de volgende cijfergegevens. Volgens Butzen, Melyn en Zimmer (2007) kan gedurende de periode van 2003 tot 2006 een duidelijke stijging van de grondstofprijzen waargenomen worden. Het totale prijsindexcijfer van de basisproducten steeg tussen 2003 en 2006 gemiddeld met 24 procent. De prijzen van de energetische grondstoffen stegen met 26 procent, deze stijging werd hoofdzakelijk veroorzaakt door de evolutie in de olieprijs. De industriële grondstoffen werden volgens hen 22 procent duurder als gevolg van de hogere metaalprijzen. De prijzen van levensmiddelen stegen echter slechts met 7,7 procent. Gedurende de eerste zes maanden van 2007 stegen de prijzen van grondstoffen verder met gemiddeld 3,1 procent in vergelijking met 2006.

Onderstaande figuur geeft de evolutie van de prijs van stookolie in België weer over de periode 1995 – 2006. De figuur toont duidelijk aan dat de stookolieprijs in België gedurende deze periode sterk gestegen is. In bijlage 1 is de exacte waarde van de stookolieprijs per jaar terug te vinden.



Figuur 1: Gemiddeld officieel tarief van halfzware stookolie in euro

Bron: Federale Overheidsdienst economie (2009)

Het gevolg van deze hoge energieprijzen is dat mensen energiebewuster worden en manieren gaan zoeken om hun energieverbruik te verminderen. Deze tendens is ook terug te vinden in de bouwsector. Om in te spelen op de hogere energieprijzen en energiebewustheid worden er steeds meer gebouwen op een passieve manier geconstrueerd. In België zijn er vandaag al verschillende voorbeelden terug te vinden van deze passieve bouwstijl. Zo vestigt België zich, als gekeken wordt naar het aantal passiefhuizen per land, op de derde plaats ter wereld. Ons land heeft na Oostenrijk en Duitsland de meeste passiefhuisprojecten ter wereld. In Wallonië zijn er voorlopig al rond de 450 passiefhuisprojecten uitgevoerd of gepland. In Vlaanderen zijn er ongeveer 600 projecten in uitvoering. In totaal komt dit neer op meer dan 1.000 geplande passieve gebouwen in België. (Livios, 2009)

Een passiefhuis kan volgens het passiefhuisplatform als volgt omschreven worden: "Het is een zeer energiezuinig gebouw gericht op een goed winter- en zomercomfort. De warmteverliezen zijn er door een doorgedreven isolatie zo beperkt, dat er slechts een kleine naverwarming op de ventilatie nodig is. Het totale

energieverbruik van een passiefhuis is gemiddeld 75 procent lager dan een traditionele nieuwbouwwoning. Ten opzichte van het bestaande Vlaamse woningbestand ligt het energieverbruik zelfs tot 85 procent lager.”

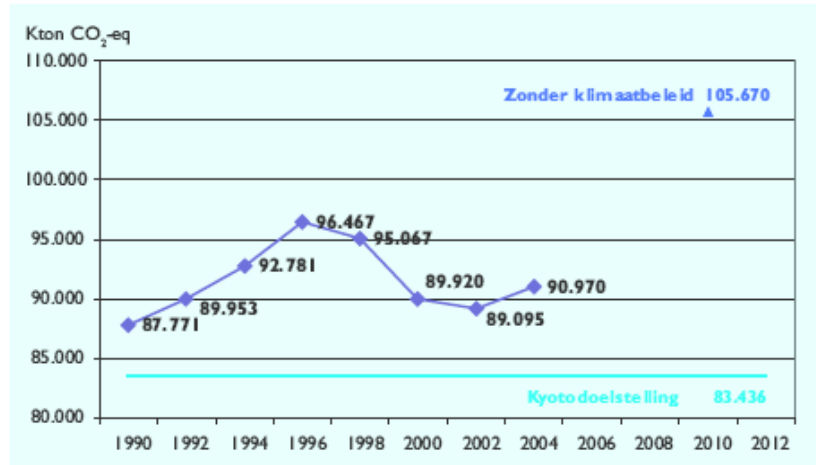
Naast de al bestaande passiefhuizen krijgt Vlaanderen binnenkort ook zijn allereerste passief hotel, “Hotel Ecologies” genaamd. Begin volgend jaar zal dit hotel in Heusden-Zolder zijn deuren openen. (Het Belang Van Limburg, 27 september 2009) Ook op het gebied van scholen begint in België de passieve trend zich voor te doen. Op 23 mei 2008 werden de plannen goedgekeurd om 24 passiefscholen te bouwen verspreid over heel Vlaanderen. (Arch-index, 2008) Dit zullen de eerste passiefscholen zijn die in Vlaanderen gebouwd worden. Omdat scholen ook geconfronteerd worden met het probleem van de stijgende energieprijzen, is men in deze gebouwen dezelfde technieken gaan toepassen als in passiefhuizen. Die technieken moeten ervoor zorgen dat scholen meer middelen overhouden voor hun educatieve doeleinden. Conventionele scholen constateren namelijk dat een groot deel van hun budget gebruikt wordt om de energiefactuur te betalen. Door de school om te vormen tot een passiefschool zal het energieverbruik met ongeveer 75% gereduceerd worden waardoor de school bijgevolg over meer middelen zal kunnen beschikken. (Arch-index, 2008)

Het pilootproject heeft tot doel om te leren uit de ervaringen op het terrein. In samenwerking met het GO! (Gemeenschapsonderwijs) volgt het Agentschap voor Infrastructuur in het Onderwijs (AGION) de pilootprojecten op om verschillende elementen te bestuderen. Zo zal er onderzoek gedaan worden naar de meerkost, terugverdientijd, technische vereisten, materiaalgebruik, energieverbruik, specifieke ontwerpkeuzes en de meerwaarde van extra maatregelen inzake duurzame energie. Daarnaast wenst het project mee een impuls te geven aan de ontwikkeling van een bredere markt van professionelen, het vergroten van de afzetmarkt voor passieve bouwproducten en het verder uitbouwen van de ervaring bij architecten, studiebureaus en aannemers op het vlak van passief bouwen. Bijkomend hoopt het inspirerend te kunnen werken voor toekomstige bouwheren. (Baccaert et al., 2010)

Passiefscholen hebben, net zoals passiehuizen, weinig of geen verwarming nodig. Dit soort scholen kan bijgevolg niet alleen een rol spelen in het oplossen van het probleem rond de stijgende energie- en brandstofprijzen, ook kunnen ze een bijdrage leveren aan een ander belangrijk hedendaags probleem namelijk de milieuproblematiek. Het Intergouvernementele panel rond de klimaatverandering (IPCC) gaf in haar rapport van februari 2007 aan dat tot 2100 de temperatuur op aarde hoogstwaarschijnlijk met 1,8 tot 4 graden zal stijgen. Een stijging van meer dan 2 graden wordt als onaanvaardbaar beschouwd. Bij een dergelijke stijging zal de zeespiegel verder stijgen met 18 tot 59 centimeter. Het rapport geeft ook aan dat de opwarming van de aarde met zeer grote waarschijnlijkheid wordt veroorzaakt door menselijke activiteiten, zoals het gebruik van energie en de uitstoot van CO₂. (Coolen, Knuysen & Vanvuchelen, 2007)

Figuur 2 geeft de gemiddelde verwachte evolutie weer van de uitstoot van broeikasgassen in Vlaanderen in de periode 2008 – 2012 in een scenario zonder klimaatbeleid. (Vlaams klimaatbeleidsplan) De figuur geeft aan dat de CO₂-uitstoot in Vlaanderen, net zoals in vele andere gebieden, zal toenemen indien er geen klimaatbeleid wordt uitgewerkt. Op basis van de schattingen uit het Vlaams klimaatbeleidsplan zullen de Vlaamse broeikasgasemissies in een scenario zonder klimaatbeleid met 18% stijgen tegenover de uitstoot in 1990. In absolute termen bereiken ze een niveau van bijna 105,7 Mton CO₂-eq¹. Deze stijging zou volgens het Vlaams klimaatbeleidsplan vooral veroorzaakt worden door de toename van de CO₂-uitstoot met 31% en slechts in mindere mate door de toename van de emissies van N₂O (lachgas) met 12%. Onderstaande figuur geeft dus duidelijk aan dat er initiatieven genomen moeten worden om de huidige milieuproblemen op te lossen. Zonder klimaatbeleid zal de uitstoot van broeikasgassen namelijk drastisch toenemen.

¹ CO₂-equivalent: Meeteenheid gebruikt om het opwarmend vermogen ('global warming potential') van broeikasgassen weer te geven. CO₂ is het referentiegas, waartegen andere broeikasgassen gemeten worden. (MIRA, 2010)



Figuur 2: Evolutie van de Vlaamse broeikasgasuitstoot tot 2010 zonder klimaatbeleid

Bron: Vlaams Klimaatbeleidsplan (2006-2012)

Door het afsluiten van het Kyoto-protocol in 1997 hebben de industrielanden zich er echter toe verbonden om hun uitstoot van broeikasgassen, tijdens de periode van 2008 tot 2012, met gemiddeld 5% te laten dalen ten opzichte van de hoeveelheid die men uitstootte in 1990. Het concrete reductiepercentage verschilt van land tot land. (VROM, 2009) België werd bijvoorbeeld opgedragen om zijn uitstoot met een percentage van 7,5 procent te verminderen ten opzichte van 1990. (Vande Walle, I., Van Camp, N., Van de Castele, L., Verheyen, K., & Lemeur, R., 2007)

In maart 2007 sloten de Europese regeringsleiders bovendien een afspraak om de uitstoot van broeikasgassen en het primair energieverbruik in 2020 te reduceren met 20% ten opzichte van 1990. De Europese Unie gaat nog verder en wil zelf proberen om een reductie van 30% te behalen, op voorwaarde dat andere geïndustrialiseerde landen dezelfde reductie trachten te bereiken. (Coolen, Knuyssen & Vanvuchelen, 2007) Passiefscholen kunnen hier een rol in spelen aangezien zij ons energieverbruik kunnen verminderen en bijgevolg een bijdrage kunnen leveren in het behalen van een aanvaardbaar CO₂-niveau.

Samengevat zouden passiefscholen aldus een oplossing kunnen vormen voor twee hedendaagse problemen. Enerzijds kunnen ze ervoor zorgen dat onze huidige CO₂-uitstoot verlaagd wordt en de klimaatdoelstellingen bereikt worden. Anderzijds kunnen ze het huidige energieverbruik van scholen laten dalen zodat deze minder last ondervinden van de stijgende energieprijzen.

1.2 Onderzoeksvragen

1.2.1 Centrale onderzoeksvraag

Zoals hierboven in de probleemstelling reeds aangegeven werd, wordt een groot deel van het budget van scholen gebruikt voor de betaling van de energiekosten. Dit heeft door de stijging van de energieprijzen tot gevolg dat scholen steeds minder middelen overhouden voor hun educatieve doeleinden. Er is dus nood aan een oplossing die bijdraagt tot de reductie van het energieverbruik. Ook uit milieuoverwegingen zal een daling van het energieverbruik in scholen een goede zaak zijn. In deze eindverhandeling zal onderzoek gedaan worden naar een oplossing om dit verbruik te verminderen.

De centrale onderzoeksvraag, die als uitgangspunt van dit werkstuk kan beschouwd worden, kan vervolgens als volgt geformuleerd worden:

- ***Is het economisch haalbaar om een passiefschool te bouwen en op die manier een bijdrage te leveren aan de verbetering van het milieu en de problematiek omtrent de stijgende energie- en brandstofprijzen?***

1.2.2 Deelvragen

Na het formuleren van de centrale onderzoeksvraag worden in dit onderdeel de deelvragen afgeleid. Deze deelvragen zullen een leidraad vormen bij het verder uitwerken van de centrale onderzoeksvraag.

Eerst zal een invulling gegeven worden aan de term 'passiefschool' en zullen de verschillen met een conventionele school aangehaald worden. De eerste deelvraag kan bijgevolg als volgt verwoord worden:

- ***Wat is een passiefschool? Wat is het verschil met een conventionele school?***

Na het uitwerken van de eerste deelvraag zullen de huidige energie-uitgaven van scholen bestudeerd worden. Deze uitgaven zullen nodig zijn om te onderzoeken of een passiefschool voor een reductie van de energiekosten kan zorgen. Daarom luidt de tweede deelvraag als volgt:

- ***Wat zijn de huidige energie-uitgaven in conventionele scholen?***

Nu geweten is wat de energie-uitgaven zijn, kunnen de technieken bestudeerd worden die leiden tot een reductie van de uitgaven. Ook kan bepaald worden hoeveel deze reductie zal bedragen en wat deze reductie zal betekenen op het vlak van milieu. Dit leidt ons tot de volgende deelvraag:

- ***Welke energiebesparende technieken worden toegepast in passiefscholen? Hoeveel energie kan bij passiefscholen bespaard worden in vergelijking met conventionele scholen? Wat betekent dit op het gebied van milieu?***

Na het beantwoorden van bovenstaande deelvragen zal de economische haalbaarheid van een passiefschool onderzocht worden. Dit onderzoek kan beschouwd worden als de uiteindelijke doelstelling van deze eindverhandeling. De economische haalbaarheid zal getest worden aan de hand van een kosten-batenanalyse waarbij de conventionele school tegenover de passiefschool geplaatst wordt. De laatste deelvraag zal dan de volgende zijn:

- ***Wat zijn de kosten en baten van een passiefschool? Wegen de baten van het bouwen van een passiefschool op tegen de kosten? Is een passiefschool op termijn voordeliger dan een conventionele school?***

1.3 Onderzoeksopzet

In deze eindverhandeling is het de bedoeling om te onderzoeken of het voordelig is om over te stappen van een conventionele school naar een passiefschool. Voor de uitwerking van dit onderzoek werd in eerste instantie een descriptief onderzoek uitgevoerd. Dit gebeurde aan de hand van een literatuurstudie. Met behulp van deze studie was het mogelijk om me te verdiepen in de materie over passiefbouw. Door de literatuurstudie kon ik ook nagaan wat er al geweten was over dit onderzoeksonderwerp. Hierdoor kon ik vermijden gelijkaardig onderzoek te doen en bijgevolg dus niet optimaal gebruik te maken van het onderzoek dat reeds door anderen uitgevoerd werd.

De literatuurstudie heeft bijdragen tot de verzameling van relevante informatie omtrent passiefhuizen en passiefscholen. Voor het verzamelen van deze informatie heb ik gebruik gemaakt van verschillende soorten bronnen. Zo heb ik gebruik gemaakt van wetenschappelijke papers, artikels, folders en boeken. Deze informatie heb ik voornamelijk verkregen via het internet, databases en bibliotheken. Door een verscheidenheid aan bronnen geraadpleegd te hebben, hoop ik over representatieve informatie te beschikken.

De literatuurstudie werd vooral gebruikt om een antwoord te vormen op de eerste drie deelvragen, maar werd ook deels gebruikt om het antwoord op de andere deelvragen te vervolledigen. Om de vierde en vijfde deelvraag te beantwoorden werd naast de informatie uit de literatuurstudie ook gebruik gemaakt van de uitgevoerde kosten-batenanalyse.

De kosten-batenanalyse werd uitgevoerd aan de hand van enkele gevalstudies waarbij verschillende scenario's bekeken werden. Om te achterhalen of het voordelig is om over te stappen van een conventionele school naar een passiefschool werden de kosten en baten van het bouwen van een passiefschool vergeleken met de kosten en baten van het bouwen van een conventionele school. Op het gebied van de kosten werd dit gedaan door te kijken naar de meerkost voor het bouwen van een passiefschool. Op het gebied van de baten werd er gekeken naar de daling in het energieverbruik dat verkregen werd door het bouwen van een passiefschool en naar de externe baten die ontstaan door de lagere CO₂-uitstoot die

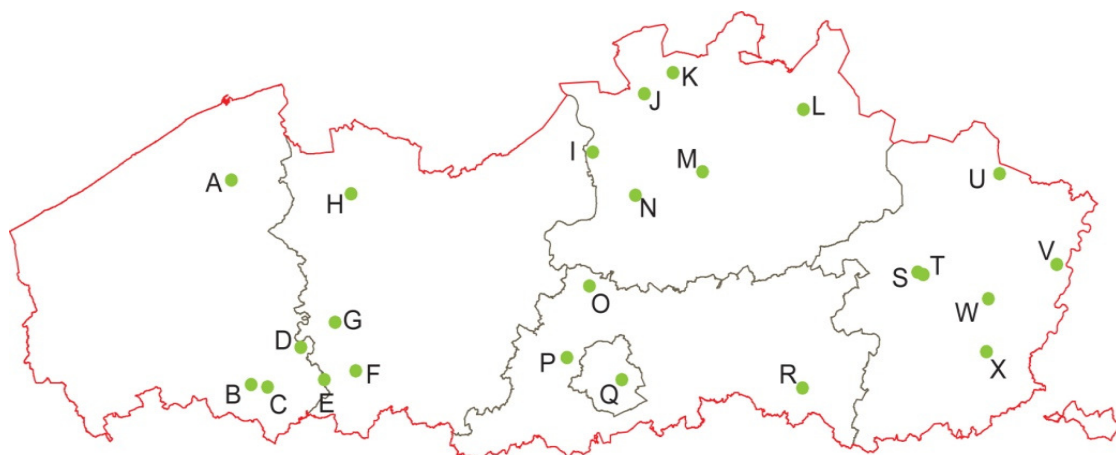
verbonden is aan een passiefschool. Door deze kosten en baten tegenover elkaar te zetten, moest vervolgens blijken of passiefscholen economisch haalbaar zijn en een bijdrage kunnen leveren aan de verbetering van het milieu en de problematiek omtrent de stijgende energie- en brandstofprijzen.

Om deze kosten-batenanalyse zo goed mogelijk uit te voeren heb ik gebruik gemaakt van boeken die meer uitleg gaven over het uitvoeren van een kosten-batenanalyse. Verder heb ik contact opgenomen met architecten en studiebureaus die ervaring hebben met het bouwen van passiefscholen en die mij bijgevolg konden bijstaan in het vervolledigen van de kosten-batenanalyse.

Om kennis te maken met de materie omtrent passiefbouw ben ik tijdens de open bedrijvendag van 2009 twee bedrijven gaan bezoeken, het bedrijf 'The Solarcompany' in Heusden-Zolder en het bedrijf 'Glas Ceysens' dat eveneens gesitueerd is te Heusden-Zolder. Het bedrijf 'The Solarcompany' houdt zich bezig met de totale coördinatie van alternatieve woningbouw. Zij hebben juist hun intrek genomen in een passiefkantoor op het bedrijventerrein in Heusden-Zolder. De onderneming 'Glas Ceysens' ben ik gaan bezoeken omdat ze momenteel hun bedrijf uitbreiden met een passiefkantoor. In deze bedrijven kreeg ik reeds enkele aspecten van passiefbouw te zien en heb ik verschillende nuttige folders en bronnen kunnen verkrijgen. Verder heb ik ook contact opgenomen met het Steunpunt Dubolimburg, zij staan me bij in de uitwerking van mijn eindverhandeling door me de nodige informatie te verschaffen omtrent passiefbouw en me de nodige contactgegevens te bezorgen.

De gebouwen die ik bezocht heb waren passiefkantoren. Om echter meer kennis te krijgen van de technieken die in scholen toegepast worden, heb ik contact opgenomen met verschillende architecten en studiebureaus. Dit om een beter beeld te krijgen van de bedoeling en (uit)werking van passiefscholen. Door al deze informatie samen te voegen, hoop ik een volledig antwoord te kunnen geven op mijn onderzoeksvragen.

In bijlage 2 werd de lijst van de 24 passiefscholen opgenomen die, zoals hoger reeds vermeld, als pilootproject gebouwd zullen worden over heel Vlaanderen. In de tabel wordt de naam van de school, de stad, de provincie en de architect die zorgt voor de uitwerking van de school weergegeven. Onderstaande figuur geeft de geografische spreiding van de 24 verschillende scholen weer. De scholen worden, in overeenkomst met de tabel uit bijlage 2, aangeduid met letters van A tot X.



Figuur 3: Weergave van de geografische spreiding van de scholen uit het pilootproject

Bron: be.passive (2010)

Hoofdstuk 2: Passiefscholen

2.1 Definitie

Passiefbouw is een recent fenomeen. Aanvankelijk werd deze vorm van bouwen toegepast op huizen. Dit soort huizen kreeg door de passieve manier van bouwen de toepasselijke naam 'passiefhuis'. Na een periode waarin heel wat mensen twijfelachtig stonden tegenover passiefbouw, ontstaat er momenteel een steeds grotere interesse voor energiezuinige gebouwen. Er kan vastgesteld worden dat er langzaam maar zeker een mentaliteitsverschuiving plaatsvindt richting energiezuinig bouwen. (Hilderson, Mlecnik, Desmidt, Van den Abeele, 2009) Zo stapt men momenteel op het gebied van passiefbouw geleidelijk over van huizen naar andere gebouwen, zoals scholen. Dit moet vanwege de voordelen die passiefbouw met zich meebrengt, en die gedurende dit hoofdstuk aan bod zullen komen, ten zeerste aangemoedigd worden.

Een groot deel van de voordelen die verbonden zijn aan passiefscholen vinden hun oorsprong in de manier waarop deze scholen gebouwd zijn. Passiefscholen worden geconstrueerd met behulp van een uiteenlopende waaier aan technieken die ook toegepast worden in passiefhuizen. Zo maakt men in dit soort scholen onder andere gebruik van hernieuwbare energie, zorgt men voor een extreme luchtdichtheid, een goede ventilatie, een doorgedreven isolatie en maakt men optimaal gebruik van passieve warmtewinsten. Deze technieken leveren elk op hun eigen manier een bijdrage aan de creatie van deze energiezuinige en milieuvriendelijke gebouwen. De energiezuinigheid van de passieve constructies zorgt voor een reductie van het energieverbruik waardoor een conventioneel verwarmingssysteem en een traditioneel koelsysteem overbodig zijn. (Marrecau & Meyers, 2007)

Het energieverbruik in passiefscholen is, in vergelijking met een conventionele school, 75% lager. Dit betekent dat net zoals bij passiefhuizen de CO₂-uitstoot van deze scholen een aanzienlijk stuk lager ligt dan in conventionele scholen. Ook passiefscholen zouden dus een bijdrage kunnen leveren aan de huidige milieuproblemen waar de samenleving mee geconfronteerd wordt. Dit is echter niet het enige voordeel dat verbonden is aan een passiefschool. Door de lagere

energiekosten kunnen deze scholen ook meer middelen overhouden voor hun educatieve werking. Hier zal in de volgende paragraaf nog verder op ingegaan worden.

De criteria waaraan een passiefschool moet voldoen met betrekking tot de passiefhuisstandaard zijn vastgelegd in het decreet betreffende energieprestaties in scholen dat op 7 december 2007 werd goedgekeurd door de Vlaamse Regering (bijlage 1). Volgens dit decreet kunnen inrichtende machten of schoolbesturen die kiezen voor nieuwbouwprojecten en die voldoen aan de passiefhuisstandaard in aanmerking komen voor subsidies. Zij moeten echter eerst geselecteerd worden door een selectiecommissie om hier gebruik van te kunnen maken.

Vooraleer een school aan de passiefhuisstandaard voldoet, moet het gebouw volgens het decreet ten minste aan de volgende criteria beantwoorden:

- Een netto energiebehoefte voor verwarming ≤ 15 kWh/m² per jaar;
- Een netto energiebehoefte voor koeling ≤ 15 kWh/m² per jaar;
- Een luchtdichtheid (n50-waarde) $\leq 0,6$ h⁻¹;
- Een maximaal E-peil² van E55.

Ook de selectiecriteria die door de selectiecommissie gehanteerd worden om te bepalen welke passiefscholen er in aanmerking komen voor infrastructuurmiddelen, staan opgesomd in het decreet betreffende energieprestaties in scholen. Deze selectiecriteria zijn de volgende:

- De mate waarin een project zich bevindt in een stadium met zicht op snelle realisatie;
- De mate waarin de inrichtende macht bereid is de status van pilootproject inzake energieprestaties van het project open te stellen voor andere inrichtende machten en onderwijsactoren;
- De representativiteit van het bouwproject;
- De mate waarin de inrichtende macht de bereidheid en motivatie bewijst om de energieprestaties van het project permanent op te volgen of te laten opvolgen door de Vlaamse overheid;

² Het E-peil is een maat voor de energieprestatie van een gebouw en de vaste installaties ervan in standaardomstandigheden. Hoe lager het E-peil, hoe energiezuiniger het gebouw is. (Energiesparen, 2010)

- De mate waarin het bouwproject deel uitmaakt van een totaalvisie van de inrichtende macht op duurzaamheid.

