



Private versus maatschappelijke motivatie voor de aanleg van extensieve groendaken in Vlaanderen (Masterproef)

Karla Claus, Sandra Rousseau
Master in het Milieu- en Preventiemanagement
Hogeschool-Universiteit Brussel, Stormstraat 2, 1000 Brussel
Academiejaar 2009-2010

Abstract

Het aantal geplaatste extensieve groendaken neemt de laatste jaren alsmaar toe. De aanleg van deze daken is een duurzame en innoverende investering. De groendaklagen beschermen het gebouw tegen koude en warmte, wat een gunstig effect heeft op het energieverbruik