Volgens het decreet zijn al deze criteria even belangrijk bij het maken van de selectie. Nadat de selectiecommissie op basis van bovenstaande criteria een aantal scholen geselecteerd heeft, gaat de Vlaamse regering op advies van de commissie beslissen over de selectie en de rangschikking van de projecten.

Enkel de geselecteerde scholen komen vervolgens in aanmerking voor een subsidie. Deze subsidie wordt verleend door het Agentschap voor Infrastructuur in het Onderwijs (AGION). AGION verleent de geselecteerde scholen een subsidie voor de meerkost die verbonden is aan het bouwen van een passiefschool ten opzichte van het bouwen van een school die niet voldoet aan het E70-peil. Deze meerkost werd vastgelegd op € 235,00/m². Men neemt namelijk aan dat de financiële norm voor het bouwen van een conventionele school € 1.175,00/m² is. Voor een passiefschool ligt deze financiële norm op een hoogte van € 1.410,00/m². Het verschil tussen deze normen levert een meerkost op van € 235,00/m². Dit bedrag wordt voor 100% gefinancierd door AGION. (AGION, 2009) In het laatste hoofdstuk van deze masterproef zal onderzocht worden of deze subsidie voldoende groot is om de meerkosten die verbonden zijn aan het bouwen van een passiefschool te dekken.

2.2 Energiebesparende technieken

De besparingen die men in passiefscholen kan behalen op het gebied van energieverbruik worden mogelijk gemaakt door een betere isolatie, een extreme luchtdichtheid en een mechanische balansventilatie. Met behulp van deze technieken kunnen de warmteverliezen in passiefscholen geminimaliseerd worden, wat bijdraagt tot een reductie van het energieverbruik. Ook maakt men in passiefscholen gebruik van passieve warmtewinsten om de school te verwarmen. Dit gebeurt onder andere door een goede oriëntatie van de beglazing en eventueel door het gebruik van zonnepanelen. De school wordt eveneens verwarmd door interne warmtebronnen, zoals personen en elektrische toestellen. Omwille van de goede thermische eigenschappen is in een passiefschool een traditioneel

verwarmings- of koelsysteem overbodig en kan men toch het hele jaar door genieten van een aangename binnentemperatuur.

Doordat het grootste deel van de milieubelasting van gebouwen in het energieverbruik voor ruimteverwarming ligt, zijn passiefscholen ecologisch zinvol. In deze gebouwen wordt er namelijk een grote daling in het energieverbruik voor verwarming gerealiseerd. Deze besparing op verwarming is natuurlijk niet alleen goed voor het milieu, maar zal vanwege de besparing op energiekosten ook aan scholen de mogelijkheid bieden om een groter deel van hun budget te gebruiken voor hun educatieve doeleinden.

Hierna wordt dieper ingegaan op enkele technieken die gebruikt worden in passiefscholen en die bijdragen tot een reductie van het energieverbruik. Achtereenvolgens worden de doorgedreven isolatie, extreme luchtdichtheid, passieve warmtewinsten, mechanische balansventilatie, efficiënte apparaten en de hernieuwbare energie besproken.

2.2.1 Doorgedreven isolatie

In conventionele scholen is er door een gebrek aan isolatie vaak sprake van een hoge mate van warmteverlies. Dit heeft tot gevolg dat men grote verwarmingsinstallaties nodig heeft. In passiefscholen lost men dit probleem op door te zorgen voor extra isolatie.

Om het warmteverlies in passiefscholen te beperken gebruikt men 20 cm isolatie in de vloer, in de muren wordt 25 tot 35 cm isolatie verwerkt en voor het dak gebruikt men zelfs een isolatie die 40 tot 45 cm dik is. Ook de ramen hebben een isolerende werking. In conventionele nieuwbouw gebruikt men dubbel glas, in passiefscholen wordt er daarentegen driedubbel glas gebruikt wat natuurlijk weer voor extra isolatie zorgt. Ook het schrijnwerk is extra geïsoleerd waardoor men geen koude voelt in de buurt van het glas.

Onderstaande tabel geeft het wettelijk isolatieminimum, het isolatieniveau bij laagenergiebouw en bij passiefbouw weer. Hieruit is duidelijk af te leiden dat passiefscholen het best geïsoleerd zijn.

Tabel 1: Meest courante isolatieniveaus

	Wettelijk minimum	Laagenergiebouw	Passiefbouw
Dak	10 – 12 cm	18 – 24 cm	40 – 45 cm
Muren	4 – 6 cm	12 – 15 cm	25 – 35 cm
Vloer	4 cm	8 – 10 cm	20 cm
Glas	3,5 kWh/m ²	1,1 – 1,0 kWh/m ²	0,6 kWh/m ²

Bron: Balthazar (2008)

De materialen die in passiefscholen gebruikt worden, moeten op het gebied van isolatie aan een opgelegde norm voldoen. De gebruikte materialen mogen maximaal een U-waarde hebben van (Marrecau & Meyers, 2007):

- 0,15 W/m²K voor wanden, vloeren en muren;
- 0,85 W/m²K voor vensters en deuren;
- 0,80 W/m²K voor beglazing.

Een U-waarde wordt uitgedrukt in W/m²K en geeft de isolatiewaarde van een constructiedeel (bv. dak of muur) aan. Deze waarde geeft aan hoeveel warmte er per seconde en per vierkante meter verloren gaat als het temperatuurverschil tussen binnen en buiten 1°C is. De U-waarde wordt bepaald door de verschillende materiaallagen waaruit het constructiedeel bestaat. (Energiesparen, 2009)

2.2.2 Luchtdichtheid

De luchtdichtheid is een instrument dat aangeeft hoeveel kieren en spleten in een gebouw aanwezig zijn waarlangs koude buitenlucht in het gebouw geraakt of warme lucht uit het gebouw ontsnapt. (Isolatie Verhoeven, 2008) In conventionele scholen gaat op deze manier veel warmte verloren. Indien een gebouw een gebrekkige luchtdichtheid heeft, kan dit aanleiding geven tot verschillende problemen zoals een slechte ventilatie, warmteverlies en eventueel condensatieproblemen die aanleiding kunnen geven tot schimmelvorming.

Om deze problemen te vermijden, wordt in een passiefschool voor een zeer goede luchtdichtheid gezorgd. Dit wordt verkregen door luchtdichte folies te gebruiken in de wanden en tochtstrips aan de ramen en deuren. Om de luchtdichtheid van een gebouw te testen kan gebruik gemaakt worden van een pressurisatieproef of 'blower-door' test. Hierbij wordt het gebouw helemaal afgesloten en wordt een ventilator in een deuropening gezet. Men blaast dan lucht in het gebouw of zuigt lucht eruit zodat er een drukverschil van 50 Pascal gecreëerd wordt tussen de binnenruimte en de buitenruimte. Dan meet men de weglekkende lucht die per uur door de ventilator gaat. Dat luchtdebiet deelt men door het binnenvolume van het gebouw. De waarde die men dan verkrijgt mag niet groter zijn dan 0,6 per uur. Om van een passiefschool te kunnen spreken moet het gebouw dus voldoen aan een luchtdichtheidsgraad $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$. (Marrecau & Meyers, 2007) Dit werd in paragraaf 2.1 al aangegeven bij de criteria waaraan een gebouw moet beantwoorden om aan de passiefstandaard te voldoen.

2.2.3 Passieve warmtewinsten

In passiefscholen gebruikt men verschillende technieken om ervoor te zorgen dat de warmtewinsten gemaximaliseerd worden. Een manier om dit te bereiken is door de school zo te oriënteren dat deze naar het zuiden gericht is. Vervolgens zorgt men ervoor dat de glasvlakken van de school zich aan de zuidelijke kant bevinden, zo kan men de warmte die afkomstig is van de zon optimaal benutten. Om deze warmte binnen het gebouw te houden wordt verder gebruik gemaakt van extra isolerend glas, namelijk driedubbele beglazing. Doordat de ramen in passiefscholen naar het zuiden gericht zijn, wordt de warmte van de zon in de winter op een optimale manier gebruikt. In de zomer is er wel nood aan een zonnewering om oververhitting van de school tegen te gaan. Bij scholen kiest men in dit opzicht best voor een aanpasbare zonnewering. Ook is het aan te raden om de zonnewering aan de buitenkant van het raam te plaatsen. Indien men dit niet doet zal er immers nog steeds veel warmte door het glas komen.

Binnen de school zijn er ook elementen terug te vinden die zorgen voor passieve warmtewinsten, ze worden onder andere verkregen door het gebruik van apparaten. Deze interne warmtewinsten zijn bijvoorbeeld afkomstig van elektrische toestellen zoals computers, lampen of televisies. (Passiefhuisplatform, 2009)

2.2.4 Mechanische balansventilatie

Een goede ventilatie is zeer belangrijk omdat het bijdraagt tot een gezond leefklimaat binnen de school. In passiefscholen wordt de ventilatie geregeld met behulp van een mechanische balansventilatie. Dit systeem zorgt voor een uitstekende luchtkwaliteit door de afvoer van vervuilde binnenlucht en de aanvoer van zuivere buitenlucht.

In de winter wordt de aangevoerde koude buitenlucht verwarmd door de afgevoerde warme binnenlucht. Dit gebeurt met behulp van een warmte-recuperatieapparaat. De luchtstromen worden echter niet met elkaar in contact gebracht om de kwaliteit van de zuivere buitenlucht niet te schaden door deze te mengen met de afgevoerde vervuilde binnenlucht. Door dit systeem toe te passen wordt 90% van de warmte van de binnenlucht hergebruikt om de aangevoerde buitenlucht te verwarmen.

Een aanvullende manier om de buitenlucht op te warmen is de bodem-lucht warmtewisselaar. Hierbij wordt de buitenlucht de school ingezogen langs een buis die ingegraven wordt in de grond. Gedurende de winter wordt de koude buitenlucht dan voorverwarmd door de warmere bodem en daarna de school ingeblazen. Tijdens de zomer gebeurt het omgekeerd en wordt de warme buitenlucht juist afgekoeld door de koele bodem. Deze koele lucht kan dan rechtstreeks de school ingeblazen worden zonder dat daar een warmtewisselaar aan te pas moet komen.

Dit balansventilatiesysteem zorgt ervoor dat er steeds een aangenaam binnenklimaat gecreëerd wordt. Bijgevolg heeft men in passiefscholen geen behoefte aan extra verwarming door middel van radiatoren. Er is enkel een naverwarmingssysteem op de balansventilatie nodig die ervoor zorgt dat de

aangevoerde buitenlucht gedurende de koudste dagen van het jaar op de gewenste temperatuur gebracht wordt. (Passiefhuisplatform, 2009).

Voor de balansventilatie in een passiefschool is het aangeraden om een warmtewisselaar te gebruiken met een rendement dat groter is dan 75%. (Marrecau & Meyers, 2007).

2.2.5 Efficiënte apparaten

Om het energieverbruik in passiefscholen nog verder te reduceren, wordt er gebruik gemaakt van efficiënte apparaten. Dit zijn energiezuinige apparaten die het elektriciteitsverbruik laten dalen. Door de aanschaf van deze apparaten kan de elektriciteitsconsumptie in een school met 50% gereduceerd worden zonder tevredenheidsverlies van de gebruikers. (Marrecau & Meyers, 2007) Men kan deze apparaten herkennen aan hun A+ label. Dit energielabel is terug te vinden op veel apparaten en geeft informatie over het energieverbruik, de inhoud en het geluidsniveau van het apparaat. Het energielabel loopt van A (zuinig) tot G (onzuinig). (van Alphen & van der Meyden, 2008)

Als men voor de evaluatie van deze apparaten naar hun totale levensduur kijkt, kan men constateren dat ze, ten opzichte van andere apparaten, economisch het voordeligst zijn. Ze zijn over hun levensduur goedkoper dan conventionele toestellen omdat ze zichzelf terugbetalen onder de vorm van energiebesparing. (Marrecau & Meyers, 2007)

2.2.6 Hernieuwbare energie

Een passiefschool verbruikt 75% minder energie dan een conventionele school. Dit heeft tot gevolg dat het interessant wordt om gebruik te maken van hernieuwbare energie. Er bestaan verschillende technieken die hier gebruik van maken, zo zijn er onder andere zonnepanelen, warmtepompen en zonneboilers. In passiefscholen zal men voornamelijk gebruik maken van zonnepanelen, toch wordt deze techniek niet

altijd toegepast. Er zullen dus ook passiefscholen zijn waar deze techniek niet gebruikt wordt.

Zonnepanelen maken gebruik van de zon om elektriciteit op te wekken. De panelen vangen energie van de zon op en zetten hiervan 5 tot 15% om in elektriciteit. Het omzetten van het zonlicht in elektriciteit gebeurt aan de hand van zonnecellen. Deze cellen bestaan uit twee lagen: een bovenlaag met een negatieve en een onderzijde met een positieve lading. Tussen die 2 lagen ontstaat onder invloed van het daglicht een spanningsverschil. Zodra de twee lagen met elkaar verbonden worden, gaat er een elektrische stroom lopen. Om de opbrengst van zonnepanelen te maximaliseren moeten ze naar het zuiden gericht zijn en onder een hellingshoek van 36 graden staan. (Rakhorst, 2008)

2.3 Conventionele scholen versus passiefscholen

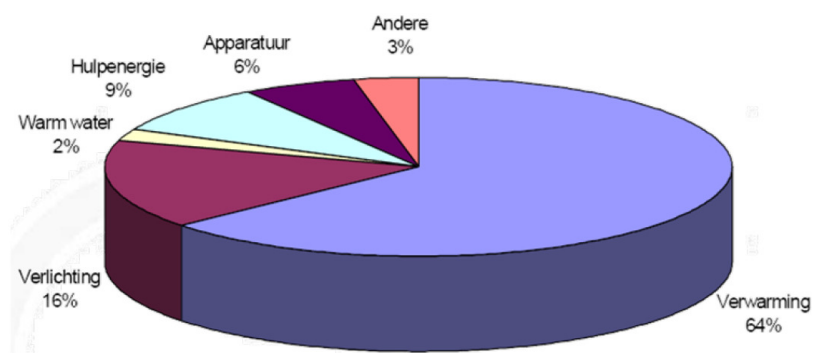
Doordat conventionele scholen en passiefscholen op een andere manier geconstrueerd worden, kunnen er een aantal verschillen opgemerkt worden tussen deze 2 schooltypes. De belangrijkste pijnpunten van bestaande schoolgebouwen zijn volgens Marrecau en Meyers (2007) de slechte luchtkwaliteit en de hoge energiefacturen. In dit onderdeel zullen de voornaamste verschillen op het gebied van energieverbruik, verwarming, verlichting, isolatie en ventilatie aan bod komen.

2.3.1 Energieverbruik

Het energieverbruik van scholen verschilt van het energieverbruik van andere gebouwen. Scholen worden namelijk 's nachts, in de weekends en de schoolvakanties niet gebruikt. Wanneer ze gebruikt worden, gebeurt dit over korte intervallen die afgewisseld worden met korte pauzes. Gedurende de gebruikperiodes worden ze gekenmerkt door een hoge bezettingsgraad. Hierdoor moeten de energiesystemen in scholen aan bepaalde voorwaarden voldoen. De verwarmingsinstallaties moeten bijvoorbeeld in staat zijn om de gebouwen op korte tijd te verwarmen. (De Deene, Loncke, Martens & Daems, 2001)

Verder is er, zoals reeds aangehaald werd, ook een verschil in het energieverbruik van conventionele scholen en passiefscholen waar te nemen. Het energieverbruik in conventionele scholen ligt een stuk hoger als in passiefscholen. Maar waar wordt nu juist al die energie voor gebruikt?

In conventionele scholen kan de verdeling van het energieverbruik weergegeven worden door onderstaande figuur. Het merendeel van de energie wordt, zoals te zien is in deze figuur, aangewend voor de verwarming en verlichting van de schoolruimtes. Dit houdt mede in dat conventionele scholen zeer gevoelig zijn voor verandering in de brandstof- en elektriciteitsprijzen. Een stijging van deze prijzen zal ervoor zorgen dat de conventionele scholen een groter deel van hun budget moeten besteden aan het betalen van de energiefactuur. Zo houden ze steeds minder middelen over voor hun educatieve doeleinden. Als de evolutie van de energieprijzen in acht genomen wordt, kan geconstateerd worden dat dit in de toekomst voor problemen zou kunnen zorgen. De energieprijzen zijn de laatste jaren namelijk sterk gestegen, wat dus tot gevolg heeft dat conventionele scholen een steeds kleiner deel van hun budget overhouden voor de inhoudelijke werking.



Figuur 4: Analyse energieverbruik conventionele school

Bron: Cenergie (2008)

Indien de energieprijzen van 2007 gehanteerd worden, betaalt een gemiddelde Vlaamse basisschool met een oppervlakte van 2.000 m² jaarlijks ongeveer € 26.000 aan energie- en waterfacturen. Een gemiddelde middelbare school telt hiervoor al € 105.000 meer. Het onderwijs neemt hiermee een niet onbelangrijke 1,1% van het totale Vlaamse energieverbruik voor haar rekening. (Coolen, Knuysen & Vanvuchelen, 2007)

Het energieverbruik in passiefscholen ligt vier keer lager dan dat van conventionele scholen. Door te kiezen voor passiefscholen zou het onderwijs bijgevolg een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan energiebesparing en meer middelen overhouden voor haar educatieve doeleinden. Scholen besteden namelijk jaarlijks, zoals reeds aangehaald, een belangrijk deel van hun werkingsmiddelen aan de energiefactuur. Voor een doorsnee school uit het basis- en het secundair onderwijs kan de totale energiefactuur oplopen tot ongeveer 14% van de totale werkingsmiddelen. Dankzij de lagere energiefacturen, die gerealiseerd kunnen worden door het bouwen van een passiefschool, zullen de scholen meer middelen kunnen besteden aan hun inhoudelijke werking. (Baccaert et al., 2010)

2.3.2 Verwarming

In bovenstaande paragraaf werd reeds aangegeven dat een groot deel van het energieverbruik naar de verwarming van de klaslokalen gaat. In deze paragraaf zal dieper ingegaan worden op de verwarming door een gedetailleerder beeld te geven van de kosten.

Aangezien het onmogelijk is om te voorspellen welke hoogte de energieprijzen in de loop der jaren zullen aannemen, wordt er in het vervolg van de paragraaf gebruik gemaakt van energieprijzen die gehanteerd worden door studie bureaus. Met behulp van deze energieprijzen is het mogelijk om de kosten van verwarming te bepalen.

Deze kengetallen zijn de volgende (Sauwer & Gryffroy, 2007):

- Aardgas: 0,04 €/kWh
- Stookolie: 0,55 €/liter (= 0,055 €/kWh)
- Elektriciteit: 0,15 €/kWh

Er wordt aangenomen dat het brandstofgebruik in scholen tussen de 100 tot 250 kWh/m² ligt. Tabel 2 geeft dit weer en maakt hierbij een onderscheid tussen het kleuter- en basisonderwijs, het middelbaar onderwijs en sportzalen. Voor deze categorieën worden er steeds 3 waarden weergegeven omdat de waarnemingen in de verschillende scholen sterk uiteen liepen. De tabel geeft de waarde die geldt voor de onderste 20% en de bovenste 20% van de waarnemingen weer om dit

verschil duidelijk te maken. Ook de mediaan werd in de tabel opgenomen. (Sauwer & Gryffroy, 2007)

Tabel 2: Brandstofverbruik in scholen

	Verbruik: kWh/m ² /jaar		
	20%	50%	80%
Kleuter- en basisonderwijs	135	165	240
Middelbaar onderwijs	105	165	270
Sportzalen	175		400

Bron: Sauwer & Gryffroy (2007)

Het kostenplaatje dat hieraan verbonden is, wordt vervolgens berekend met behulp van de hierboven aangegeven energieprijzen. Vermits het hier om verwarming gaat worden de kostprijzen van aardgas en stookolie bekeken.

Tabel 3: Verbruik van aardgas

	Aardgas: kWh/m ² /jaar			Kost €/kWh	Aardgas: €/m ² /jaar		
	20%	50%	80%		20%	50%	80%
Kleuter- en basisonderwijs	135	165	240	0,04	5,4	6,6	9,6
Middelbaar onderwijs	105	165	270	0,04	4,2	6,6	10,8
Sportzalen	175		400	0,04	7		16

Bron: Sauwer & Gryffroy (2007)

Tabel 4: Verbruik van stookolie

	Stookolie: kWh/m ² /jaar			Kost €/kWh	Stookolie: €/m ² /jaar		
	20%	50%	80%		20%	50%	80%
Kleuter- en basisonderwijs	135	165	240	0,055	7,4	9,1	13,2
Middelbaar onderwijs	105	165	270	0,055	5,8	9,1	14,9
Sportzalen	175		400	0,055	9,6		22,0

Bron: Sauwer & Gryffroy (2007)

Uit bovenstaande tabellen kan afgeleid worden dat er grote verschillen zijn tussen scholen wat betreft het brandstofverbruik en dat bijgevolg ook de kosten die verbonden zijn aan verwarming sterk variëren. Deze verschillen tussen scholen worden veroorzaakt door de hoeveelheid isolatie die gebruikt wordt in het gebouw maar ook door de afregeling en de energiezuinigheid van de installaties. (Sauwer & Gryffroy, 2007)

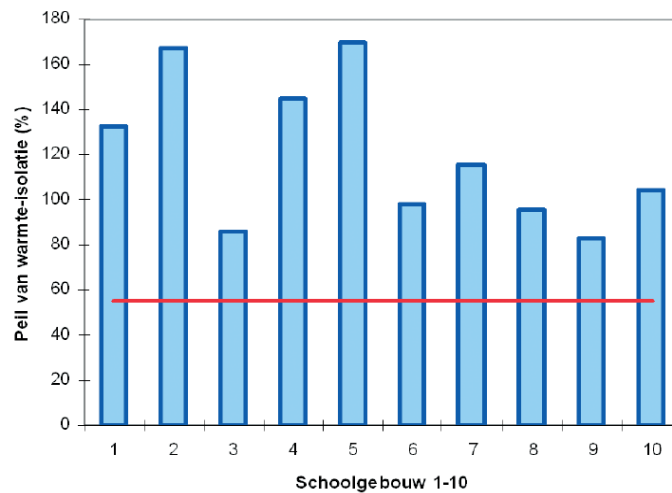
Als hier even de passiefschool bij betrokken wordt, kan geconcludeerd worden dat in deze scholen het verbruik lager zal liggen, vermits in deze gebouwen gebruik gemaakt wordt van een doorgedreven isolatie en van energiezuinige installaties. De verwarmingskost in een passiefschool is, zoals aangegeven wordt in de literatuur, 75% lager dan in een conventionele school. Dit geeft aan dat het brandstofverbruik in scholen gereduceerd kan worden door ze extra te isoleren en door bij de aankoop van installaties rekening te houden met hun verbruik.

2.3.3 Isolatie en ventilatie

Isolatie is een zeer belangrijk onderdeel van een gebouw, dat in grote mate het energieverbruik ervan bepaalt. Hoe beter het gebouw geïsoleerd is, hoe lager het energieverbruik zal zijn en hoe lager bijgevolg ook de daarmee verbonden CO₂-uitstoot zal zijn. Indien men steeds meer gebouwen van een betere isolatie zou voorzien, zou dit bijgevolg een positieve invloed hebben op het milieu. Dit alles geldt ook voor scholen. De opdracht is om evenzeer in deze gebouwen te zorgen voor een goede isolatie.

Een ander belangrijk element in scholen is een goede luchtkwaliteit. De reden waarom dit element zo belangrijk is, is de aanwezigheid van kinderen. Kinderen zijn namelijk gevoeliger voor ongezonde lucht vermits hun ademhalings- en immuunsysteem nog volop in ontwikkeling is. Net zoals in huizen draagt een goede luchtkwaliteit in scholen bij tot een gezond leefklimaat. De kwaliteit van de lucht die aanwezig is binnen de school heeft namelijk een invloed op de gezondheid en het concentratievermogen van de leerlingen. Een goede luchtkwaliteit zal zorgen voor een gunstige leeromgeving en geeft een gevoel van comfort, gezondheid en welbevinden. Een slechtere luchtkwaliteit kan aanleiding geven tot fysieke gezondheidsklachten zoals misselijkheid, vermoeidheid, hoofdpijn en stress. Hiernaast kan een slechte kwaliteit ook leiden tot discomfort, onoplettendheid en prikkelbaarheid. Dit alles heeft tot gevolg dat leerlingen en leerkrachten vaker afwezig zullen zijn. Met behulp van een betere ventilatie kan men de luchtkwaliteit echter verbeteren en zullen bovenstaande klachten afnemen.

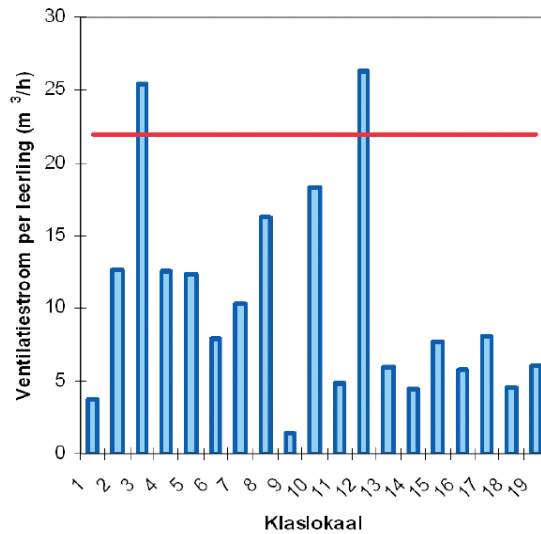
Als er voor conventionele scholen een beoordeling gemaakt wordt op het gebied van isolatie en ventilatie, kan besloten worden dat ze op beide vlakken vaak ondermaats presteren. Onderstaande figuur geeft dit weer door het peil van de warmte-isolatie aan te geven voor tien willekeurig gekozen scholen. Hoe lager het peil, hoe beter de school geïsoleerd is. De grafiek geeft aan dat alle geselecteerde scholen ondermaats presteren. De scholen halen zelfs de verplichte bovengrens voor woongebouwen van 14 jaar (K55) geleden niet die in de grafiek wordt weergegeven door de horizontale lijn. (Hens, 2007)



Figuur 5: Peil van warmte-isolatie voor 10 scholen

Bron: Hens (2007)

Als vervolgens de luchtkwaliteit van 19 verschillende klaslokalen bekeken wordt, is het duidelijk dat ook op dat gebied de scholen tekortschieten. De luchtkwaliteit wordt in figuur 6 beoordeeld door naar de toegevoerde verse lucht per leerling te kijken bij klassen van gemiddeld 30 leerlingen. (Hens, 2007) Zoals in de figuur te zien is, blijft de ventilatiestroom per leerling in de meeste klaslokalen onder de horizontale lijn, zodat ook op dit gebied de norm niet gehaald wordt.



Figuur 6: Toegevoerde verse lucht per leerling

Bron: Hens (2007)

Een andere manier om de kwaliteit van de lucht te beoordelen is door de hoeveelheid CO₂ (in ppm) te meten die zich in de lucht bevindt. Het verschil tussen de CO₂-concentratie die gemeten wordt binnen het klaslokaal en de CO₂-concentratie van de buitenlucht mag ten hoogste 1000 ppm zijn. Stael en Van Den Bossche (2009) onderzochten deze materie in hun masterscriptie 'Energieprestatie en ventilatie in schoolgebouwen'. Het onderzoek dat uitgewerkt werd in deze scriptie omvatte de uitvoering van metingen in 12 scholen verspreid over Vlaanderen. In totaal werden er metingen uitgevoerd in 26 verschillende klaslokalen. In het onderzoek werd een onderscheid gemaakt tussen scholen ouder dan tien jaar en scholen jonger dan tien jaar. Er werden tevens metingen uitgevoerd in een passiefschool, namelijk in de school 'De Zande' in Beernem. Ook werd een opdeling gemaakt naargelang het type ventilatiesysteem dat aanwezig was in de scholen.

Uit de resultaten van het onderzoek bleek dat in oude scholen de CO₂-concentratie de helft van de tijd te hoog was. Jongere scholen bleken beter te scoren en in de passieschool bleek de CO₂-concentratie de norm van 1000 ppm op geen enkel moment te overschrijden. Bij de beoordeling van het ventilatiesysteem bleek dat het ventilatiesysteem dat in passiefscholen gebruikt wordt (systeem D³) de beste

³ Een mechanische toevoer van verse lucht via elektrische ventilatoren en de mechanische afvoer van vervuilde lucht door elektrische ventilatoren. (Energiesparen, 2010)

resultaten oplevert. Dit systeem maakt gebruik van de eerder aangehaalde mechanische balansventilatie. Systeem A, dat een systeem van natuurlijke aanvoer en afvoer inhoudt, bleek slechter te scoren dan de oude scholen waarin geen ventilatiesysteem gebruikt wordt. De toevoer en afvoer van verse lucht gebeurt bij systeem A via natuurlijke toevoeropeningen in vensters of muren. (Energiesparen, 2010) Onderstaande tabellen geven de resultaten van het onderzoek weer.

Tabel 5: Verschil tussen CO₂-concentratie binnen en buiten bij verschillende schooltypes

	Oude scholen	Nieuwe scholen	Passiefschool
Δ CO ₂ < 1000 ppm	48,70%	62,82%	100,00%
Δ CO ₂ > 1000 ppm	51,73%	37,18%	0,00%

Bron: be.passive (2010)

Tabel 6: Verschil tussen CO₂-concentratie binnen en buiten bij verschillende ventilatiesystemen

	Geen ventilatie	Systeem A	Systeem D
Δ CO ₂ < 1000 ppm	59,80%	36,84%	82,19%
Δ CO ₂ > 1000 ppm	40,20%	63,16%	17,81%

Bron: be.passive (2010)

Een recent onderzoek van de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO) toonde eveneens aan dat de luchtkwaliteit in scholen ondermaats is. Het onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van het departement Leefmilieu, Natuur en Energie en het Vlaams Agentschap voor Zorg en Gezondheid en kreeg de naam BiBa (Binnenlucht in Basisscholen). Om de kwaliteit van de binnenlucht in de basisscholen te controleren voerde VITO tussen 1 november 2008 en 31 maart 2009 een onderzoek uit in 30 lagere scholen verspreid over heel Vlaanderen. In deze scholen werden meetcampagnes uitgevoerd in 90 verschillende klaslokalen waardoor men tot het besluit kwam dat conventionele scholen veel te weinig verlucht worden. Dit heeft tot gevolg dat er in deze lokalen ongezonde concentraties van CO₂ en andere schadelijke stoffen voorkomen. Het onderzoek gaf aan dat in alle onderzochte lokalen de richtwaarden voor CO₂ overschreden werden. Dit zal ervoor zorgen dat kinderen sneller vermoeid zijn en concentratiestoornissen ondervinden. De hoeveelheid fijn stof en andere schadelijke stoffen bleken in sommige lokalen ook hoger te liggen dan de voorgeschreven richtlijnen. Dit heeft eveneens nadelige gevolgen voor kinderen. Een te hoge concentratie aan fijn stof verhoogt immers de kans op astma en allergieën terwijl bepaalde andere

schadelijke stoffen kankerverwekkend zijn. Deze problemen kunnen volgens VITO echter aangepakt worden door te zorgen voor een betere ventilatie.

De overheid heeft zich door deze tekortkomingen recentelijk meer toegelegd op het energieverbruik van gebouwen. Resultaat van deze verhoogde focus op het energieverbruik is het decreet van 1 januari 2006 dat betrekking heeft op de energieprestaties en het binnenmilieu in gebouwen (EPB). Dit decreet legt aan nieuwbouw scholen een jaarlijks primair energieverbruik op, evenals normen betreffende de isolatie. Uit het decreet kunnen ook verplichtingen afgeleid worden die betrekking hebben op de luchtkwaliteit en de verlichting in scholen.

De voorwaarden waaraan de warmte-isolatie van een nieuwbouw school moet voldoen, kunnen als volgt geformuleerd worden (Hens, 2007):

- Het peil van warmte-isolatie mag niet hoger zijn dan K45;
- Gevels, daken, ramen en onderste vloeren moeten een minimale isolatiekwaliteit hebben, die wordt uitgedrukt in termen van een maximale warmtedoorgangscoefficiënt (bijlage 4).

Als de school compacter is, mogen de voorwaarden die betrekking hebben op de warmtedoorgangscoefficiënt minder streng zijn. De reden hiervoor is dat een school energiezuiniger wordt als de compactheid toeneemt. Deze compactheid wordt afgeleid uit de verhouding tussen het beschermde volume (in m^3) en het verliesoppervlakte of de schil er omheen (in m^2). (Hens, 2007)

Betreffende ventilatie kunnen de volgende regels afgeleid worden uit het decreet (Hens, 2007):

- In alle ruimten waar mensen gedurende een langere tijd verblijven, zoals klaslokalen, vergaderzalen, de refter of de lerarenkamers, moet de ventilatiestroom minstens $22 m^3$ per uur per aanwezige bedragen;
- Men mag ook zorgen voor een betere ventilatie maar dan moet de extra ventilatie wel minder energie opslorpen dan de basisventilatie van $22 m^3$ per uur en per aanwezige.

Net zoals in de vorige paragrafen kan ook het op vlak van isolatie en ventilatie het besluit gevormd worden dat een passiefschool voor verbetering kan zorgen. Een passiefschool wordt voorzien van een doorgedreven isolatie wat ervoor zorgt dat deze scholen met gemak onder het verplichte maximale K-peil⁴ blijven en ook de andere voorwaarden betreffende warmte-isolatie vervullen. Bovendien zal er in een passiefschool een betere luchtkwaliteit gerealiseerd worden. Deze wordt verkregen door de toepassing van een mechanische balansventilatie. Met behulp van dit systeem zal er in een passiefschool altijd voldoende luchtverversing zijn en blijft de temperatuur toch optimaal. (Marrecau & Meyers, 2007)

2.4 Besluit

In passiefscholen worden de energieverliezen geminimaliseerd. Dit wordt bereikt door een doorgedreven isolatie, extreme luchtdichtheid, passieve warmtewinsten, energiezuinige apparaten en een mechanische balansventilatie. Door toepassing van deze technieken liggen de energiekosten van een passiefschool 75% lager dan bij een conventionele school. De mechanische balansventilatie zorgt er tevens voor dat een uitstekende luchtkwaliteit verkregen wordt in de klaslokalen.

Deze elementen zorgen ervoor dat steeds meer professionelen ervan overtuigd geraken dat gebouwen die op een passieve manier geconstrueerd worden een efficiënte oplossing kunnen vormen voor de huidige milieuproblematiek en de problematiek omtrent de stijgende energieprijzen.

⁴ De K-waarde is de globale isolatiewaarde van een gebouw. Hoe lager de waarde, hoe beter een gebouw is geïsoleerd, en hoe minder warmte er via de gebouwschil ontsnapt. (Passiefhuisplatform, 2009)

Hoofdstuk 3: Kosten-batenanalyse

De grootste problemen in conventionele scholen zijn de slechte luchtkwaliteit en het hoge energieverbruik. Deze problemen kunnen, zoals in vorig hoofdstuk reeds aangegeven werd, gedeeltelijk opgelost worden door te kiezen voor een passiefschool. De meerkost die verbonden is aan het bouwen van een passiefschool kan echter een struikelblok zijn voor inrichtende machten en schoolbesturen waardoor ze er uiteindelijk toch voor kiezen om een conventionele school te bouwen. Zoals aangegeven in bovenstaande paragraaf 2.1 kunnen projecten, na een selectie, een subsidie krijgen voor deze meerkosten. Deze subsidie kan ertoe leiden dat er vaker gekozen zal worden voor een passiefschool, maar omdat niet alle projecten in aanmerking komen voor deze subsidie zal er vanwege de meerkost toch vaak gekozen worden voor een conventionele school.

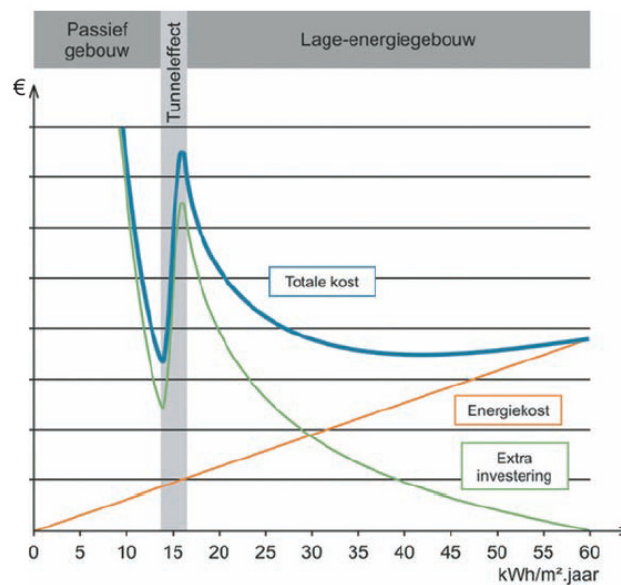
Wat de bouw van scholen betreft, moet er echter niet alleen rekening gehouden worden met de bouwprijs, er moet ook gekeken worden naar de operationele kosten die zich zullen voordoen tijdens het gebruik van het gebouw. Bij de bouw van conventionele scholen is er sprake van een lagere bouwprijs maar dit resulteert tijdens het gebruik van het gebouw in relatief hoge operationele kosten van verwarming, verlichting en elektriciteit. Bij passiefscholen is het omgekeerde waar, hier is de bouwprijs hoger en zijn de operationele kosten lager. De hogere bouwprijs wordt verkregen door de doorgedreven isolatie en het gebruik van duurzame materialen en passieve technieken. Deze elementen zorgen er op hun beurt wel voor dat de operationele kosten lager zijn.

Zoals hierboven reeds aangehaald werd, zullen inrichtende machten en schoolbesturen afgeschrikt worden door de hogere initiële prijs voor het bouwen van een passiefschool. Ze vergeten echter dat tijdens de levensduur van de school een besparing gerealiseerd zal worden op de operationele kosten. Door de verschillende passieve technieken die toegepast worden in passiefscholen zal het energieverbruik, zoals al eerder vermeld, vier keer kleiner zijn dan in een conventionele school. Om een efficiënte beslissing te nemen inzake de bouw van een school moet men dus niet alleen rekening houden met de bouwkosten maar ook met de toekomstige uitgespaarde kosten. In de kosten-batenanalyse die in dit

hoofdstuk uitgevoerd zal worden, zal bijgevolg rekening gehouden worden met deze toekomstige uitgespaarde kosten.

3.1 Kostenverloop

De verschillende technieken die gebruikt worden in passiefscholen zorgen voor een meerkost bij het bouwen van de school. Door een betere isolatie, extreme luchtdichtheid, passieve warmtewinsten en mechanische balansventilatie, wordt een conventioneel verwarmings- en koelsysteem echter overbodig. Op het punt waar de energiekosten zo laag zijn dat deze systemen weggelaten kunnen worden, zal er een sterke daling in de bouwkosten plaatsvinden. Hier spreekt men van het tunneleffect.



Figuur 7: Tunneleffect bij passief bouwen

Bron: Marrecau & Meyers (2007)

Op bovenstaande figuur wordt dit effect weergegeven. Op de horizontale as is het energieverbruik terug te vinden, op de verticale as de daaraan verbonden kost. De lineaire curve die vertrekt vanuit de oorsprong geeft de energiekost weer. Deze is afhankelijk van de mate waarin een gebouw geïsoleerd is en dus van het energieverbruik. Naarmate het gebouw beter geïsoleerd is, zullen de energiekosten dalen. Een passief gebouw zal vanwege de betere isolatie bijgevolg een lagere

energiekost hebben dan een laag-energiegebouw. Vervolgens is in bovenstaande figuur ook een curve afgebeeld die de extra investering weergeeft. De extra investering zal stijgen naargelang men minder energie verbruikt en richting een passief gebouw evolueert. Dit is te verklaren door de dure technieken die men moet gebruiken om het energieverbruik steeds verder te reduceren. In de grafiek is te zien dat bij een energieverbruik van 15 kWh/m² per jaar, de investeringskosten abrupt dalen. Dit is het punt waar een traditioneel verwarmings- en koelsysteem overbodig worden omdat het gebouw in verregaande mate geïsoleerd is. Hier spreekt men, zoals aangegeven op de figuur, van het tunneleffect. Voorbij dit punt gaat de investeringskost weer toenemen. Het is dan niet meer rendabel om het gebouw van extra isolatie te voorzien.

Bij de curve die de totale kosten weergeeft, wordt er een minimum bereikt tussen 40 en 45 kWh/m² per jaar. Hier wordt naar gestreefd bij lage-energiegebouw. De energiekost is op dit punt echter nog tamelijk hoog. Bij passiefbouw streeft men naar het punt waar de totale kosten aanzienlijk dalen door het wegvallen van het traditionele verwarmings- en koelsysteem. Dit doet zich voor bij een energieverbruik van 15 kWh/m² per jaar. Zoals reeds aangehaald in paragraaf 2.1 is dit ook de norm waaraan men moet voldoen om als passiefgebouw beschouwd te worden. Met het oog op de bovenstaande kostencurven kan besloten worden dat het vanuit economisch standpunt zinvol is om een gebouw zo te construeren dat het energieverbruik gelijk is aan 15 kWh/m² per jaar. De totale kost, energiekost en extra investering zijn op dit punt namelijk laag of kennen een aanzienlijke daling.

3.2 Veronderstellingen

Bij de realisatie van de kosten-batenanalyse zal een passief project met een conventioneel project vergeleken worden. Vooraleer de uitwerking van de kosten-batenanalyse aan bod komt, moeten er eerst enkele veronderstellingen toegelicht worden. Deze veronderstellingen zullen aangenomen worden gedurende de gehele uitvoering van de analyse.

Bij de uitwerking van de analyse zal rekening gehouden worden met de inflatie en de toekomstige evolutie van de rentevoet. Er zal met andere woorden gewerkt worden met de netto actuele waarde van de kosten en baten. Hierbij zal 2008 als referentiejaar aangenomen worden. Verder wordt er een reële rentevoet van 4% verondersteld, in overeenstemming met het reële rendement op een risicoloze investering in overheidsobligaties. (De Tijd, 2010) Als termijn wordt er een periode van 30 jaar aangenomen.

Naast de investeringskosten worden in de kosten-batenanalyse ook de energiekosten opgenomen. Voor de prijzen van elektriciteit, gas en stookolie wordt gebruik gemaakt van de gegevens die vrijgegeven worden door het Nationaal Instituut voor Statistiek. Deze gegevens zijn een weergave van de prijzen van 2008. Voorts wordt er bij de kosten-batenanalyse vanuit gegaan dat de energiekost in de loop der jaren zal toenemen. Voor de brandstofprijzen wordt een stijging van 1,5% per jaar verondersteld, voor de elektriciteitsprijzen wordt er daarentegen een toename van 1,0% per jaar verondersteld. Dit is een conservatieve veronderstelling vermits de Vlaamse overheid in haar folder betreffende passiefscholen een stijging van de energiekost van 3% per jaar voorstelt. Hieruit volgt dat de resultaten van de kosten-batenanalyse, die in deze masterproef uitgevoerd zal worden, niet te optimistisch zullen zijn. Er wordt ook aangenomen dat de procentuele stijging van de brandstofprijzen groter is dan de procentuele stijging van de elektriciteitsprijzen. Er kan namelijk verwacht worden dat de brandstofprijzen sterker zullen stijgen dan de elektriciteitsprijzen omdat deze prijzen sterker beïnvloed zullen worden door de verschillende energiebronnen waarvan de natuurlijke reserves voortdurend schaarser worden.

Vermits in de kosten-batenanalyse een passiefschool met een conventionele school vergeleken gaat worden, moet aan het begrip conventionele school ook een duidelijke omschrijving gegeven worden zodat de vergelijkingsbasis niet verkeerd geïnterpreteerd wordt. De conventionele school die in deze analyse als referentieschool aangenomen zal worden, komt overeen met een school die voldoet aan de E100 norm. Dit is een school met een standaard isolatiepeil die gebruik maakt van natuurlijke ventilatie. Hier tegenover wordt dan de passiefschool gezet die maximaal moet voldoen aan de E55 norm, zoals reeds aangegeven werd bij de criteria in paragraaf 2.1. In deze school zal gebruik gemaakt worden van een

doorgedreven isolatie, drievoudige beglazing, een hoge luchtdichtheid en een mechanische balansventilatie.

3.3 Meerkost passiefschool

In deze paragraaf wordt onderzocht welke meerkost verbonden is aan het bouwen van een passiefschool ten opzichte van het bouwen van een conventionele school. Hiervoor worden de private kosten, de private baten, de externe kosten en de externe baten bekeken. Om de kosten en baten in te schatten wordt er voornamelijk gebruik gemaakt van ramingen. Deze ramingen werden gehaald uit zes verschillende studies voor passiefscholen die in de toekomst gebouwd zullen worden. Uit confidentialiteit is het echter niet mogelijk om de verschillende scholen bij naam te noemen. De reden waarom er gebruik gemaakt wordt van ramingen is omdat er in België tot op heden weinig ervaring is op het vlak van het bouwen van passiefscholen. Tot het moment waarop de scholen ook effectief gebouwd worden, is men dus in zekere zin afhankelijk van deze ramingen.

3.3.1 Private kosten

Private kosten kunnen omschreven worden als kosten die voor rekening van de bouwheer komen. Het zijn met andere woorden de kosten van het bouwen van een passiefschool zoals de bouwheer ze berekent, zonder rekening te houden met maatschappelijke kosten die ontstaan door de aanwezigheid van externe effecten.

Vermits er in België weinig ervaring is met het bouwen van passiefscholen zijn onderstaande gegevens, zoals hoger reeds aangehaald, gebaseerd op ramingen. Hierdoor zijn er grote verschillen waar te nemen in de bouwkost per m² en in de meerkost die verbonden is aan het bouwen van een passiefschool. De zes studies geven een totale bouwkost per m² aan die loopt van € 1.233,04 tot € 1.753,68. Deze bouwkost bestaat uit de kost van de materialen en uit de arbeidskosten die nodig zijn om de school te bouwen. De gemiddelde bouwkost die hieruit voortvloeit, is gelijk aan € 1.426,81/m². De meerkost van de materialen die gehanteerd wordt

door de verschillende studies loopt van € 176,88/m² tot € 232,36/m². Dit zorgt voor een gemiddelde meerkost van € 203,41/m².

De meerkost van het bouwen van een passiefschool kan opgesplitst worden in verschillende onderdelen. Onderstaande tabel geeft hier een opsomming van. Ook in deze opdeling van de meerkost zijn grote verschillen merkbaar. De variatie in de meerkost is het grootst bij de muurisolatie. Hier loopt de meerkost van € 24,58/m² tot € 56,10/m², wat zorgt voor een verschil van € 31,52/m². De tweede grootste variatie is terug te vinden bij de algemene installatie, namelijk € 28,47/m². Ook bij de beglazing is een tamelijk grote variatie van € 25,00/m² merkbaar. De andere categorieën vertonen een kleinere variatie in de meerkost per m².

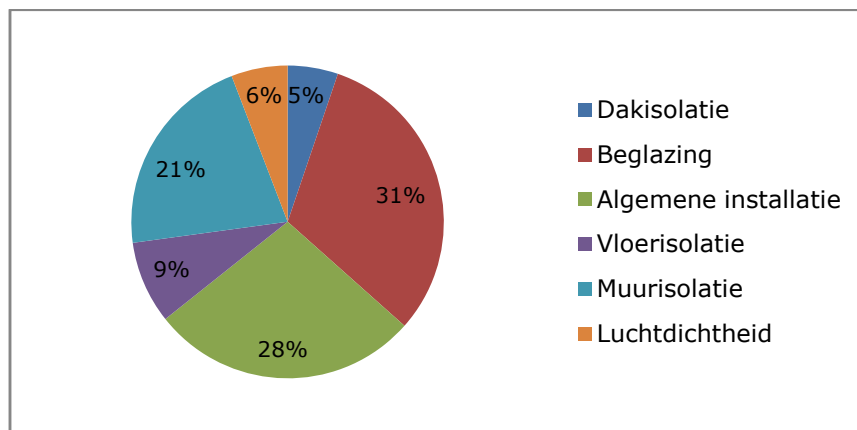
Tabel 7: Onderdelen van meerkost per m²

	Minimum	Mediaan	Maximum
Algemene installatie	€ 16,69	€ 23,17	€ 45,16
Beglazing	€ 100,00	€ 111,40	€ 125,00
Dakisolatie	€ 15,00	€ 15,80	€ 20,23
Luchtdichtheid	€ 3,42	€ 5,32	€ 7,22
Muurisolatie	€ 24,58	€ 32,50	€ 56,10
Vloerisolatie	€ 10,67	€ 16,78	€ 24,04

De bedragen in tabel 7 werden berekend aan de hand van kostenramingen van de zes verschillende scholen. Deze waarden zijn natuurlijk sterk afhankelijk van de ramingen waarover men beschikt. Indien men over meer kostenramingen beschikt, of over kostenramingen van andere scholen, zullen deze bedragen bijgevolg ook wijzigen. De bedragen zijn ook afhankelijk van hoe sterk het passiefconcept in de geselecteerde scholen wordt doorgetrokken. Al de scholen voldoen aan de criteria om als passiefschool bestempeld te worden, maar toch kunnen er nog verschillen bestaan op het gebied van passiefbouw. In de ene school kan men bijvoorbeeld de verwarmingsinstallatie volledig weglaten en enkel een balansventilatiesysteem gebruiken, terwijl men in de andere school nog steeds met een verwarmingsinstallatie kan werken maar dan wel met kleinere radiatoren en een verwarmingsketel met minder vermogen. Deze verschillen spelen natuurlijk een rol in de grootte van de meerkosten die verbonden zijn aan de onderdelen uit tabel 7. Voor sommige scholen uit de studies werden ook enkel de totale kosten van deze onderdelen vermeld. Om de meerkost te kunnen bepalen, werd er aangenomen dat 15% van deze totale kosten overeenkomt met het bedrag dat verbonden is aan de

meerkosten. Dit percentage werd overgenomen uit de folder van de Vlaamse overheid die betrekking heeft op passiefscholen.

Uit de verkregen studies was het vervolgens ook mogelijk om per categorie de gemiddelde meerkost te bepalen. Op deze manier is het mogelijk om te achterhalen waar bij een passiefproject de grootste extra investeringen aan besteed worden in vergelijking met een conventionele school. Hierbij wordt er gekeken naar de totale extra uitgaven die gebeuren per onderdeel, niet naar de meerkost per m² zoals hiervoor aangegeven werd. Figuur 8 geeft dit weer aan de hand van een cirkeldiagram waarbij de bedragen als percentages worden weergegeven.



Figuur 8: Gemiddelde meerkost

Uit de figuur kan afgeleid worden dat het grootste deel van de totale meerkost, die verbonden is aan het bouwen van een passiefschool, gespenseerd wordt aan de beglazing. Figuur 8 geeft verder ook aan dat een groot deel van de totale meerkost uitgegeven wordt aan de algemene installatie. Onder de term algemene installatie vallen technieken voor verwarming, ventilatie en koeling. Een ander grote kost bij het bouwen van een passiefschool is de muurisolatie. De dakisolatie, vloerisolatie en luchtdichtheid vormen het kleinste onderdeel van de totale meerkost.

Naast de gemiddelde meerkost per categorie was het vanuit de studies ook mogelijk om een gemiddelde totale meerkost te bepalen. De gemiddelde meerkost ten opzichte van een conventionele school bleek € 128.419,38 te zijn.

3.3.2 Private baten

Private baten kunnen omschreven worden als baten die toekomen aan de bouwheer. Hier houdt men dus net zoals bij de private kosten geen rekening met de invloed van het project op de maatschappij. Men kijkt enkel naar de private baten, niet naar de baten die het project voor de maatschappij oplevert.

De private baten die een passiefschool met zich meebrengt, zijn de besparingen op het energieverbruik en de besparing op de verwarmingsinstallatie en/of koelinstallatie. Er moet met andere woorden gekeken worden naar de invloed van het bouwen van een passiefschool op de verwarmingskosten en de elektriciteitskosten. Ook moet er bestudeerd worden wat de minkost is die ontstaat door het overbodig worden van de verwarmings- en/of koelinstallatie. Deze effecten vormen samen de private baten van een passiefschool. De berekeningen van deze effecten zullen gebeuren over een periode van 30 jaar zoals bij de veronderstellingen reeds werd aangegeven. Bij onderstaande berekeningen zal er uitgegaan worden van een passiefschool van 2.000 m² en een conventionele school van dezelfde oppervlakte. Deze oppervlakte moet beschouwd worden als de brutooppervlakte⁵ van de school. Doorheen alle studies werd er gewerkt met de brutooppervlakte vermits de bruto vloeroppervlakte meer courant is. Om de nettooppervlakte⁶ van de school te berekenen moet deze oppervlakte eenvoudigweg vermenigvuldigd worden met 0,8. De school van 2.000 m² heeft bijgevolg een netto vloeroppervlakte van 1.600 m².

Om de besparing op het gebied van de verwarmingskosten te achterhalen moet eerst en vooral geweten zijn wat het energieverbruik is van een conventionele school en van een passiefschool. De mediaanwaarde van de energiebehoefte van verwarming voor een conventionele school is volgens de studies gelijk aan 98,79 kWh/m². Voor een passiefschool geven de studies een mediaanwaarde van 12,91 kWh/m² aan. Deze energiebehoefte kan in Figuur 7 gesitueerd worden in de buurt van het punt waar het traditionele verwarmings- en koelsysteem overbodig worden.

⁵ De oppervlakte van een ruimte of een groep van ruimten, gemeten op vloerniveau langs de buitenomtrek van de opgaande scheidingsconstructies, die de desbetreffende ruimte of groep van ruimte omhullen. (Facana, 2010)

⁶ De oppervlakte van een ruimte of een groep van ruimten, gemeten op vloerniveau, tussen de begrenzendende opgaande scheidingsconstructies van de afzonderlijke ruimten. (Facana, 2010)

Zoals hoger aangehaald is de norm die een gebouw moet bereiken om als passiefgebouw beschouwd te worden een netto energiebehoefte voor verwarming die kleiner of gelijk is aan 15 kWh/m² per jaar. De 6 verschillende scholen uit de studies blijken dus wel degelijk passiefscholen zijn.

Om het jaarlijks verbruik te vinden, wordt de energiebehoefte vervolgens vermenigvuldigd met de oppervlakte van de school. Voor een conventionele school komt dit uit op een jaarlijks verbruik van 197.580 kWh voor de passiefschool op 25.820 kWh. Om de besparing op de verwarmingskost te bepalen, wordt nadien dit jaarlijks verbruik vermenigvuldigd met de prijs van aardgas en stookolie. Deze prijzen werden, zoals hoger reeds aangehaald, verkregen van het Nationaal Instituut voor Statistiek. Voor aardgas wordt een prijs aangenomen van 0,055 €/kWh, voor stookolie wordt een prijs aangenomen van 0,072 €/kWh. Dit zijn prijzen van 2008.

De jaarlijkse besparingen op aardgas en stookolie, die worden verkregen door het bouwen van een passiefschool van 2.000 m² in plaats van een conventionele school van diezelfde oppervlakte, worden weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 8: Besparing op aardgas bij passiefschool t.o.v. conventionele school

	Conventionele school	Passiefschool	Vershil conventionele school - passiefschool
Aardgasverbruik (kWh/jaar)	197.580	25.820	171.760
Aardgasprijs (€/kWh)	0,055	0,055	0,055
Totale kost (€)	10.866,90	1.420,10	9.446,80

Tabel 9: Besparing op stookolie bij passiefschool t.o.v. conventionele school

	Conventionele school	Passiefschool	Vershil conventionele school - passiefschool
Stookolieverbruik (kWh/jaar)	197.580	25.820	171.760
Stookolieprijs (€/kWh)	0,072	0,072	0,072
Totale kost (€)	14.225,76	1.859,04	12.366,72

Tabel 8 geeft aan dat bij een passiefschool van 2.000 m² een besparing van € 9.446,80 gerealiseerd kan worden op het aardgasverbruik ten opzichte van een conventionele school van 2.000 m². Uit tabel 9 kan op dezelfde manier afgeleid worden dat er met het bouwen van een passiefschool een besparing van

€ 12.366,72 verkregen kan worden op het stookolieverbruik. Een passiefschool zorgt dus op beide gebieden voor een behoorlijke besparing. Aangezien zoals hoger vermeld, aangenomen wordt dat de energiekost met 1,5% per jaar zal stijgen, zal deze besparing in de loop van de jaren alleen maar toenemen.

Het verschil tussen de conventionele school en de passiefschool, dat aangegeven wordt in tabel 8 en 9, kan variëren afhankelijk van de energiebehoefte van de passiefschool. Bij bovenstaande berekeningen wordt een energiebehoefte verondersteld van 12,91 kWh/m². Indien deze energiebehoefte hoger zou liggen, zal de besparing op het energieverbruik dalen. Een passiefschool zal in dat geval namelijk meer energie verbruiken waardoor bij deze school een hogere energiekost verkregen wordt en het verschil met de conventionele school bijgevolg kleiner wordt. Indien de energiebehoefte lager zou liggen, krijgen we het omgekeerde effect en zal de besparing groter worden. Het bouwen van een passiefschool zal dan nog voordeliger worden.

Naast besparingen op het aardgas- en stookolieverbruik kan een school ook besparen op zijn elektriciteitsverbruik. Deze besparing kan in een passiefschool bereikt worden door het gebruik van efficiënte apparaten zoals energiezuinige verlichting of printers. Ook zal er in passiefscholen minder elektriciteit nodig zijn indien er gebruik wordt gemaakt van daglichtdimming. Bij daglichtdimming zal het vermogen van de kunstmatige belichting namelijk aangepast worden in functie van het daglicht. Door de efficiënte verlichting en daglichtdimming gaat het vermogen bijgevolg afnemen waardoor op het vlak van verlichting een besparing gerealiseerd kan worden.

Volgens De Deene, Loncke, Martens en Daems (2001) is het gemiddeld elektriciteitsverbruik bij basisscholen 21,7 kWh/m² per jaar. Voor een secundaire school komt dit overeen met een verbruik van 21,6 kWh/m² per jaar. Vermits er bij passiefscholen voornamelijk een besparing gerealiseerd zal worden op het elektriciteitsverbruik voor verlichting zal hier niet naar het totale elektriciteitsverbruik gekeken worden maar enkel naar het verschil in elektriciteitsverbruik voor verlichting. Volgens het technisch studiebureau S&A gaat 60 tot 70% van het elektriciteitsverbruik in scholen naar verlichting. (S&A, 2002) Voor de berekeningen zal hier een gemiddelde van 65% verondersteld worden. Dit

betekent dat het gemiddeld elektriciteitsverbruik voor verlichting in een basisschool 14,11 kWh/m² per jaar is. Voor een secundaire school zal dit 14,04 kWh/m² per jaar zijn.

Voor een basisschool van 2.000 m² komt dit bijgevolg neer op een elektriciteitsverbruik van 28.220 kWh/jaar. Een secundaire school van 2.000 m² zal een elektriciteitsverbruik hebben dat gelijk is aan 28.080 kWh/jaar. Volgens het studie bureau Cenergie kan het elektriciteitsverbruik voor verlichting van een passiefschool de helft van het elektriciteitsverbruik voor verlichting van een conventionele school zijn. Onderstaande tabellen geven dit weer. Voor de prijs van elektriciteit wordt weer gekeken naar de gegevens die vrijgegeven worden door het Nationaal Instituut voor Statistiek (NIS). Voor 2008 is de elektriciteitsprijs volgens het NIS gelijk aan 0,159 €/kWh.

Tabel 10: Besparing op elektriciteit bij passiefschool t.o.v. conventionele basisschool

	Conventionele basisschool	Passiefschool	Vershil conventionele basisschool - passiefschool
Elektriciteitsverbruik (kWh/jaar)	28.220	14.110	14.110
Elektriciteitsprijs (€/kWh)	0,159	0,159	0,159
Totale kost (€)	4.486,98	2.243,49	2.243,49

Tabel 11: Besparing op elektriciteit bij passiefschool t.o.v. conventionele secundaire school

	Conventionele secundaire school	Passiefschool	Vershil conventionele secundaire school - passiefschool
Elektriciteitsverbruik (kWh/jaar)	28.080	14.040	14.040
Elektriciteitsprijs (€/kWh)	0,159	0,159	0,159
Totale kost (€)	4.464,72	2.232,36	2.232,36

Bovenstaande tabellen geven aan dat een passiefschool ook voor een aanzienlijke besparing kan zorgen op het vlak van elektriciteit. Vermits ook hier verondersteld wordt dat de elektriciteitsprijs per jaar met 1,0% zal toenemen, zal deze besparing alsmaar groter worden. Net zoals bij het energieverbruik kan ook hier de besparing variëren maar ditmaal door een wijziging in het elektriciteitsverbruik. Indien de passiefschool meer elektriciteit verbruikt dan hier verondersteld wordt, zal de

besparing kleiner zijn. De passiefschool zal dan immers geconfronteerd worden met een hogere elektriciteitsfactuur waardoor het verschil tussen de conventionele school en de passiefschool lager zal liggen. Indien de passiefschool minder elektriciteit verbruikt, zal de besparing daarentegen groter zijn.

Het laatste onderdeel van de private baten is de minkost die ontstaat door het overbodig worden van de verwarmings- en/of koelinstallatie. Deze kost is afhankelijk van de mate waarin men het passiefconcept doorvoert. De minkost is dus met andere woorden afhankelijk van de mate van isolatie, de luchtdichtheid, de mechanische balansventilatie, enzovoort. Men moet bij het bepalen van deze kost kijken naar het niveau waarin men de verwarmings- en/of koelinstallatie vervangt door technieken die kenmerkend zijn voor passiefbouw, zoals de mechanische balansventilatie. Bij elk project moet de bouwheer namelijk zelf beslissen in welke mate hij een verwarmings- en/of koelinstallatie installeert in het schoolgebouw. De bouwheer kan ervoor kiezen om de verwarmings- en koelinstallatie te verkleinen of volledig weg te laten.

De verschillende studies gaven als besparing op de verwarmingsinstallatie een mediaanwaarde voor de minkost aan van 0,11 euro per kWh die men bespaart op het energieverbruik door het bouwen van een passiefschool. De totale besparing op de installatie afgeleid uit de studies varieert van € 6.217,34 tot € 23.289,50. Dit komt neer op een besparing per m² die loopt van € 7,29 tot € 21,74. Voor de besparing op de koelinstallatie werd er slechts één minkost weergegeven in de studies, deze minkost was gelijk aan € 120.007,79. Vermits er van deze besparing niet meer gegevens voorhanden zijn, wordt deze besparing niet opgenomen in de verdere analyse. Veel conventionele scholen hebben ook geen koelinstallatie waardoor deze besparing niet altijd verkregen wordt. Ook de referentieschool, die in paragraaf 3.2 gedefinieerd werd, heeft geen koelinstallatie waardoor deze besparing vanzelfsprekend niet opgenomen moet worden.

3.3.3 Externe kosten

De externe kosten, die verbonden zijn aan het bouwen en het bestaan van een school, kunnen omschreven worden als kosten die ontstaan door de uitstoot van koolstofdioxide. CO₂-emissies kunnen ondermeer leiden tot milieuschade, ook kunnen deze emissies schade toebrengen aan de gezondheid van de bevolking. De kosten die verbonden zijn aan deze milieuschade en aan de gezondheidsproblemen zijn externe kosten. Om deze kost te berekenen zal hier gebruik gemaakt worden van de prijs van emissierechten. De prijs van een verhandelbaar Europees emissierecht is momenteel € 14,42. (European climate exchange, 2010)

Vooraleer de externe kost van scholen berekend kan worden, moet er geweten zijn hoeveel CO₂ deze gebouwen uitstoten. Hiervoor moet er gebruik gemaakt worden van emissiefactoren. De emissiefactoren geven per brandstofgroep aan hoeveel kg CO₂ wordt uitgestoten bij 1 MJ (megajoule) primair energieverbruik. Het primair energieverbruik is het totale verbruik per jaar aan energie ontleend aan fossiele brandstoffen, direct of via warmtekracht en elektriciteit, door gebouwinstallaties. (Organisatie voor duurzame energie, 2010) Men moet gebruik maken van de emissiefactoren per brandstofgroep omdat de uitstoot bij het verbruik van aardgas, stookolie en elektriciteit niet gelijk is. Zo heeft men geconstateerd dat de CO₂-uitstoot bij 1 MJ elektriciteit groter is dan bij 1 MJ aardgas. (Agentschap NL, 2008)

Tabel 12: CO₂-uitstoot per brandstofsoort

Brandstofsoort	CO₂-emissiefactor kg/MJ
Aardgas	0,0560
Elektriciteit	0,0694
Stookolie	0,0730

Bron: Agentschap NL (2008)

Om te berekenen wat de CO₂-uitstoot is van een conventionele school en passiefschool moet het energieverbruik vermenigvuldigd worden met de emissiefactor. Uitgaande van de voorbeeldschool van 2.000 m² wordt het energieverbruik gebruikt dat reeds aangegeven werd in de tabellen 8, 9, 10 en 11. Dit energieverbruik moet eerst omgezet worden van kWh naar MJ. Vermits 1 kWh gelijk is aan 3,6 MJ kunnen de gegevens omgezet worden naar MJ door ze eenvoudigweg te vermenigvuldigen met 3,6. Na het berekenen van de CO₂-uitstoot kan de kost van deze uitstoot berekend worden door ze te vermenigvuldigen met

€ 14,42. Dit is immers, zoals hoger reeds aangegeven, de kost van een ton CO₂ die uitgestoten wordt.

Tabel 13: Totale externe kost per jaar voor aardgasverbruik

	Conventionele school	Passiefschool	Vershil conventionele - passiefschool
Aardgasverbruik (kWh/jaar)	197.580,00	25.820,00	171.760,00
Aardgasverbruik (MJ/jaar)	711.288,00	92.952,00	618.336,00
Emissiefactor aardgas (kg/MJ)	0,056	0,056	0,056
CO₂-uitstoot per jaar (kg)	39.832,13	5.205,31	34.626,82
CO₂-uitstoot per jaar (ton)	39,83	5,21	34,63
Kost CO₂ (€/ton)	14,42	14,42	14,42
Totale externe kost per jaar (€)	574,38	75,06	499,32

Uit tabel 13 is af te lezen dat een conventionele school van 2.000 m², per jaar 39,83 ton CO₂ uitstoot. Dit komt overeen met een totale externe kost van € 574,38 per jaar. Een passiefschool van 2.000 m² stoot per jaar een aanzienlijk kleinere hoeveelheid CO₂ uit, namelijk 5,21 ton. Deze hoeveelheid levert een totale jaarlijkse externe kost van € 75,06 op. Er is dus een duidelijk verschil merkbaar tussen de conventionele school en de passiefschool.

Vervolgens kan dezelfde tabel opgemaakt worden voor elektriciteit en stookolie. Als energieverbruik voor elektriciteit wordt het gemiddelde van het elektriciteitsverbruik van Tabel 10 en Tabel 11 genomen, wat neerkomt op een verbruik van 28.150 kWh per jaar voor de conventionele school en 14.075 kWh per jaar voor de passiefschool. Onderstaande tabellen geven de berekeningen voor elektriciteit en stookolie weer.

Tabel 14: Totale externe kost per jaar voor elektriciteitsverbruik

	Conventionele school	Passiefschool	Vershil conventionele - passiefschool
Elektriciteitsverbruik (kWh/jaar)	28.150,00	14.075,00	14.075,00
Elektriciteitsverbruik (MJ/jaar)	101.340,00	50.670,00	50.670,00
Emissiefactor elektriciteit (kg/MJ)	0,0694	0,0694	0,0694
CO₂-uitstoot per jaar (kg)	7.033,00	3.516,50	3.516,50
CO₂-uitstoot per jaar (ton)	7,03	3,52	3,52
Kost CO₂ (€/ton)	14,42	14,42	14,42
Totale externe kost per jaar (€)	101,37	50,76	50,61

Tabel 15: Totale externe kost per jaar voor stookolieverbruik

	Conventionele school	Passiefschool	Vershil conventionele - passiefschool
Stookolieverbruik (kWh/jaar)	197.580,00	25.820,00	171.760,00
Stookolieverbruik (MJ/jaar)	711.288,00	92.952,00	618.336,00
Emissiefactor stookolie (kg/MJ)	0,0730	0,0730	0,0730
CO₂-uitstoot per jaar (kg)	51.924,02	6.785,50	45.138,53
CO₂-uitstoot per jaar (ton)	51,92	6,79	45,14
Kost CO₂ (€/ton)	14,42	14,42	14,42
Totale externe kost per jaar (€)	748,69	97,91	650,78

Bovenstaande tabellen geven aan dat een passiefschool door de lagere CO₂-uitstoot voor een aanzienlijke vermindering van de externe kosten kan zorgen. Vanuit dit oogpunt moet men dus een passiefschool verkiezen boven een conventionele school. Indien we er rekening mee houden dat de kost van CO₂ in de toekomst nog zal toenemen, kunnen we besluiten dat er een steeds groter verschil zal gerealiseerd worden op het gebied van de externe kost. Het zal in de toekomst bijgevolg steeds interessanter worden om een passiefschool te bouwen.

3.3.4 Externe baten

Externe baten kunnen omschreven worden als baten die toekomen aan de maatschappij. Deze baten bestaan uit de vermindering van de uitstoot van CO₂ die gerealiseerd wordt bij passiefscholen ten opzichte van conventionele scholen.

De externe baten kunnen afgeleid worden uit de tabellen 13, 14 en 15. Deze baten komen hier overeen met het verschil op het gebied van de CO₂-uitstoot per jaar tussen de conventionele school en de passiefschool. Voor het aardgasverbruik komt dit neer op een vermindering van 34,63 ton, voor het elektriciteitsverbruik op 3,52 ton en voor het stookolieverbruik op 45,14 ton. De externe baten uitgedrukt in geld worden weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 16: Jaarlijkse externe baten van een passiefschool

Daling kost CO ₂ -emissie aardgas (€)	499,32
Daling kost CO ₂ -emissie elektriciteit (€)	50,61
Daling kost CO ₂ -emissie stookolie (€)	650,78

Natuurlijk zal een school voor verwarming gebruik maken van aardgas of stookolie, niet van beide. De totale externe baten van een passiefschool die aardgas gebruikt, kan berekend worden door de daling in de kost verbonden aan de CO₂-uitstoot die ontstaat door het gebruik van aardgas op te tellen bij de daling in de kost verbonden aan de CO₂-uitstoot die ontstaat door het gebruik van elektriciteit. Voor een passiefschool die aardgas gebruikt komt dit neer op een jaarlijkse externe baat van € 549,93. Op dezelfde manier kan de jaarlijkse totale externe baat van een passiefschool die stookolie gebruikt berekend worden. Dit resulteert in een externe baat van € 701,39.

Deze externe baat wordt mede bepaald door het energieverbruik en het elektriciteitsverbruik. Zoals hoger reeds aangehaald werd, is het mogelijk dat het energieverbruik en elektriciteitsverbruik van de passiefschool een andere waarde aannemen dan hier verondersteld wordt. Bijgevolg zou ook de waarde van de externe baat die hier aangegeven wordt, kunnen verschillen. Indien het energieverbruik en het elektriciteitsverbruik van de passiefschool hoger ligt, zullen de externe baten kleiner zijn. De passiefschool zal dan immers, door het hogere energie- en elektriciteitsverbruik, meer CO₂ uitstoten waardoor de passiefschool ook een hogere externe kost met zich meebrengt. In het omgekeerde geval zullen de externe baten groter zijn dan de waarde die hier aangegeven wordt.

3.3.5 Vergelijking van de private kosten en baten

Om te onderzoeken of het bouwen van een passiefschool een interessante investering is moeten de kosten en baten tegenover elkaar gezet worden. Vervolgens moet nagegaan worden of de baten opwegen tegen de kosten. Hiervoor worden eerst de private kosten en baten bekeken.

De private kost is, zoals hoger reeds aangehaald, de kost van het bouwen van een passiefschool zoals de bouwheer ze berekent. Deze kost bleek uit de studies gemiddeld € 1.426,81/m² te zijn. Om de passiefschool met de conventionele school te vergelijken zal hier echter gekeken worden naar de meerkost die verbonden is aan het bouwen van een passiefschool, er wordt dus met andere woorden de private meerkost berekend. De extra investering die nodig is voor het bouwen van

een gemiddelde passiefschool van 2.000 m² komt neer op € 155.666,50. Deze extra investering kan beschouwd worden als de netto meerkost die verbonden is aan het bouwen van een passiefschool ten opzichte van een conventionele school. Het gaat hier over de netto meerkost omdat bij de totale meerkost reeds de besparing op de verwarmingsinstallatie in mindering is gebracht. Uit de analyse voor de gemiddelde school van 2.000 m² blijkt dat deze besparing op de verwarmingsinstallatie gelijk is aan € 18.155,08. Deze aantallen zijn terug te vinden in bijlage 6.

De private baten voor het bouwen van een passiefschool bleken uit de studies, voor een school van 2.000 m², gemiddeld € 11.690,29 te zijn. Zoals hoger reeds aangegeven bestaan de private baten uit de besparing op het energieverbruik en de besparing op de verwarmings- en/of koelinstallatie. Uit Tabel 10 blijkt dat de besparing op het elektriciteitsverbruik voor een school van 2.000 m² gelijk is aan € 2.243,49. De besparing op het aardgasverbruik blijkt € 9.446,80 te zijn (Tabel 8) en de besparing op stookolie is € 12.366,72 (Tabel 9). De besparing op de verwarmings- en/of koelinstallatie werd bij de studies, zoals reeds vermeld, in mindering gebracht van de totale meerkost zodat de netto meerkost verkregen werd. Hierdoor wordt deze kost niet nog eens opgenomen bij de private baten. Naast de besparing op de verwarmingsinstallatie kan ook de besparing op de koelinstallatie als een private baat gezien worden, deze besparing werd echter niet opgenomen in de analyse. De reden hiervoor is enerzijds het gebrek aan informatie over de besparing op de koelinstallatie, anderzijds beschikt niet elke conventionele school over een koelinstallatie waardoor er op dit gebied vaak geen besparing behaald wordt. Dit laatste is ook bij onze voorbeeldschool het geval.

De totale private baat van de passiefschool die aardgas gebruikt, komt volgens de berekeningen uit bovenstaande tabellen, uit op een bedrag van € 11.690,29. De totale private baat van de passiefschool die stookolie gebruikt, is gelijk aan € 14.610,21. Zoals reeds hoger aangehaald, werd er met behulp van de gegevens uit de studies voor de voorbeeldschool van 2.000 m² een private baat van € 11.690,29 gevonden zoals aangegeven wordt in bijlage 6. Dit getal blijkt overeen te stemmen met de berekeningen uit de tabellen. Door de eenheidsprijs van brandstof die in bijlage 6 wordt aangegeven, kan namelijk afgeleid worden dat onze

voorbeeldschool aardgas gebruikt wat verklaart waarom de private baat gelijk is aan € 11.690,29.

Nu alle private kosten en baten gekend zijn, is het mogelijk om deze bedragen te vergelijken. Dit kan in de eerste plaats gebeuren door gebruik te maken van de terugverdientijd. De terugverdientijd is de tijd die nodig is om de oorspronkelijke investering terug te verdienen via de inkomende kasstromen van het project. (Mercken, 2004) In dit geval zijn er echter geen inkomende kasstromen, maar wordt er gewerkt met besparingen. Hoe lager de terugverdientijd van projecten, hoe beter aangezien dit betekent dat de kosten sneller terugverdiend worden. De terugverdientijd voor de school van 2.000 m² kan berekend worden door de extra investering (€ 155.666,50) te delen door de jaarlijkse besparing (€ 11.690,29). Hieruit wordt een terugverdientijd van 13,32 jaar bekomen. Vervolgens kan besloten worden dat de private baten opwegen tegen de private kosten vermits de terugverdientijd kleiner is dan de 30 jaar waarover de berekeningen uitgevoerd werden.

3.3.6 Vergelijking van de private en externe kosten en baten

Naast de private kosten en baten zijn er ook externe kosten en baten verbonden aan het bouwen van een passiefschool. De externe kosten kunnen omschreven worden als de kosten die ontstaan door de uitstoot van CO₂. Deze kost is voor een passiefschool van 2.000 m² die aardgas gebruikt gelijk aan € 125,89 per jaar. Dit bedrag wordt gevonden door de externe kosten uit Tabel 13 en Tabel 14 samen te tellen. Op dezelfde manier kan de externe kost van een passiefschool die gebruik maakt van stookolie berekend worden, hier moeten echter Tabel 14 en Tabel 15 gebruikt worden. Vervolgens wordt voor deze passiefschool een externe kost van € 148,67 per jaar gevonden.

De externe baat van een passiefschool bestaat uit de vermindering van de uitstoot van CO₂ die gerealiseerd wordt bij passiefscholen ten opzichte van conventionele scholen. Door de externe kost van een passiefschool met de externe kost van een conventionele school te vergelijken, kan de jaarlijkse externe baat berekend worden. Uit paragraaf 3.3.4 blijkt dat de externe baat voor een passiefschool die

aardgas gebruikt gelijk is aan € 549,83 per jaar. Voor de passiefschool die stookolie gebruikt werd een externe baat van € 701,39 per jaar gevonden. Deze baat zal in de toekomst nog toenemen omdat voorspeld wordt dat de kost van één ton CO₂ zal stijgen.

Met inbegrip van de externe baat wordt er voor de passiefschool met aardgas een baat van € 12.240,12 (€ 11.690,29 + € 549,83) verkregen. Voor de passiefschool die stookolie gebruikt, wordt een totale baat van € 15.311,60 (€ 14.610,21 + € 701,39) gevonden. Voor de gemiddelde school van 2.000 m² komt dit uit op een bedrag van € 12.240,12. Dit kan wederom verklaard worden door het feit dat de voorbeeldschool gebruik maakt van aardgas. Als de terugverdientijd nu berekend wordt met inbegrip van de externe baat wordt voor de gemiddelde passiefschool een terugverdientijd van 12,72 jaar gevonden. Dit is weer minder dan de vooropgestelde 30 jaar, waaruit besloten kan worden dat het de moeite loont om een passiefschool te bouwen in plaats van een conventionele school. Men spreekt hier van een interessante investering.

3.3.7 Netto constante waarde

De netto constante waarde (NCW) is een andere manier om de kosten en baten die zich voordoen bij het bouwen van een passiefschool te analyseren. In tegenstelling tot de terugverdientijd houdt de netto constante waarde wel rekening met de tijdswaarde van geld. Men neemt daarom ook aan dat deze methode een geschiktere manier is om investeringen te beoordelen. Een euro die we nu ontvangen is immers meer waard dan een euro die we morgen ontvangen. Elke euro waarover men nu beschikt, kan immers onmiddellijk intrest opbrengen indien men de opportuniteiten in de kapitaalmarkt benut. (Laveren, Engelen, Limère, & Vandemaele, 2004). Door de kasstromen, of in ons geval de besparing, te verdisconteren wordt de actuele waarde van de reeks van besparingen bekomen. Als de actuele baten de actuele kosten overtreffen, is de investering volgens dit criterium rendabel. Dit houdt in dat een positieve netto constante waarde aangeeft dat het project aanvaardbaar is. (Mercken, 2004)

De formule voor het berekenen van de NCW is de volgende (Boardman, Greenberg, Vining, & Weimer, 2006):

$$NCW = \frac{B_1}{1+g} a_{i_0}^n - I_0$$

Waarbij: B_1 : Baat in periode 1
 g : Groeivoet
 i : Discontovoet
 I_0 : Investering
 n : Tijdshorizon van het project
 i_0 : $\frac{i-g}{1+g}$

Uit de studies blijkt dat de NCW voor een gemiddelde school van 2.000 m² positief is. Hierbij wordt, zoals aangehaald in paragraaf 3.2, een discontovoet van 4% gehanteerd. Verder worden de berekeningen uitgevoerd over een periode van 30 jaar. Voor de gemiddelde school wordt vervolgens een NCW van € 83.805 gevonden. Vermits dit bedrag groter is dan nul, kan besloten worden dat het project aanvaardbaar en rendabel is. Indien de externe baat ook opgenomen wordt bij de berekening van de NCW komen we uit op een NCW van € 98.799,64 wat de investering in een passiefschool nog aantrekkelijker maakt.

3.3.8 Interne opbrengstvoet

De interne opbrengstvoet (IOV) is de discontovoet die leidt tot een netto constante waarde die gelijk is aan nul. Het project dient men te verwerpen indien de IOV kleiner is dan de discontovoet. Als de netto constante waarde van de gemiddelde school, namelijk € 83.805, als puntschatting aangenomen wordt, is de IOV gelijk aan 7,7%. De interne opbrengstvoet is bijgevolg groter dan de discontovoet van 4% waaruit volgt dat het project aanvaard moet worden.

3.3.9 Simulatie

Bovenstaande bedragen en berekeningen steunen op puntschattingen. Bij deze schattingen wordt geen rekening gehouden met de onzekerheid die vervat zit in de geschatte waarden. Om toch rekening te houden met deze onzekerheid kan men gebruik maken van een Monte Carlo-simulatie. Deze techniek kan best worden toegepast wanneer een systeem elementen bevat die door het toeval worden beïnvloed. De essentie van een Monte Carlo-simulatie is dat er experimenten uitgevoerd worden waarbij op basis van toevallig gekozen waarden van de diverse parameters een scenario wordt samengesteld waarvoor de NCW wordt berekend. Door dit experiment een behoorlijk aantal keren uit te voeren kan men uiteindelijk beschikken over een waarschijnlijkheidsverdeling van de NCW. (Mercken, 2004)

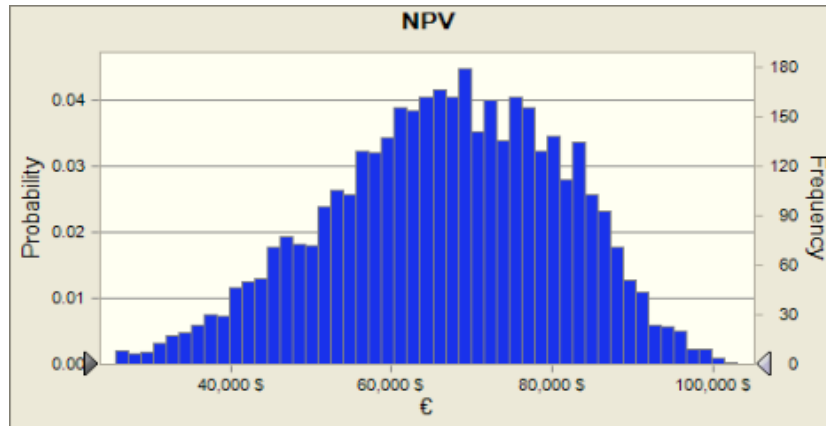
Om de simulatie te kunnen uitvoeren, moet eerst een interval bepaald worden voor de verschillende parameters. Uit de studies was het mogelijk om voor de verschillende categorieën van meerkosten een minimumwaarde, een mediaanwaarde en een maximumwaarde af te leiden (zie Tabel 7). Voor de procentuele prijsstijging van brandstof wordt een mediaanwaarde aangenomen van 1,5% en worden de minimum- en maximumwaarde vervolgens gevonden door ze met 10% te laten afwijken van de mediaanwaarde. Voor de procentuele prijsstijging van elektriciteit wordt er een mediaanwaarde van 1,0% verondersteld waarbij ook hier de minimum- en maximumwaarde 10% afwijken van de mediaanwaarde. De kost voor een ton CO₂ is zoals hoger aangegeven € 14,42; de gemiddelde energiebehoefte van een passiefschool werd verondersteld 12,91 kWh/m² te zijn en het gemiddeld elektriciteitsverbruik voor een passiefschool werd bepaald op 7,06 kWh/m². Ook hier laten we de minimum- en maximumwaarde telkens 10% afwijken van de mediaanwaarde. Deze waarden zijn terug te vinden in onderstaande tabel.

Tabel 17: Variatie in de parameterwaarden

	Minimum	Mediaan	Maximum
Algemene installatie	€ 16,69	€ 23,17	€ 45,16
Beglazing	€ 100,00	€ 111,40	€ 125,00
Dakisolatie	€ 15,00	€ 15,80	€ 20,23
Luchtdichtheid	€ 3,42	€ 5,32	€ 7,22
Muurisolatie	€ 24,58	€ 32,50	€ 56,10
Vloerisolatie	€ 10,67	€ 16,78	€ 24,04
Prijsstijging brandstof	1,4%	1,5%	1,7%
Prijsstijging elektriciteit	0,9%	1,0%	1,1%
Kost CO₂ per ton	€ 12,98	€ 14,42	€ 15,86
Gemiddelde energiebehoefte	11,62 kWh/m ²	12,91 kWh/m ²	14,20 kWh/m ²
Gemiddeld elektriciteitsverbruik	6,35 kWh/m ²	7,06 kWh/m ²	7,76 kWh/m ²

In bijlage 5 werden de kansverdelingen van deze parameters opgenomen. De kansverdelingen van de verschillende parameters kunnen grafisch weergegeven worden als een driehoek. De mediaanwaarde heeft hier telkens de grootste kans om zich voor te doen. De hogere en lagere waarden hebben minder kans om getrokken te worden.

Met de bovenstaande parameterwaarden kan vervolgens de simulatie uitgevoerd worden. Als resultaat van de simulatie voor 4.000 toevallig gekozen scenario's, wordt een kansverdeling voor de netto constante waarde verkregen. Deze kansverdeling wordt weergegeven door figuur 9. Onderstaande figuur geeft aan dat de netto constante waarde altijd positief zal zijn bij de gemaakte veronderstellingen. De NCW loopt van een waarde van minimaal € 16.709 tot maximaal € 103.034. De gemiddelde NCW van de 4.000 scenario's is volgens de kansverdeling gelijk aan € 66.491. De variatiecoëfficiënt, die gebruikt wordt als relatieve spreidingsmaat, bedraagt 21,94%. Met dit criterium wordt de spreiding ten opzichte van het gemiddelde gemeten. Hoe kleiner de variatiecoëfficiënt, hoe dichter de waarden bij het gemiddelde liggen en hoe lager de onzekerheid. Een variatiecoëfficiënt van 21,94% geeft bijgevolg aan dat er een relatief kleine onzekerheid aan de NCW verbonden is. Dit alles houdt in dat het ongetwijfeld aan te bevelen is om een passiefschool te bouwen.



Figuur 9: Kansverdeling NCW

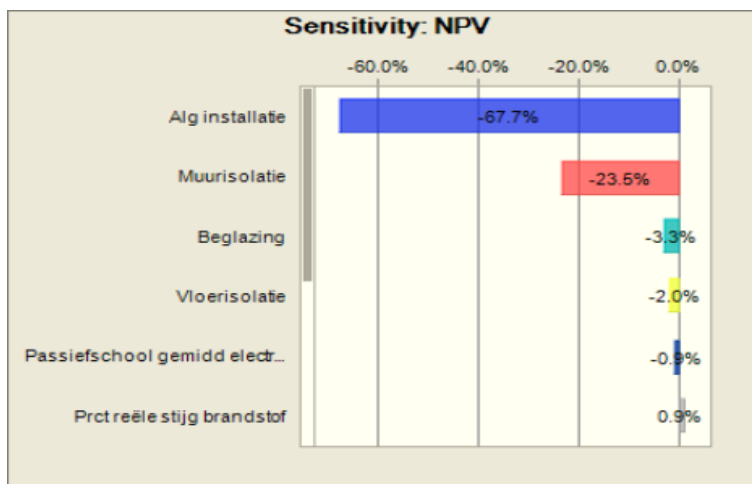
In paragraaf 3.3.7 werd er voor de gemiddelde school van 2.000 m² een NCW van € 83.805 gevonden. Deze waarde bevindt zich in de rechterstaart van de verdeling. De kans dat de NCW de waarde € 83.805 aanneemt, is iets groter dan 10%. Dit kan afgeleid worden uit de berekende percentielen die weergegeven worden in tabel 18. De kleine kans die verbonden is aan het zich voordoen van deze waarde geeft aan dat puntschattingen een verkeerd beeld kunnen geven door de onzekerheid die in deze schattingen vervat zit.

Tabel 18: Percentielen

Percentielen	
100%	€ 16.709
90%	€ 46.382
80%	€ 54.007
70%	€ 59.192
60%	€ 63.461
50%	€ 67.267
40%	€ 71.110
30%	€ 75.333
20%	€ 79.630
10%	€ 84.967
0%	€ 103.034

Met behulp van de simulatie is het vervolgens ook mogelijk om te bepalen welke parameters de grootste rol spelen in de beïnvloeding van de NCW. Figuur 10 geeft aan dat de variabiliteit van de NCW hoofdzakelijk veroorzaakt wordt door 4 parameters. De parameter die de grootste invloed heeft, is de algemene installatie. Op de tweede plaats staat de muurisolatie, gevolgd door de beglazing en de vloerisolatie. De invloed van deze parameters wordt weergegeven als een negatief percentage omdat de NCW lager zal zijn naarmate de kosten van deze onderdelen

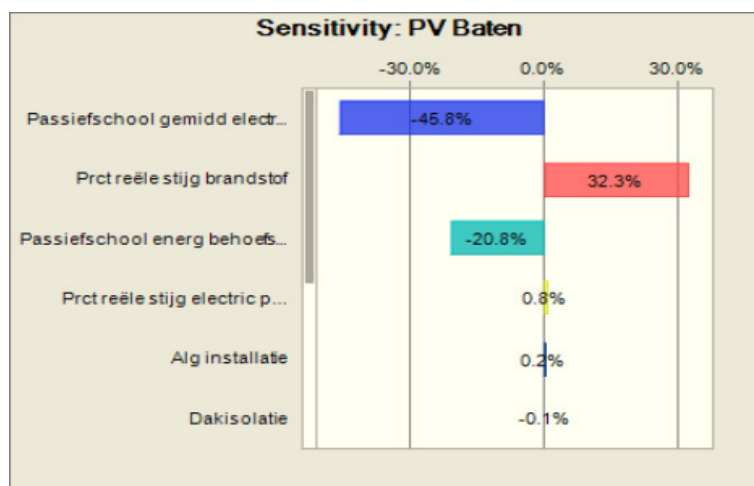
toenemen. Enkel de procentuele prijsstijging van brandstof heeft een positief percentage omdat deze prijsstijging zal zorgen voor grotere baten, wat een gunstig effect heeft op de NCW. Dit percentage is echter zo klein dat het nauwelijks invloed zal hebben op de verandering van de NCW. Indien de procentuele prijsstijging van elektriciteit een grotere invloed zou hebben op de NCW zou ook daar een positief percentage terug te vinden zijn. Uit de sensitiviteitsanalyse blijkt echter dat dit onderdeel een verwaarloosbare invloed heeft op de NCW.



Figuur 10: Sensitiviteitsanalyse NCW

Naast de NCW kan er ook een simulatie uitgevoerd worden voor de actuele waarde van de private baten. Uit de simulatie blijkt dat de private baten zullen variëren van minimaal € 231.090 tot maximaal € 248.111. De gemiddelde waarde van de private baten is volgens de simulatie gelijk aan € 239.489. Voor de gemiddelde school vonden we door gebruik te maken van de puntschattingen een private baat van € 239.471 (bijlage 7). De percentielen geven aan dat de kans dat deze waarde zich voordoet iets lager ligt dan 50%. De variatiecoëfficiënt blijkt 1,11% te zijn wat aangeeft dat er een heel lage spreiding ten opzichte van het gemiddelde verbonden is aan de private baten. Er is bijgevolg een zeer lage onzekerheid verbonden aan de private baten. Bijlage 8 geeft de kansverdeling van de actuele waarde van de private baten weer en de bijbehorende percentielen.

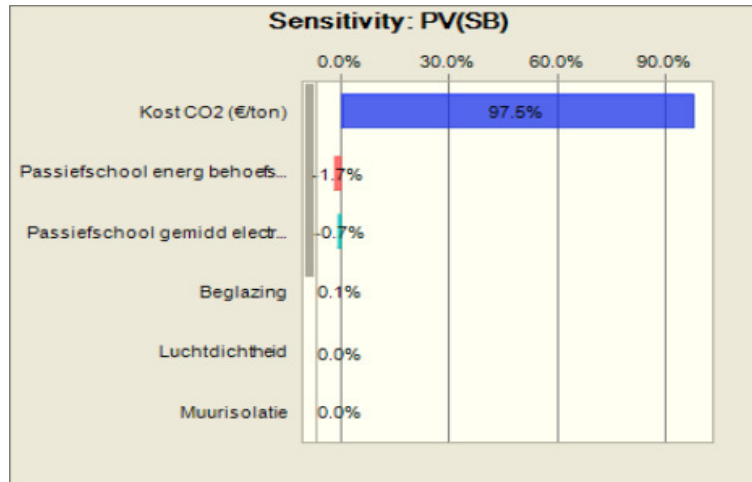
Voor de actuele waarde van de private baten kan eveneens een sensitiviteitsanalyse gemaakt worden. De variabiliteit van de actuele waarde van de private baten blijkt voornamelijk veroorzaakt te worden door 3 factoren, namelijk het gemiddeld elektriciteitsverbruik van een passiefschool, de procentuele stijging van de brandstofprijs en de energiebehoefte van een passiefschool. Uit figuur 11 blijkt dat het gemiddeld elektriciteitsverbruik van een passiefschool de grootste invloed heeft op de actuele waarde van de private baten. Deze invloed wordt weergegeven als een negatief percentage omdat een stijging van het elektriciteitsverbruik ervoor zal zorgen dat de passiefschool meer elektriciteitskosten zal moeten betalen wat ertoe leidt dat het verschil tussen een conventionele school en passiefschool kleiner wordt. Dit betekent met andere woorden dat de private baten verbonden aan een passiefschool kleiner zullen worden. Dezelfde redenering is ook van toepassing op het negatief percentage dat terug te vinden is bij de energiebehoefte van een passiefschool. Bij de procentuele reële prijsstijging van brandstof wordt echter een positief percentage aangegeven. De invloed van deze prijsstijging is positief omdat het voor een groter verschil zal zorgen tussen de conventionele school en de passiefschool op het gebied van de te betalen brandstofkost. Dit zal bijgevolg aanleiding geven tot een grotere private baat.



Figuur 11: Sensitiviteitsanalyse private baten

Naast de private baten kunnen we ook de externe baten bekijken. Uit de simulatie van de externe baten blijkt dat deze baten zullen variëren van minimaal € 13.414,25 tot maximaal € 16.682,39. De gemiddelde waarde van de externe baten aangegeven door de simulatie is € 14.997,83. Voor de gemiddelde school vonden we een externe baat van € 14.995,13 (bijlage 7). De percentielen geven aan dat de kans dat deze waarde zich voordoet iets kleiner is dan 60%. De variatiecoëfficiënt blijkt 4,12% te zijn. Dit percentage geeft aan dat er een lage onzekerheid verbonden is aan de waarde van de externe baten. Bijlage 9 geeft de kansverdeling van de externe baten en de percentielen weer die gevonden werden met behulp van de simulatie.

De sensitiviteitsanalyse die uitgevoerd werd voor de externe baten geeft aan dat de variabiliteit van de actuele waarde van de externe baten hoofdzakelijk wordt beïnvloed door de kost van een ton CO₂. Dit effect is positief omdat de externe baten groter zullen worden naarmate de kost van een ton CO₂ stijgt. Het verschil op het gebied van de externe kost die een passiefschool met zich meebrengt ten opzichte van een conventionele school wordt dan namelijk groter waardoor de externe baten bijgevolg ook zullen stijgen. De energiebehoefte en het elektriciteitsverbruik van de passiefschool spelen naast de kost van een ton CO₂ ook een rol in de verklaring van de variabiliteit van de actuele waarde van de externe baten. De invloed van deze 2 onderdelen is echter beduidend kleiner dan de invloed van de kost voor een ton CO₂. De invloed van de energiebehoefte en het elektriciteitsverbruik van de passiefschool wordt weergegeven als een negatief percentage. Indien een passiefschool meer energie of elektriciteit zal verbruiken, zal het verschil met de conventionele school op het gebied van de CO₂-uitstoot door het gebruik van energie en elektriciteit kleiner worden. Hierdoor zullen de externe baten bijgevolg ook kleiner worden.



Figuur 12: Sensitiviteitsanalyse externe baten

Ook kunnen we een sensitiviteitsanalyse uitvoeren voor de netto constante waarde met inbegrip van de externe baten. Hieruit blijkt echter dat de sensitiviteitsanalyse sterk gelijk is op de sensitiviteitsanalyse die uitgevoerd werd voor de private kosten en baten. Er kan dus besloten worden dat de externe baten maar een kleine invloed hebben op de beïnvloeding van de variabiliteit van de netto constante waarde. Dit kan verklaard worden door het feit dat de waarde van de externe baten, in verhouding tot de waarde van de private kosten en baten, aanzienlijk kleiner is. De private kosten en baten leveren voor de gemiddelde school namelijk een NCW van € 83.805 terwijl de externe baten slechts een actuele waarde van € 14.995,13 aannemen. In bijlage 10 is de sensitiviteitsanalyse opgenomen van de netto constante waarde met inbegrip van de externe baten.

3.4 Besluit

Met behulp van de analyse die uitgewerkt werd in dit hoofdstuk was het mogelijk om te onderzoeken of het vanuit financieel standpunt de moeite loont om een passiefschool te bouwen. Uit de analyse blijkt dat er aan het bouwen van een passiefschool een meerkost verbonden is maar dat daar tegenover een besparing staat op het gebied van het brandstof- en elektriciteitsverbruik en op het gebied van de verwarmings- en/of koelinstallatie. Ook zijn er externe baten verbonden aan het bouwen van een passiefschool. Een passiefschool stoot namelijk een kleinere

hoeveelheid CO₂ uit wat leidt tot een lagere milieukost in vergelijking met een conventionele school.

De belangrijkste conclusie uit de analyse is dat, na het afwegen van de kosten en baten, het bouwen van een passiefschool een interessante investering blijkt te zijn. De NCW bleek bij de gemaakte veronderstellingen immers altijd positief te zijn wat aangeeft dat de actuele baten opwegen tegen de actuele investeringskosten. De interne opbrengstvoet bleek groter te zijn dan de discontovoet, wat weer wijst op een aanvaardbaar project. De terugverdientijd bleek daarnaast ook kleiner te zijn dan de 30 jaar waarover de berekeningen uitgevoerd werden. Al deze elementen wijzen op een interessant, rendabel project.

Uit de analyse kon ook afgeleid worden dat de grootste onzekerheid over de variabiliteit van de NCW veroorzaakt wordt door de meerkost van de algemene installatie en de meerkost van de muurisolatie. De prijs van deze 2 onderdelen zal dus in grote mate bepalen of het interessant is om een passiefschool te bouwen of niet. Vermits de technieken die toegepast worden bij passiefbouw in Vlaanderen echter nog relatief nieuw zijn, kan verwacht worden dat de prijzen van deze technieken in de toekomst zullen afnemen. Naarmate men zich meer gaat specialiseren in deze technieken zullen de meerkosten bijgevolg verminderen waardoor het bouwen van een passiefschool op termijn nog interessanter zal worden.

Hoofdstuk 4: Subsidie

4.1 Subsidie pilootproject

Uit hoofdstuk 1 is reeds geweten dat er op 23 mei 2008 plannen goedgekeurd werden om 24 passiefscholen te bouwen verspreid over heel Vlaanderen. Deze scholen zijn een soort van pilootproject vermits er in Vlaanderen nog geen ervaring is met het bouwen van passiefscholen. Aangezien er aan het bouwen van een passiefschool meerkosten verbonden zijn, werd er voor de realisatie van deze scholen een specifieke subsidietoelage bepaald die enkel geldt voor de geselecteerde scholen van het pilootproject. Het gaat hier over een verhoging van de financiële norm voor de financiering van de hogere investeringskosten van het passiefbouwen in vergelijking met traditionele bouwmethoden.

De bouwkost die verbonden is aan het bouwen van een passiefschool werd, met behulp van een vergelijkend onderzoek dat uitgevoerd werd door een studiebureau met ervaring op het terrein, vastgelegd op € 1.410,00/m². De bouwkost van € 1.410,00/m² brengt met zich mee dat het bouwen van een passiefschool € 235,00/m² duurder is dan het bouwen van een conventionele school die niet beantwoordt aan het E70-peil. Bij het vergelijkend onderzoek bestudeerde men de kostprijs van een zevental niet-residentiële passiefbouwproject die gerealiseerd werden in België of die in de ontwerpfase zaten. Ook hier werd er voor de oppervlakte naar de bruto-oppervlakte van de school gekeken. Uit de studies bleek dat de gemiddelde meerkost 9% bedroeg en de hoogste meerkost 20%. Het bedrag € 235,00/m² komt overeen met 20% van de oorspronkelijk financiële norm voor scholen (E100), namelijk € 1.178,00/m². Deze meerkost wordt voor de scholen uit het pilootproject voor 100% gefinancierd door AGION. (AGION)

AGION haalt echter aan dat de representativiteit van het onderzoek door het beperkte cijfermateriaal in vraag kan gesteld worden. Met behulp van het pilootproject wil men in de toekomst een beter onderbouwde kostenanalyse maken. Een goede analyse kan namelijk enkel gemaakt worden aan de hand van concrete gegevens en reële cijfers die er voorlopig, door het gebrek aan bouwervaring op het gebied van passiefscholen in België, nog niet zijn. De realisatie van de

pilootprojecten zal dus moeten uitwijzen of de subsidie van 20%, de meerkost van passiefbouw voor scholen dekt. (Baccaert et al., 2010)

De geselecteerde scholen die zullen gerealiseerd worden door de DBFM-vennootschap kunnen naast deze financiering van de meerkost door AGION ook een subsidie ontvangen voor de toename van de beschikbaarheidsvergoeding als gevolg van de meerkost van het passief bouwen. Deze toename zal eveneens voor 100% gesubsidieerd worden.

De aangehaalde subsidiebedragen werden bepaald op 1 januari 2007 en zullen maandelijks geïndexeerd worden. De belasting op de toegevoegde waarde, de algemene kosten en de contractuele prijsherzieningen zijn niet inbegrepen in deze bedragen. (AGION)

4.2 Documenten

Het Agentschap voor Infrastructuur in het Onderwijs (AGION) geeft op haar website aan dat de scholen uit het pilootproject verschillende documenten moeten toevoegen aan hun dossier om de bovenstaande subsidies te verkrijgen. In deze paragraaf zullen die documenten kort besproken worden.

Een eerste document dat de geselecteerde scholen aan hun dossier moeten toevoegen, is een nota betreffende passieve ontwerpstrategieën. Hierin moeten ze een toelichting geven omtrent de ontwerpstrategieën die ze toegepast hebben om tot een passiefgebouw te komen. Ze moeten hier met andere woorden aangeven welke ontwerpkeuzes ze gemaakt hebben in het kader van duurzaamheid. Hierbij moet men zeer concrete elementen aangeven waaruit duidelijk blijkt dat het om een passiefbouw gaat.

Een tweede document is het document betreffende de energieprestatierегeling. Dit document moet uit 2 onderdelen bestaan. Een eerste onderdeel dat het document moet omvatten is de verklaring dat het project voldoet aan de energieprestatienormen. Het project moet namelijk een energieprestatiepeil hebben dat kleiner is dan E55. Bij deze verklaring moeten de resultaatbladen van de energieberekening

gevoegd worden samen met een lijst van de randvoorwaarden die gebruikt werden. De gebruikte randvoorwaarden moeten overeenstemmen met de wettelijk verplichte randvoorwaarden die opgelegd werden door het Vlaams Energieagentschap (VEA). Een tweede onderdeel dat dit document moet omvatten is de verklaring dat het project voldoet aan de andere passiefstandaardcriteria. Zo moeten passiefscholen volgens het decreet van 7 december 2007 voldoen aan 4 criteria die reeds werden aangegeven in paragraaf 2.1. Hiernaast moet in het document ook een verklaring worden opgenomen die bevestigt dat het project getoetst is aan deze criteria en dat de berekeningen voldoen aan de vooropgestelde criteria. Net zoals in het vorige onderdeel moeten ook hier de resultaatbladen van de energieberekening bij de verklaring gevoegd worden samen met een lijst van randvoorwaarden die gebruikt werden bij de energieprestatieberekeningen. Tenslotte moet een samenvattend overzicht van de berekeningen die uitgevoerd werden, aan het document worden toegevoegd. (AGION)

4.3 Analyse subsidie

Voor de analyse van de subsidie zal gekeken worden naar de subsidie van de meerkost die verbonden is aan het bouwen van een passiefschool en die gefinancierd wordt door AGION. Het gaat hier dus over de subsidie van € 235,00/m² die de geselecteerde scholen van het pilootproject ontvangen. Om deze subsidie te beoordelen, wordt het bedrag van € 235,00/m² afgewogen tegen de meerkost die volgens de 6 verschillende studies verbonden is aan het bouwen van een passiefschool.

De meerkost voor de materialen bleek uit de studies voor een gemiddelde school van 2.000 m² gelijk te zijn aan € 208,61/m². Dit is echter niet de totale meerkost. Bij dit bedrag moet nog de meerkost gevoegd worden die aangerekend wordt door het studiebureau. Voor het bouwen van een passiefschool rekenen studiebureaus namelijk een hoger bedrag aan vermits men bij passiefbouw een ander soort berekeningen moet uitvoeren dan bij een conventionele school. Een passiefschool conceptualiseren, ontwerpen, uitvoeren, zorgen dat de uitvoering goed loopt en dat na ingebruikname alles goed geregeld wordt, is namelijk meer kritisch dan bij andere projecten waardoor er een meerkost tegenover staat. Men spreekt hier over

passiefconceptbegeleiding. Deze begeleiding omvat bouwfysische studies, dynamische energie- en comfortsimulaties, specifieke werfbegeleiding en nazorg. De marktwaarde voor het ereloon van deze passiefconceptbegeleiding ligt op 2,0% van de bouwkost en kan gezien worden als een meerkost omdat deze begeleiding bij conventionele scholen niet toegepast wordt. Door de studie bureaus worden echter zeer uiteenlopende percentages aangerekend. Zo bleek er door verschillende studie bureaus een percentage aangerekend te worden van 0,5% tot 1,0%.

In paragraaf 3.3.1 werd reeds aangegeven dat de gemiddelde bouwkost, die uit de studies werd berekend, gelijk is aan 1.426,81/m². Voor de voorbeeldschool van 2.000 m² wordt er bijgevolg een totale bouwkost van € 2.853.620 gevonden. Onderstaande tabel geeft weer wat de meerkost voor het studie bureau is bij de verschillende percentages. Met de resultaten uit tabel 19 is het mogelijk om de totale meerkost per m² te berekenen en vervolgens te vergelijken met de subsidie van AGION. De totale meerkost/m² komt neer op een meerkost die, afhankelijk van het percentage dat men als ereloon vraagt op de bouwkost, loopt van € 215,74/m² tot € 237,14/m².

Tabel 19: Meerkost studie bureau

	2,0%	1,0%	0,5%
Totale meerkost studie bureau (€)	57.072,40	28.536,20	14.268,10
Meerkost/m² (€)	28,54	14,27	7,13
Meerkost/m² uit studies (€)	208,61	208,61	208,61
Totale meerkost/m² (€)	237,14	222,87	215,74

Nu de totale meerkost van het bouwen van een passiefschool gekend is, kan de subsidie met deze meerkost vergeleken worden. Het is mogelijk om de subsidie die verleend wordt door AGION te vergelijken met de meerkost die in deze masterproef gevonden werd vermits AGION voor het berekenen van de subsidie uitgegaan is van dezelfde referentie. AGION blijkt namelijk, zoals aangegeven werd in paragraaf 4.1, uit te gaan van een conventionele school die niet voldoet aan het E70-peil en baseert zich voor het bepalen van de meerkost op de financiële norm voor E100-scholen. Vermits ook in deze masterproef uitgegaan werd van een E100-school is het dus mogelijk om de gevonden meerkost te vergelijken met de subsidie.

Zoals blijkt uit Tabel 19 heeft de meerkost een maximum van € 237,15/m² en een minimum van € 215,74/m². Dit houdt in dat de subsidie die de passiefscholen van AGION krijgen, toereikend is om de meerkosten die verbonden zijn aan het bouwen van een passiefschool te dekken. De subsidie van € 235,00/m² ligt namelijk in de buurt van de in deze masterproef gevonden meerkost. De maximale meerkost ligt wel € 2,15/m² hoger maar aangezien er geen studiebureau gevonden werd die een percentage van 2,0% op de bouwkost aanrekent als ereloon, kan verwacht worden dat de subsidie in de meeste gevallen toereikend zal zijn.

Bij de beoordeling van de subsidie moet echter ook rekening gehouden worden met het verplichte E-peil waaraan scholen moeten voldoen. In deze masterproef werd uitgegaan van een conventionele school die voldoet aan de E100-norm. Hier vanuit gaande kon besloten worden dat de subsidie toereikend was om de meerkosten die verbonden zijn aan het bouwen van een passiefschool te dekken. Met het decreet van 7 december 2007 werd het verplichte E-peil voor nieuwbouwscholen echter vastgelegd op E70. Deze verstrengde energieprestatie-eis geldt voor alle scholen waarvoor een bouwvergunning aangevraagd wordt na 1 januari 2008. Als vervolgens een E70-school als referentie genomen zou worden, houdt dit in dat er een kleinere stap nodig is om van de referentieschool (E70-school) over te stappen naar de passiefschool. Dit zal ertoe leiden dat de subsidie te hoog zal zijn vermits de meerkosten die verbonden zijn aan het bouwen van een passiefschool ten opzichte van een E70-school kleiner zullen zijn omdat deze school het passiefconcept reeds beter benadert. Uitgaande van de E70-norm kan dus besloten worden dat de subsidie te hoog zal zijn.

4.4 Besluit

De 24 passiefscholen die onderdeel uitmaken van het pilootproject krijgen van AGION een subsidie om de meerkosten die verbonden zijn aan het bouwen van een passiefschool te dekken. Deze subsidie werd door AGION vastgelegd op € 235,00/m². De analyse die uitgevoerd werd in dit hoofdstuk gaf aan dat deze subsidie toereikend was wanneer men uitgaat van een E100-school. De totale meerkost bleek afgeleid uit de verschillende studies immers te lopen van

€ 215,74/m² tot € 237,15/m², afhankelijk van het percentage op de bouwkost dat door het studiebureau aangerekend wordt als ereloon.

Belangrijk hierbij is dat dit het geval is voor een E100-school. De norm waaraan nieuwbouw scholen vanaf 1 januari 2008 moeten voldoen is echter de E70. Omdat een E70-school dichterbij in de buurt komt van een passiefschool kan besloten worden dat de subsidie ten opzichte van deze school te hoog zal zijn. De meerkosten die verbonden zijn aan het bouwen van een passiefschool zullen immers kleiner zijn als de passiefschool tegenover de E70-school wordt gezet dan wanneer men deze tegenover de E100-school zet. Vermits scholen vanaf 2008 aan de E70-norm moeten voldoen, is de subsidie bijgevolg te hoog.

Hoofdstuk 5: Conclusies

In het laatste onderdeel van deze masterproef zal een overzicht gegeven worden van de conclusies die getrokken kunnen worden uit het uitgevoerde onderzoek. Deze conclusies zullen een antwoord bieden op de geformuleerde centrale onderzoeksvraag en de deelvragen.

Uit de literatuurstudie blijkt dat er door de stijgende energieprijzen nood is aan een andere manier van bouwen. De schaarste van verschillende energiebronnen zal er in de toekomst namelijk voor zorgen dat de energieprijzen verder zullen toenemen. Dit kan onder andere een probleem betekenen voor scholen. Door de stijgende energieprijzen merken scholen momenteel reeds dat de middelen voor hun educatieve doeleinden beperkt worden. Het merendeel van hun budget wordt besteedt aan het betalen van de energiefactuur. Als de prijzen in de toekomst nog toenemen, kan dit betekenen dat scholen in de problemen komen vermits ze dan te weinig geld overhouden om te zorgen voor kwalitatief onderwijs.

De laatste jaren is er een nieuwe manier van bouwen ontstaan die misschien een oplossing zou kunnen bieden voor dit probleem, namelijk de passiefbouw. Deze manier van bouwen werd oorspronkelijk toegepast in huizen maar tegenwoordig wordt het passiefconcept ook doorgetrokken naar kantoren, hotels en scholen. Scholen die gebruik maken van deze passieve manier van bouwen worden passiefscholen genoemd. Een passiefschool kan ervoor zorgen dat het energieverbruik met 75% daalt ten opzichte van het verbruik in een conventionele school. Op deze manier kan men met een passiefschool een behoorlijke besparing realiseren op de energiefactuur waardoor het probleem, omtrent de middelen voor de educatieve doeleinden, opgelost wordt. Vermits passiefscholen een serieuze daling in het energieverbruik realiseren, kunnen ze naast een oplossing voor de problematiek omtrent de stijgende energieprijzen ook een rol spelen in de milieuproblematiek. Passiefscholen zullen namelijk door het lagere energieverbruik minder CO₂ uitstoten waardoor ze een bijdrage kunnen leveren aan de verbetering van het milieu en het behalen van de Kyoto-norm.

Om aan de passiefhuisstandaard te voldoen en dus een passiefschool te zijn, moet een school aan de volgende kenmerken tegemoetkomen:

- Een netto energiebehoefte voor verwarming $\leq 15 \text{ kWh/m}^2$ per jaar
- Een netto energiebehoefte voor koeling $\leq 15 \text{ kWh/m}^2$ per jaar
- Een luchtdichtheid (n50-waarde) $\leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
- Een maximaal E-peil van E55.

De daling van het energieverbruik dat verkregen wordt in passiefscholen, wordt gerealiseerd door gebruik te maken van verschillende technieken. In deze scholen maakt men onder meer gebruik van een doorgedreven isolatie, een extreme luchtdichtheid, passieve warmtewinsten, een mechanische balansventilatie, efficiënte apparaten en hernieuwbare energie. De voordelen die deze technieken met zich meebrengen, zorgen ervoor dat steeds meer professionelen ervan overtuigd geraken dat gebouwen die op een passieve manier geconstrueerd worden een efficiënte oplossing kunnen vormen voor de huidige milieuproblematiek en de problematiek betreffende de stijgende energieprijzen.

De doorgedreven isolatie zorgt ervoor dat warmteverliezen in passiefscholen beperkt worden, dit in tegenstelling tot conventionele scholen waar een hoge mate van warmteverlies bestaat door het gebrek aan isolatie. De doorgedreven isolatie wordt bereikt door de vloeren, muren en het dak beter te isoleren. Ook zal men in deze scholen driedubbel glas gebruiken. Naast een goede isolatie wordt er in passiefscholen ook gezorgd voor een extreme luchtdichtheid, die er ook weer voor zorgt dat er minder warmte verloren gaat. De extreme luchtdichtheid wordt bereikt door luchtdichte folies te gebruiken in de wanden en tochtstrips aan de ramen en deuren. Verder zal er in passiefscholen ook voor gezorgd worden dat de warmtewinsten gemaximaliseerd worden. Hiervoor gaat men de school zo oriënteren dat deze naar het zuiden gericht is en vervolgens de glasvlakken aan de zuidelijke kant van de school te plaatsen. Op deze manier kan men de warmte van de zon optimaal benutten. Een volgende techniek die gebruikt wordt, is een mechanische balansventilatie. Deze techniek gaat ervoor zorgen dat de vervuilde binnenlucht afgevoerd wordt en zuivere buitenlucht aangevoerd wordt waardoor er binnen de school een uitstekende luchtkwaliteit gerealiseerd wordt. De warme binnenlucht gaat in de winter de koude buitenlucht opwarmen zodat 90% van de warmte van de binnenlucht hergebruikt wordt. Dit zorgt ervoor dat in

passiefscholen radiatoren overbodig worden. Er is enkel een naverwarmingssysteem op de balansventilatie nodig. Verder maakt men in passiefscholen ook gebruik van efficiënte apparaten. Dit zijn energiezuinige apparaten die het elektriciteitsverbruik met 50% kunnen reduceren ten opzichte van het elektriciteitsverbruik in een conventionele school. Een laatste techniek die toegepast kan worden bij passiefscholen is hernieuwbare energie. Dit zal bij passiefscholen meestal gebeuren in de vorm van zonnepanelen maar deze techniek wordt niet altijd toegepast.

Het antwoord op de centrale onderzoeksvraag kan afgeleid worden uit de resultaten van de kosten-batenanalyse die uitgevoerd werd in deze masterproef. Na het bepalen van de private en externe kosten en baten was het mogelijk om deze tegen elkaar af te wegen. Uit de analyse van deze kosten en baten bleek dat er aan het bouwen van een passiefschool een meerkost verbonden is die ontstaat door het gebruik van verschillende technieken. Tegenover die meerkost staat echter de besparing op het brandstof- en elektriciteitsverbruik dat behaald wordt door de toepassing van deze technieken. Ook wordt er in een passiefschool een besparing verkregen door het wegvallen of het kleiner worden van de verwarmings- en/of koelinstallatie. Naast deze private kosten en baten zijn er ook externe baten verbonden aan een passiefschool. Deze scholen stoten namelijk een kleinere hoeveelheid CO₂ uit die zorgt voor een lagere milieukost ten opzichte van een conventionele school.

Indien er enkel rekening gehouden werd met de puntschattingen van deze kosten en baten bleek het bouwen van een passiefschool interessant te zijn. Met behulp van de puntschattingen werd er voor een passiefschool van 2.000 m² een netto constante waarde van € 83.805 gevonden. Omdat de netto constante waarde positief is, kan er besloten worden dat het bouwen van deze passiefschool een aanvaardbaar en randabel project is. De interne opbrengstvoet die bij deze puntschattingen verkregen werd, is 7,7%. Vermits de interne opbrengstvoet groter is dan de veronderstelde discontovoet (4%) kan ook op basis van deze maatstaf besloten worden dat het hier gaat over een interessant project. Ook de terugverdientijd bleek kleiner te zijn dan 30 jaar, namelijk 12,72 jaar met inbegrip van de externe baten. Hierdoor kan op zijn beurt ook aangenomen worden dat het bouwen van een passiefschool de moeite waard is.

Door de puntschattingen te gebruiken om de hierboven aangehaalde netto constante waarde en interne opbrengstvoet te berekenen, wordt er geen rekening gehouden met de onzekerheid die vervat zit in deze geschatte waarden. Om die onzekerheid toch op te nemen in de berekeningen werd er gebruik gemaakt van een Monte Carlo-simulatie. Om deze simulatie te kunnen uitvoeren werd voor elke parameter een interval bepaald waarover deze parameter kan variëren. Zo werd er voor de onderdelen van de meerkost, voor de procentuele prijsstijging van brandstof en elektriciteit, voor de kost van CO₂, voor de gemiddelde energiebehoefte en voor het gemiddeld elektriciteitsverbruik een minimum-, mediaan- en maximumwaarde bepaald. De simulatie leverde vervolgens, als resultaat van 4.000 toevallig gekozen scenario's, een waarschijnlijkheidsverdeling voor de NCW op. Uit deze kansverdeling bleek dat de NCW bij de gemaakte veronderstellingen altijd positief is met een bereik van € 16.709 tot € 103.034. Het gemiddelde van de NCW bleek € 66.491 te zijn. De variatiecoëfficiënt gaf aan dat er een relatief kleine onzekerheid aan de NCW verbonden is. Dit zorgt er naast de andere elementen voor dat het interessant wordt om een passiefschool te bouwen. Door gebruik te maken van de puntschattingen, werd voor een school van 2.000 m² een NCW van € 83.805 verkregen. De percentielen van de kansverdeling gaven aan dat de kans op deze NCW iets hoger ligt dan 10%. De kans dat de NCW deze waarde aanneemt is dus relatief klein. Hieruit blijkt dat er een onzekerheid verbonden is aan de puntschattingen en dat men beter kan werken met een Monte Carlo-simulatie.

De simulatie gaf ook aan welke parameters de grootste invloed hebben op de waarde van de NCW. De variabiliteit in de spreiding van de NCW bleek hoofdzakelijk veroorzaakt te worden door de meerkost van de muurisolatie en de meerkost van de algemene installatie. Veranderingen in deze 2 onderdelen van de meerkost zullen de verdeling van de NCW het sterkst beïnvloeden. Er zal dus vooral gekeken moeten worden naar de prijzen van deze meerkosten om te bepalen wat er met de NCW gebeurt en of het interessant is om een passiefschool te bouwen. Vermits er in België nog meer weinig ervaring is met het bouwen van passiefscholen kan echter verwacht worden dat de prijzen van alle gebruikte technieken, die onderdeel uitmaken van de meerkost, in de toekomst zullen afnemen. Als het passiefconcept populairder wordt, zal er namelijk specialisatie optreden en zal de kostprijs van de technieken afnemen. Hieruit kan dus besloten

worden dat de totale meerkosten die verbonden zijn aan het bouwen van een passiefschool, in de toekomst zullen afnemen wat zal zorgen voor een stijging van de NCW. Het zal in de toekomst dus nog interessanter worden om een passiefschool te bouwen.

Vermits de meerkost die verbonden is aan het bouwen van een passiefschool vaak afschrikwekkend werkt, krijgen de scholen die onderdeel uitmaken van het pilootproject om 24 scholen te bouwen verspreid over heel Vlaanderen een subsidie voor de meerkosten die verbonden zijn aan het passief bouwen. De totale meerkost werd, door een studiebureau met ervaring op het terrein, bepaald op € 235,00/m² en wordt voor 100% gefinancierd door AGIO. De € 235,00/m² werd verkregen door aan te nemen dat het bouwen van een conventionele school € 1.178,00/m² kost terwijl de bouwkost voor een passiefschool geraamd werd op € 1.410,00/m². Vermits het onderzoek gebaseerd is op gegevens van een beperkt aantal scholen, kan deze subsidie in vraag gesteld worden. Met de scholen uit het pilootproject zal in de toekomst een betere analyse gemaakt kunnen worden van de meerkost en zal de subsidie bijgesteld kunnen worden.

Om de subsidie te verkrijgen moeten de geselecteerde scholen twee documenten aan hun dossier toevoegen. Het eerste document dat ze aan hun dossier moeten toevoegen is een nota betreffende passieve ontwerpstrategieën waaruit moet blijken dat de desbetreffende school door het toepassen van verscheidene ontwerpstrategieën wel degelijk een passiefschool is. Het tweede document is een document betreffende de energieprestatieregeling. Dit document bestaat uit 2 onderdelen namelijk de verklaring dat het project voldoet aan de energieprestatienormen en een verklaring dat het project voldoet aan de andere passiefstandaardcriteria.

Vermits uit de kosten-batenanalyse die uitgevoerd werd in deze masterproef een meerkost voor het bouwen van een passiefschool afgeleid kon worden, was het mogelijk om te analyseren of de aangegeven subsidie correct is. De meerkost die afgeleid kon worden uit de kosten-batenanalyse was voor een school van 2.000 m² gelijk aan € 208,61/m². Deze meerkost bestond enkel uit de meerkost verbonden aan de muurisolatie, beglazing, vloerisolatie, luchtdichtheid, dakisolatie en algemene installatie. Om de meerkost, die gevonden werd door gebruik te maken

van de 6 verschillende studies, te kunnen vergelijken met de subsidie van € 235,00/m² moest er bij het bedrag van € 208,61/m² nog een meerkost gevoegd worden die voorkomt uit de raadpleging van studiebureaus. Een passiefschool conceptualiseren, ontwerpen, uitvoeren, zorgen dat de uitvoering goed loopt en dat na ingebruikname alles goed geregeld wordt, is namelijk meer kritisch dan bij andere projecten waardoor er een meerkost tegenover staat. De marktwaarde voor het ereloon van deze passiefconceptbegeleiding ligt op 2,0 % van de bouwkost en kan gezien worden als een meerkost omdat deze begeleiding bij conventionele scholen niet toegepast wordt. Door de studiebureaus worden echter zeer uiteenlopende percentages aangerekend. Zo bleek er door verschillende studiebureaus een percentage aangerekend te worden van 0,5% tot 1,0%. Met inbegrip van deze percentages werd er een totale meerkost/m² gevonden die loopt van € 215,74/m² tot € 237,15/m². Hieruit volgt dus dat de subsidie die de passiefscholen van AGION krijgen, toereikend is om de meerkosten die verbonden zijn aan het bouwen van een passiefschool te dekken. Studiebureaus rekenen namelijk een lager percentage aan dan 2,0% waardoor de totale meerkost lager zal liggen dan € 235,00/m².

De subsidie is bijgevolg toereikend wanneer men ervan uitgaat dat de norm waaraan een school moet voldoen vastligt op E100. Het decreet van 7 december 2007 zorgde er echter voor dat nieuwbouwscholen, vanaf 1 januari 2008, moeten voldoen aan de E70-norm. Als men een E70-school als referentie neemt, zal er een kleinere stap nodig zijn om van deze school over te stappen naar een passiefschool. Dit betekent dat de meerkosten lager zullen zijn waardoor de subsidie te hoog zal uitvallen. De norm waaraan scholen moeten voldoen is dus zeer belangrijk voor de analyse van de subsidie.

Het onderzoek dat in deze masterproef verricht werd, toont aan dat het interessant is om een passiefschool te bouwen. Met het oog op de huidige problematiek omtrent de prijsstijgingen en de milieuproblematiek, moet dus aangeraden worden om over te stappen van conventionele scholen naar passiefscholen. Vermits scholen een voorbeeldfunctie hebben, zouden ze ook anderen ertoe kunnen aanzetten om meer aandacht te hebben voor het milieu. Ouders van leerlingen zouden bijvoorbeeld aangemoedigd kunnen worden om een passiefhuis te bouwen of hun huis beter te isoleren. De leerlingen zelf kunnen door les te volgen in een

passiefschool zo opgevoed worden dat ze automatisch meer aandacht besteden aan het milieu. De overheid zou, vanwege deze voordelen, passiefscholen moeten promoten en ondersteunen.

Lijst van geraadpleegde werken

- Baccaert, A., Bohez, H., De Tollenaere, P., Deprez, B., Laverge, J., Marrecau, C., Stael, D., & Van Den Bossche, L. (2010). Heimwee naar de schoolbanken [Elektronische versie]. *Be.passive*, 3, 41-50.
- Balthazar, T. (2008). *Actief rond een passief huis*. Aalter: De Maertelaere.
- Begrippen over thermische isolatie. (z.d.) Opgevraagd op 4 november, 2009, via http://www.energiesparen.be/zuinig_met_energie/isolatie/begrippen_thermisch_isoleren.
- *België heeft derde meeste passiefhuizen ter wereld*. (2009). Opgevraagd op 29 september, 2009, via http://www.livios.be/nl/_build/_ener/_build/9248.asp?content=Belgi%C3%AB%20heeft%20derde%20meeste%20passie fhuizen%20ter%20wereld.
- Boardman, A.E., Greenberg, D.H., Vining, A.R., & Weimer, D.L. (2006). *Cost-benefit analysis: Concepts and practice*. New Jersey: Pearson Education.
- Butzen, P., Melyn, W., & Zimmer, H. (2007). Recente ontwikkelingen van de grondstoffenprijzen: oorzaken en gevolgen [Elektronische versie]. *Economisch tijdschrift*, 29 – 47.
- *Certificatie*. (z.d.) Opgevraagd op 2 november, 2009, via <http://www.passiefhuisplatform.be/index.php?col=diensten&lng=nl&doc=certification>.
- *CO₂-emissie*. (2008). Opgevraagd op 25 februari, 2010, via http://www.Senternovem.nl/e pn/epc_in_2006/co2-emissie.asp.
- *CO₂-equivalent* (z.d.). Opgevraagd op 7 mei, 2010, via <http://www.milieurapport.be/nl/Tools/woordenboek/&AlfaLetter=C&ExplID=387>.

- Coolen, J., Knuysen, K., & Vanvuchelen, E. (2007). *Energiezorg in scholen*. Brugge: Die Keure.
- *Das Passivhaus: Erklärung und Grundbegriffe*. (z.d.). Opgevraagd op 2 november, 2009, via <http://www.energiesparhaus.at/gebaeudehuelle/passivhaus.htm>.
- De Deene, F., Loncke, K., Martens, A., & Daems, T. (2001). *Energiegebruik en energiebesparingspotentieel in de basis- en secundaire scholen in Vlaanderen*. Opgevraagd op 25 november, 2009, via <http://www.onderwijs.Vlaanderen.be/energie/pdf/VITOEnergiebesparingScholen.pdf>.
- *Definitie BVO (Bruto vloer oppervlakte)*. (z.d.). Opgevraagd op 7 mei, 2010, via <http://www.facana.nl/Desktopdefault.aspx?panelid=101&tabid=190>.
- *ECX prices* (z.d.). Opgevraagd op 19 april, 2010, via <http://www.ecx.eu/>.
- *Een passiefhuis?*. (z.d.). Opgevraagd op 20 februari 2009, via <http://www.passiefhuisplatform.be/index.php?col=welkom&lng=nl&doc=passiefhuis>.
- *Energie besparen in scholen: Verlichting*. (2002). Opgevraagd op 17 april, 2010, via http://www.sabvba.com/upload/20040125225122_verlichting1.pdf.
- *Energiezuinig bouwen: primair energieverbruik* (z.d.). Opgevraagd op 11 februari, 2009, via <http://ode.be/index.php?page=energiezuinig-primair>.
- *E-peil*. (z.d.). Opgevraagd op 30 november, 2009, via <http://www.energiesparen.be/epb/epeileis>.
- *Gemiddeld officieel tarief van de aardolieproducten in EURO*. (2009). Opgevraagd op 29 november, 2009, via <http://economie.fgov.be/nl/statistieken/webinterface/index.jsp?loadDefaultId=87&IDBr=tcM:325-28586-4>.

- Heirman, J. (2006). *Het Vlaams Klimaatbeleidsplan 2006 -2012*. Brussel: Vlaamse overheid.
- Hens, H. (2007). *Isolatie en ventilatie*. Brugge: Die Keure.
- Hilderson, W., Mlecnik, E., Desmidt, I., & Van den Abeele, S. (2009). Zeer energiezuinig renoveren, innoverende antwoorden op nieuwe uitdagingen. In E. Mlecnik (Ed.), *Passive house 2009: comfortable living* (pp. 30 – 39). Berchem : Passiefhuis-Platform vzw.
- *Hoeveel bedraagt de subsidie voor de passiefscholen*. (z.d.). Opgevraagd op 11 november, 2009, via <http://www.agion.be/passiefscholen/subsidie.aspx>.
- Laveren, E., Engelen, P., Limère, A., & Vandemaele, S. (2004). *Handboek financieel beheer*. Antwerpen: Intersentia.
- Marrecau, C., & Meyers, K. (2007). *Passiefscholen*. Brugge: Die Keure.
- Mercken, R. (2004). *De investeringsbeslissing: Een beleidsgerichte analyse*. Antwerpen: Garant.
- Mlecnik, E. (2004). *Passiefhuizen: Welke economische balans?*. Opgevraagd op 2 november, 2009, via http://www.passief.eu/content/seetool_media/pdf/overzicht_97_01.pdf.
- Nelis, C. (2009, 27 september). Ecologeren in Heusden-Zolder. *Het Belang Van Limburg*, p. 61.
- N.N. (2008). Groen licht voor bouw eerste passiefscholen. *Arch-index, volumenummer 67*, 47.
- *Passief bouwen*. (z.d.). Opgevraagd op 5 november, 2009, via <http://www.onderwijs.vlaanderen.be/energie/passief-bouwen.htm>.

- *PEGO Conceptlijn Actieve passiefscholen.* (z.d.). Opgevraagd op 25 februari, 2010, via <http://www.naarenergieneutraal.nl/Projecten/vervolg/projectinformatie>.
- Rakhorst, A. (2008). *De winst van duurzaam bouwen.* Heeswijk: Search Knowledge BV.
- *Rente OLO 10 jaar grafiek.* (2010). Opgevraagd op 8 februari, 2010, via <http://www.tijd.be/beurzen/60142499?ret=graph>.
- Sauwer, C., & Gryffroy, A. (2007). *Verwarming.* Brugge: Die Keure.
- Stael, D., & Van Den Bossche, L. (2009) *Energieprestatie en ventilatie in schoolgebouwen.* Opgevraagd op 16 april, 2010, via <http://search.ugent.be/meercat/x/allview?q=author%3ATW+source%3Arug01+gthes&start=139&filter=&count=20&sort=-year&rec=rug01:001362400>.
- *Terminologie & materialenkennis : verklaring voor veelgebruikte begrippen en beschrijving van materialen.* (2008). Opgevraagd op 2 november, 2009, via <http://www.isolatieverhoeven.be/nl/terminologie.html#EPC>.
- Van Alphen, K., & van der Meyden, H. (2008). *Het ideale energiegewicht: vindt de juiste groene balans.* Antwerpen: Kosmos Uitgevers BV.
- Vande Walle, I., Van Camp, N., Van de Castele, L., Verheyen, K., & Lemeur, R. (2007). Short-rotation forestry of birch, maple, poplar and willow in Flanders (Belgium) II. Energy production and CO₂ emission reduction potential. *Biomass and Bioenergy, volumenummer 31, p. 267 - 275.*
- *Warmtepomp.* (z.d.). Opgevraagd op 4 november, 2009, via <http://www.Energiesparen.be/milieuvriendelijke/warmtepomp>.
- *Wat is een K-waarde?* (z.d.). Opgevraagd op 30 november 2009, via http://www.passiefhuisplatform.be/index.php?col=welkom&lng=nl&doc=faq#faq_2.

- *Wat is het Kyoto-protocol?*. (z.d.). Opgevraagd op 28 september, 2009, via <http://www.vrom.nl/pagina.html?id=22990#b22074>.

Bijlagen

Bijlage 1: Gemiddeld officieel tarief van halfzware stookolie in euro

Bijlage 2: De 24 Vlaamse geplande passiefscholen

Bijlage 3: Decreet betreffende energieprestaties in scholen

Bijlage 4: Maximale warmtedoorgangscoefficiënt

Bijlage 5: Kansverdelingen van parameters

Bijlage 6: Berekening NCW voor gemiddelde school van 2000 m² bij puntschattingen

Bijlage 7: Berekening NCW voor gemiddelde school van 2000 m² rekening houdend met onzekerheid van geschatte waarden (Monte Carlo-simulatie)

Bijlage 8: Kansverdeling en percentielen private baten

Bijlage 9: Kansverdeling en percentielen externe baten

Bijlage 10: Sensitiviteitsanalyse NCW met inbegrip van de externe baten

Bijlage 1: Gemiddeld officieel tarief van halfzware stookolie in euro

		Producten
		Stookolie
		Halfzware Stookolie (€/T)
Datum		
1995	Gemiddelde prijs incl. BTW	160,7544
1996	Gemiddelde prijs incl. BTW	187,1047
1997	Gemiddelde prijs incl. BTW	194,4884
1998	Gemiddelde prijs incl. BTW	157,7465
1999	Gemiddelde prijs incl. BTW	185,3520
2000	Gemiddelde prijs incl. BTW	307,7966
2001	Gemiddelde prijs incl. BTW	275,8924
2002	Gemiddelde prijs incl. BTW	269,8336
2003	Gemiddelde prijs incl. BTW	280,5862
2004	Gemiddelde prijs incl. BTW	296,7760
2005	Gemiddelde prijs incl. BTW	410,8801
2006	Gemiddelde prijs incl. BTW	484,9618

Bijlage 2: De 24 Vlaamse geplande passiefscholen

	School	Stad	Provincie	Architect
A	Hotel en Slagerijschool – Ter Groene Poorte	Brugge	West-Vlaanderen	/
B	BuSo De Kouter	Kortrijk	West-Vlaanderen	BURO II en evr- architecten
C	Sint-Niklaasinstituut	Zwevegem	West-Vlaanderen	Johan Arnout, Jacques Catteeuw
D	OLV-Hemelvaartinstituut	Waregem	West-Vlaanderen	/
E	Vrije Basisschool Anzegem	Anzegem	West-Vlaanderen	Carlo Mas
F	Sint-bernarduscollege	Oudenaarde	Oost-Vlaanderen	Carlo Mas
G	Gemeentelijke Basisschool Marolle	Kruishoutem	Oost-Vlaanderen	Dirk Martens
H	PSBLO Meetjesland	Assenede	Oost-Vlaanderen	/
I	KTA Zwijndrecht	Zwijndrecht	Antwerpen	/
J	Vrije Basisschool Zonnekind	Kalmthout	Antwerpen	B-architecten
K	Vrije Basisschool Sterbos	Wuustwezel	Antwerpen	ArchitectuurGroep Oosthoven (AGO)
L	KTA Turnhout Hotelschool	Turnhout	Antwerpen	/
M	Leefschool 't Zandhofje	Zandhoven	Antwerpen	/
N	Gemeentelijke Basisschool Sint- Lutgardis, Guido Gezelle & De perenpit	Mortsel	Antwerpen	Crepain Binst Architecture
O	Gemeentelijk Technisch Instituut	Londerzeel	Vlaams-Brabant	TEEMA architecten
P	Don Bosco Instituut	Groot- Bijgaarden	Vlaams-Brabant	architectenbureau J. Herzeel
Q	Basisschool KA Etterbeek	Etterbeek	Brussels Hoofdstedelijk Gewest	evr-architecten
R	PSBO De Sterretjes	Tienen	Vlaams-Brabant	Jan Vanluchene
S	CVO Heusden-Zolder	Heusden- Zolder	Limburg	/

T	Vrije Basisschool 't Molenholleke	Heusden-Zolder	Limburg	Wilfried Gybels
U	Gesubsidieerde Vrije Basisschool Lozen	Bocholt	Limburg	Lava Architecten
V	Stedelijke Bouwvakschool	Dilsen-Stokkem	Limburg	Anthony Hoeven Peter Baeten
W	Sint-Jan Berchmanscollege	Genk	Limburg	Studie- en ontwerp bureau Donvil
X	VGBS 't Piepelke – school met de bijbel	Bilzen	Limburg	Lava Architecten

Bron: Ecobouwers (2009)

Bijlage 3: Decreet betreffende energieprestaties in scholen

**GEMEENSCHAPS- EN GEWESTREGERINGEN
GOUVERNEMENTS DE COMMUNAUTE ET DE REGION
GEMEINSCHAFTS- UND REGIONALREGIERUNGEN**

VLAAMSE GEMEENSCHAP – COMMUNAUTE FLAMANDE

VLAAMSE OVERHEID

N. 2008 – 235

[C – 2008/35085]

7 DECEMBER 2007. – Decreet betreffende energieprestaties in scholen (1)

Het Vlaams Parlement heeft aangenomen en Wij, Regering, bekrachtigen hetgeen volgt :
decreet betreffende
energieprestaties in scholen.

Artikel. 1.

Dit decreet regelt een gemeenschapsaangelegenheid.

Art. 2.

In artikel 13, § 1, van de wet van 29 mei 1959 tot wijziging van sommige bepalingen van de onderwijswetgeving wordt een punt 3 ingevoegd dat luidt als volgt :

« 3. De werken die beantwoorden aan de hierna vastgestelde norm op het vlak van energieprestaties.

Met peil van primair energiegebruik wordt hierna het peil van primair energieverbruik bedoeld zoals gedefinieerd in het decreet van 22 december 2006 houdende eisen en handhavingsmaatregelen op het vlak van de energieprestaties en het binnenklimaat van gebouwen en tot invoering van een energieprestatiecertificaat en tot wijziging van artikel 22 van het REG-decreet.

De bepalingmethode van het peil van primair energieverbruik is voor de toepassing van dit decreet de bepalingmethode zoals geregeld in het decreet van 22 december 2006 houdende eisen en handhavingsmaatregelen op het vlak van de energieprestaties en het binnenklimaat van gebouwen en tot invoering van een energieprestatiecertificaat en tot wijziging van artikel 22 van het REG-decreet.

Alle nieuwbouw of verbouwingswerken waarvoor een maximaal peil van primair energieverbruik geldt in toepassing van het decreet van 22 december 2006 houdende eisen en handhavingsmaatregelen op het vlak van energieprestaties en het binnenklimaat van gebouwen en tot invoering van een energieprestatiecertificaat en tot wijziging van artikel 22 van het REG-decreet, voor de onderwijsinstellingen, centra voor leerlingenbegeleiding of

internaten, dienen een peil van primair energieverbruik te hebben dat niet hoger is dan een peil van E70. »

Art. 3.

Aan artikel 17 van dezelfde wet wordt een § 2 toegevoegd, die luidt als volgt :

« § 2. In afwijking op § 1 betoelaagt het Agentschap voor Infrastructuur in het Onderwijs aan de inrichtende machten of schoolbesturen de bijkomende kosten voor projecten die in toepassing van het decreet van 22 december 2006 houdende eisen en handhavingsmaatregelen op het vlak van energieprestaties en het binnenklimaat van gebouwen en tot invoering van een energieprestatiecertificaat en tot wijziging van artikel 22 van het REG-decreet onderworpen zijn aan een maximaal peil van primair energiegebruik, voor de gesubsidieerde onderwijsinstellingen, centra voor leerlingenbegeleiding of internaten, om een primair energieverbruik te bereiken dat overeenstemt met een peil van E70.

1° Voor de reguliere subsidiëring bedraagt deze eenmalige toelage :

- voor projecten van het basisonderwijs in het gesubsidieerd onderwijs : 6,3 euro per vierkante meter brutooppervlakte;
- voor projecten in het gesubsidieerd onderwijs van andere onderwijsniveaus dan het basisonderwijs, internaten en centra voor leerlingenbegeleiding : 8,4 euro per vierkante meter bruto-oppervlakte.

2° Voor de scholenbouwprojecten die gerealiseerd worden in het kader van het decreet van 7 juli 2006 betreffende de inhaalbeweging voor schoolinfrastructuur, bedraagt deze periodieke toelage :

- voor projecten van het basisonderwijs in het gesubsidieerd onderwijs : 30% van de toename van de beschikbaarheidsvergoeding ten gevolge van de meerkosten die voortvloeien uit een peil van primair energieverbruik dat overeenstemt met een peil van E70;
- voor projecten in het gesubsidieerd onderwijs van andere onderwijsniveaus dan het basisonderwijs, internaten en centra voor leerlingenbegeleiding : 40% van de toename van de beschikbaarheidsvergoeding ten gevolge van de meerkosten die voortvloeien uit een peil van primair energieverbruik dat overeenstemt met een peil van E70.

De in dit tweede punt bedoelde meerkosten worden gelijkgesteld aan 21 euro per vierkante meter brutooppervlakte.

3° De in deze paragraaf bedoelde bedragen zijn vastgesteld op 1 januari 2007 en exclusief de belasting op de toegevoegde waarde en de algemene kosten. De Vlaamse Regering kan een prijsherzieningsformule bepalen voor deze bedragen. ».

Art. 4.

In dezelfde wet wordt een artikel 13bis toegevoegd, dat luidt als volgt :

« Artikel 13bis. § 1. De Vlaamse Regering kent aan de inrichtende machten of schoolbesturen infrastructuurmiddelen toe voor nieuwbouwprojecten die voldoen aan de passiefhuisstandaard en die door de selectiecommissie werden geselecteerd zoals hierna bepaald.

Voor de passiefhuisstandaard dient men ten minste te voldoen aan de volgende criteria :

- 1° een netto energiebehoefte voor verwarming ≤ 15 kWh/m².jaar;
- 2° een netto energiebehoefte voor koeling ≤ 15 kWh/m².jaar;
- 3° een luchtdichtheid (n50-waarde) $\leq 0,6$ h⁻¹;
- 4° een maximaal E-peil van E55.

§ 2. De selectiecommissie, vermeld in artikel 11 van het decreet van 7 juli 2006 betreffende de inhaalbeweging voor schoolinfrastructuur, heeft tot taak een advies tot selectie en rangschikking van projecten te maken die in aanmerking komen als nieuwbouwprojecten in de zin van § 1.

§ 3. De selectiecriteria hebben betrekking op :

- 1° de mate waarin een project zich reeds bevindt in een stadium met zicht op snelle realisatie;
- 2° de mate waarin de inrichtende macht bereid is de status van pilootproject inzake energieprestaties op zich te nemen en het project open te stellen voor andere inrichtende machten en onderwijsactoren;
- 3° de representativiteit van het bouwproject;
- 4° de mate waarin de inrichtende macht de bereidheid en motivatie bewijst om de energieprestaties van het project permanent op te volgen of te laten opvolgen door de Vlaamse overheid;
- 5° de mate waarin het bouwproject deel uitmaakt van een totaalvisie van de inrichtende macht op duurzaamheid.

De criteria staan op gelijke voet van belangrijkheid.

§ 4. Binnen de in de begroting voorziene kredieten kan de Vlaamse Regering het minimum aantal te selecteren projecten vaststellen.

§ 5. Op advies van de selectiecommissie beslist de Vlaamse Regering over de selectie en rangschikking van de nieuwbouwprojecten.

§ 6. Voor de meerkosten die voortvloeien uit het bereiken van het energieverbruik zoals bepaald in § 1 van dit artikel wordt een afwijkende financiering toegekend.

§ 7. De Vlaamse Regering kan de aanwending van de in § 6 bedoelde bijkomende middelen controleren, nagaan of de bouwprojecten voldoen aan de voorwaarden van § 1 en de nadere regels voor dit toezicht bepalen.

§ 8. De in § 6 bedoelde middelen kunnen teruggevorderd worden indien de in § 1 vermelde voorwaarden niet zouden worden voldaan. ».

Art. 5.

Aan artikel 17 van dezelfde wet wordt een § 3 toegevoegd, die luidt als volgt :

« § 3. In afwijking op § 1 betoelaagt het Agentschap voor Infrastructuur in het Onderwijs aan de inrichtende machten of schoolbesturen de meerkosten die voortvloeien uit het bereiken van het energieverbruik zoals bepaald in § 1 van artikel 13bis van deze wet.

1° Voor de reguliere subsidiëring bedraagt deze eenmalige toelage :

- voor projecten van het basisonderwijs in het gesubsidieerd onderwijs : 70,5 euro per vierkante meter brutooppervlakte;
- voor projecten in het gesubsidieerd onderwijs van andere onderwijsniveaus dan het basisonderwijs, internaten en centra voor leerlingenbegeleiding : 94 euro per vierkante meter bruto-oppervlakte.

2° Voor deze projecten die terzelfdertijd scholenbouwprojecten zouden zijn die gerealiseerd worden in het kader van het decreet van 7 juli 2006 betreffende de inhaalbeweging voor schoolinfrastructuur, bedraagt deze periodieke toelage :

- voor projecten van het basisonderwijs in het gesubsidieerd onderwijs : 30 % van de toename van de beschikbaarheidsvergoeding ten gevolge van de meerkosten die voortvloeien uit het in § 1 van artikel 13bis van deze wet bedoelde energieverbruik;
- voor projecten in het gesubsidieerd onderwijs van andere onderwijsniveaus dan het basisonderwijs, internaten en centra voor leerlingenbegeleiding : 40 % van de toename van de beschikbaarheidsvergoeding tengevolge van de meerkosten die voortvloeien uit het in § 1 van artikel 13bis van deze wet bedoelde energieverbruik.

De in dit tweede punt bedoelde meerkosten worden gelijkgesteld aan 235 euro per vierkante meter brutooppervlakte.

3° De in deze paragraaf bedoelde bedragen zijn vastgesteld op 1 januari 2007 en exclusief de belasting op de toegevoegde waarde en de algemene kosten. De Vlaamse Regering kan een prijsherzieningsformule bepalen voor deze bedragen.

Art. 6.

Dit decreet treedt in werking op 1 januari 2008, met uitzondering van artikel 4, dat in werking treedt op een door de Vlaamse Regering vast te stellen datum en uiterlijk op 1 januari 2008.

Kondigen dit decreet af, bevelen dat het in het *Belgisch Staatsblad* zal worden bekendgemaakt
Brussel, 7 december 2007.

De minister-president van de Vlaamse Regering,
K. PEETERS

De Vlaamse minister van Werk, Onderwijs en Vorming,
Fr. VANDENBROUCKE

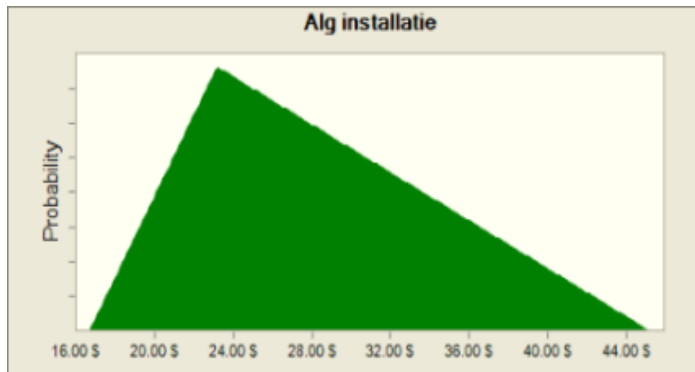
De Vlaamse minister van Openbare Werken, Energie, Leefmilieu en Natuur,
H. CREVITS

Bijlage 4: Maximale warmtedoorgangscoefficiënt

Constructiedeel	Warmtedoorgangscoefficiënt U_{max} W/(m².K)
Glas	1,6
Een volledig raam	2,5
Gevels	0,6
Daken en hoogste plafond	0,4
Vloeren boven open ruimte	0,6
Vloeren op volle grond boven een kruipruimte of een kelder	0,4
Deuren en poorten (met inbegrip van kader)	2,9
Gordijngevels	2,9
Glasbouwstenen	3,5
Scheidingen tussen wooneenheden en tussen wooneenheden en niet verwarmde ruimten	1,0

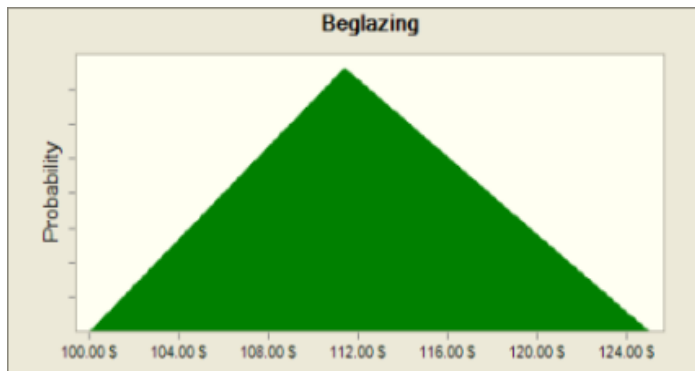
Bijlage 5: Kansverdelingen van parameters

Algemene installatie:



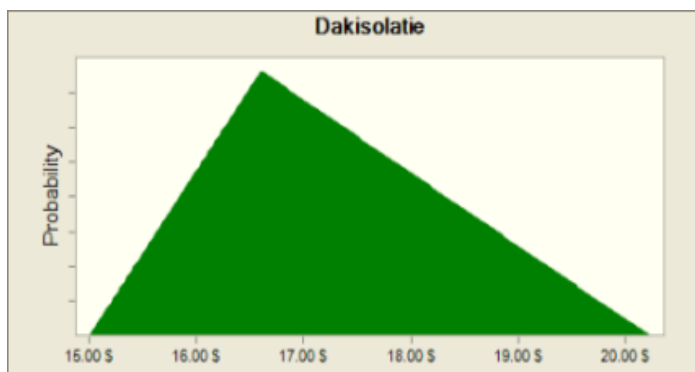
Minimum: € 16,69
Mediaan: € 23,17
Maximum: € 45,16

Beglazing:



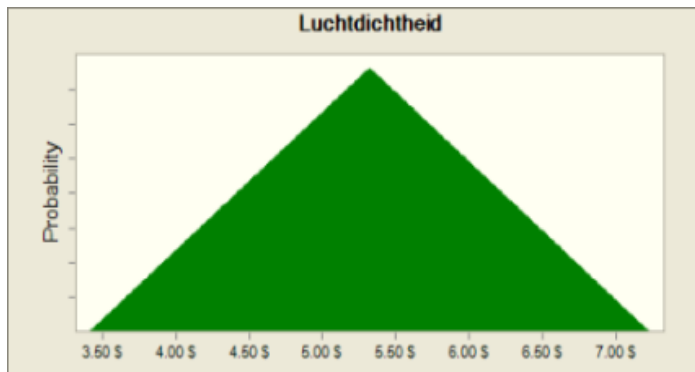
Minimum: € 100,00
Mediaan: € 111,40
Maximum: € 125,00

Dakisolatie:



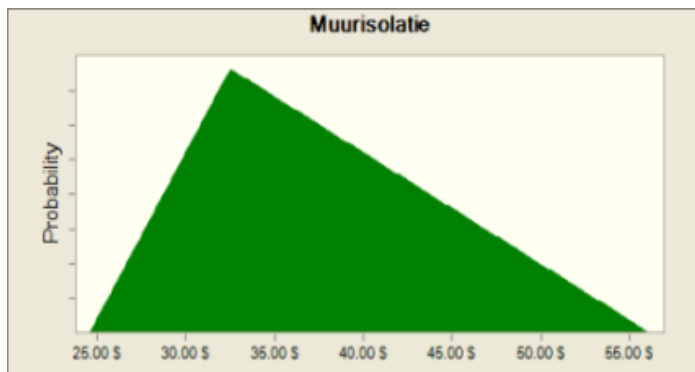
Minimum: € 15,00
Mediaan: € 16,60
Maximum: € 20,23

Luchtdichtheid:



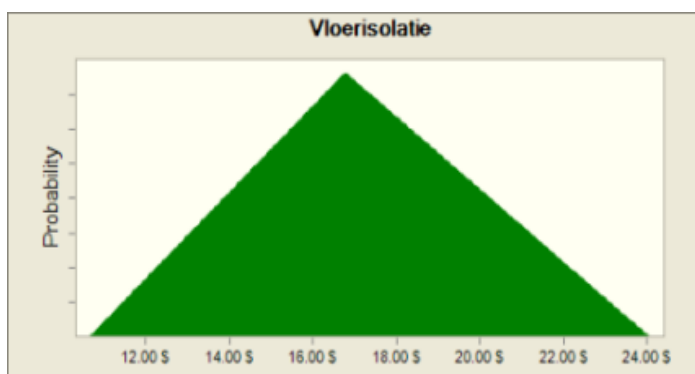
Minimum: € 3,42
Mediaan: € 5,32
Maximum: € 7,22

Muurisolatie:



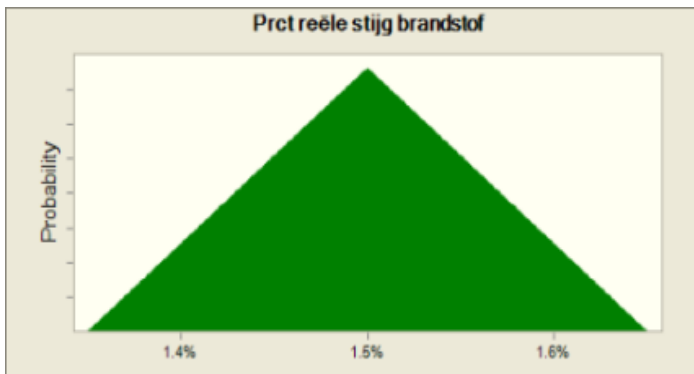
Minimum: € 24,58
Mediaan: € 32,50
Maximum: € 56,10

Vloerisolatie:



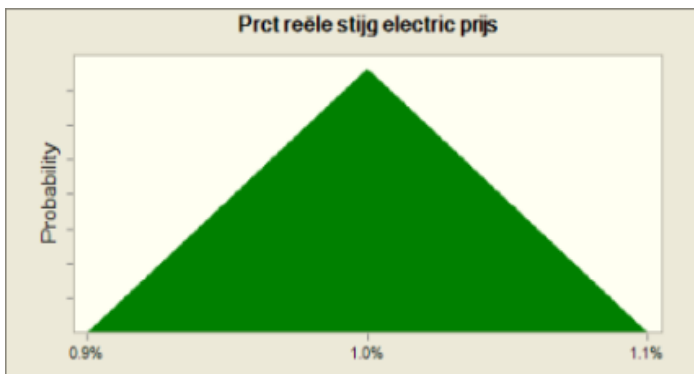
Minimum: € 10,67
Mediaan: € 16,78
Maximum: € 24,04

Prijstijging brandstof:



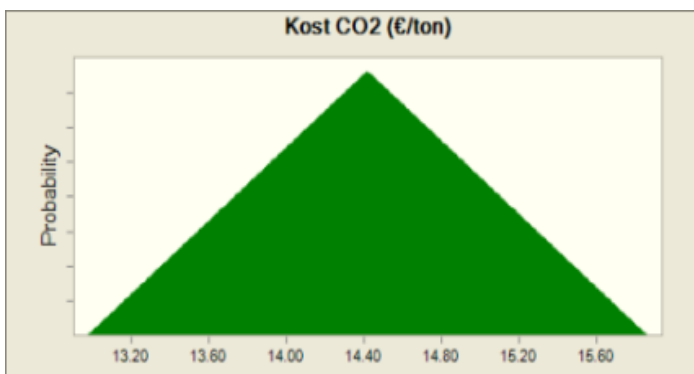
Minimum: 1,4%
Mediaan: 1,5%
Maximum: 1,7%

Prijstijging elektriciteit:



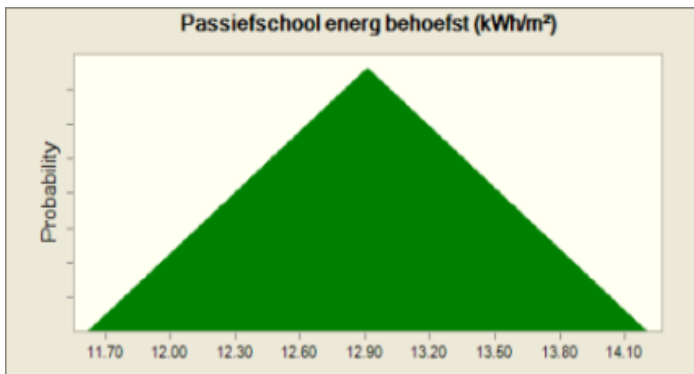
Minimum: 0,9%
Mediaan: 1,0%
Maximum: 1,1%

Kost CO₂ per ton:



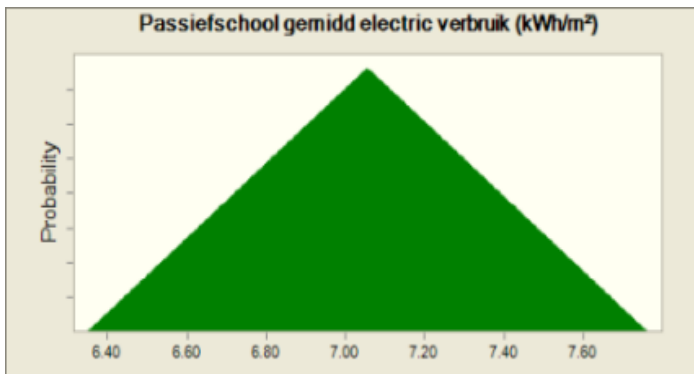
Minimum: € 12,98
Mediaan: € 14,42
Maximum: € 15,86

Energiebehoefte passiefschool:



Minimum: 11,62 kWh/m²
Mediaan: 12,91 kWh/m²
Maximum: 14,20 kWh/m²

Elektriciteitsverbruik passiefschool:



Minimum: 6,35 kWh/m²
Mediaan: 7,06 kWh/m²
Maximum: 7,76 kWh/m²

Bijlage 6: Berekening NCW voor gemiddelde school van 2000 m² bij puntschattingen

n = 30

Procentuele reële stijging brandstofprijzen: 1,5%

Procentuele reële stijging elektriciteitsprijzen: 1,0%

Rentevoet: 4,0%

Gemiddeld energieverbruik per m² per jaar:

- Basis: 98,79 kWh
- Passiefhuisconcept: 12,91 kWh

Voor school van 2000 m²

	Basis	Passiefhuisconcept
Bruto energieverbruik (kWh)	197.580,00	25.820,00
Besparing t.o.v. basis (kWh)		171.760,00

Gemiddeld elektriciteitsverbruik per m² per jaar:

- Basis: 14,11 kWh
- Passiefhuisconcept: 7,055 kWh

Voor school van 2000 m²

	Basis	Passiefhuisconcept
Bruto elektriciteitsverbruik (kWh)	28.220	14.110
Besparing t.o.v. basis (kWh)		14.110

	Passiefhuisconcept
Meerkosten t.o.v. basis	
Meerkost isolatie gevel	35.346,46
Meerkost isolatie vloer	14.629,67
Meerkost isolatie dak	9.498,11
Meerkost beglazing	57.364,96
Meerkost extra luchtdichtheid	10.640,00
Meerkost algemene installatie	46.342,37
Totaal van meerkosten (€)	173.821,57
Minkosten t.o.v basis	
Besparing op verwarmingsinstallatie	-18.155,08
Totaal van minkosten (€)	-18.155,08
Netto meerkost t.o.v. basis (€)	155.666,50
Netto meerkost t.o.v. basis per jaar (€)	5.188,88
Specifieke meerkost (€/m ²)	77,83
<i>Eenheidsprijs v brandstof (€/kWh)</i>	<i>0,055</i>
<i>Eenheidsprijs v elektriciteit (€/kWh)</i>	<i>0,159</i>
<i>Minder verbruik brandstof (kWh/jaar)</i>	<i>171.760,00</i>
<i>Minder verbruik elektriciteit (kWh/jaar)</i>	<i>14.110</i>
Totaal van baten verwarmingskosten	9.446,80
Totaal van baten elektriciteitskosten	2.243,49
Totale baten (€/jaar)	11.690,29
Terugverdientijd	13,32

	Passiefhuis- concept	
Jaar	Kost & besparing	Cumulatief
0	-155.666,50	-155.666,50
1	11.690,29	-143.976
2	11.854,43	-132.122
3	12.020,91	-120.101
4	12.189,78	-107.911
5	12.361,07	-95.550
6	12.534,82	-83.015
7	12.711,05	-70.304
8	12.889,81	-57.414
9	13.071,13	-44.343
10	13.255,05	-31.088
11	13.441,61	-17.647
12	13.630,84	-4.016
13	13.822,79	9.807
14	14.017,49	23.825
15	14.214,98	38.040
16	14.415,31	52.455
17	14.618,52	67.073
18	14.824,65	81.898
19	15.033,73	96.932
20	15.245,82	112.178
21	15.460,95	127.639
22	15.679,18	143.318
23	15.900,54	159.218
24	16.125,09	175.343
25	16.352,86	191.696
26	16.583,91	208.280
27	16.818,29	225.098
28	17.056,03	242.154
29	17.297,20	259.452
30	17.541,83	276.993

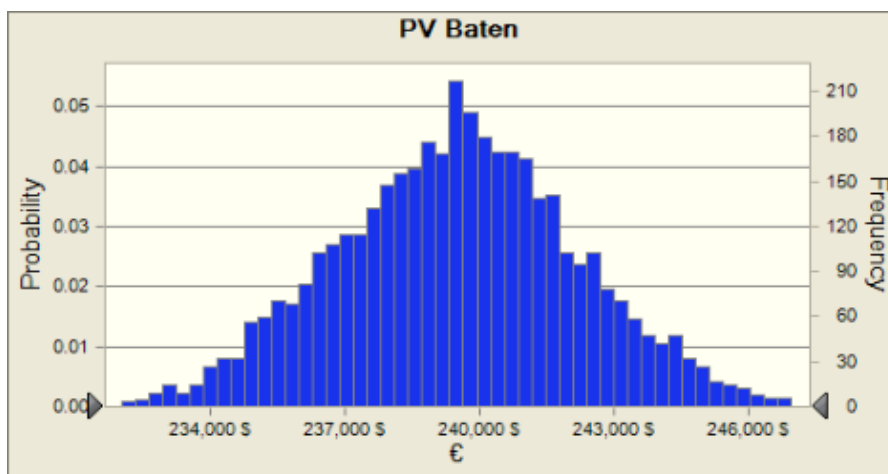
Bijlage 7: Berekening NCW voor gemiddelde school van 2000 m² rekening houdend met onzekerheid van geschatte waarden (Monte Carlo-simulatie)

Procentuele reële stijging brandstof (g brandstof)	1,5%
Procentuele reële stijging elektriciteit (g elektric)	1,0%
Rentevoet (i)	4,00%
i ₀ brandstof	2,46%
i ₀ elektriciteit	2,97%
n	30
a, n, i	17,292
a, n, i ₀ brandstof	21,034
a, n, i ₀ elektriciteit	19,676
NCW	€ 83.805
PV(Baten)	€ 239.471
PV(Jaarkost)	€ 89.726
PV(Externe baten)	€ 14.995,13
NCW privaat + extern	€ 98.799,64

$$i_0: \frac{i-g}{1+g}$$

$$a,n,i : \frac{1-(1+i)^{-n}}{i}$$

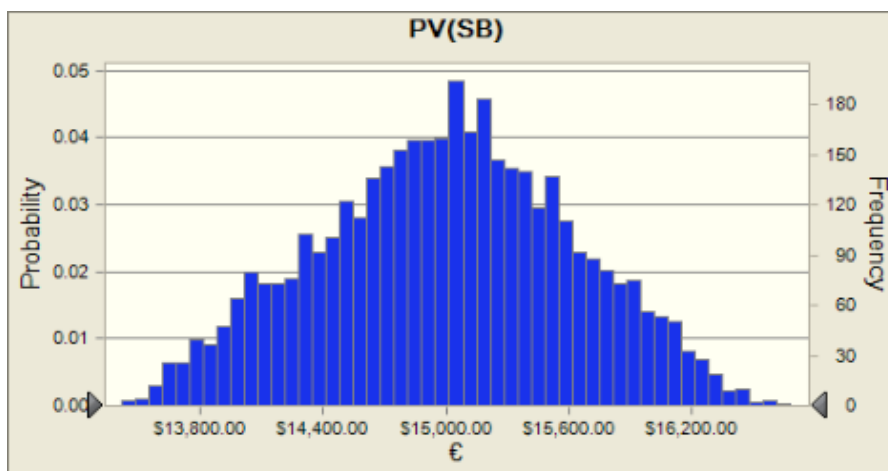
Bijlage 8: Kansverdeling en percentielen private baten



Percentielen:

100%	€ 231.090
90%	€ 235.982
80%	€ 237.174
70%	€ 238.118
60%	€ 238.866
50%	€ 239.524
40%	€ 240.144
30%	€ 240.869
20%	€ 241.701
10%	€ 242.928
0%	€ 248.111

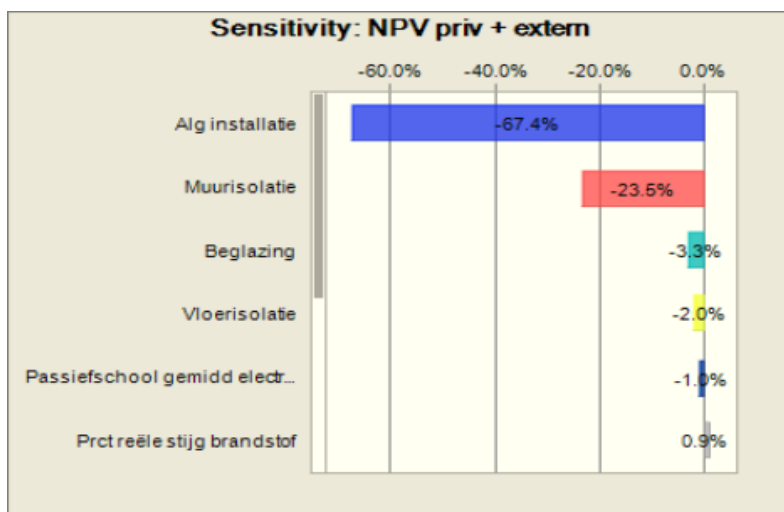
Bijlage 9: Kansverdeling en percentielen externe baten



Percentielen:

100%	€ 13.414,25
90%	€ 14.138,82
80%	€ 14.448,23
70%	€ 14.667,53
60%	€ 14.847,74
50%	€ 15.017,51
40%	€ 15.163,20
30%	€ 15.335,42
20%	€ 15.540,04
10%	€ 15.824,76
0%	€ 16.682,39

Bijlage 10: Sensitiviteitsanalyse NCW met inbegrip van de externe baten



Auteursrechtelijke overeenkomst

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

Passiefscholen: hoe het energiegebruik in scholen drastisch te verminderen?

Richting: **master in de toegepaste economische wetenschappen-beleidsmanagement**

Jaar: **2010**

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,

Bynens, Sabrina

Datum: **27/05/2010**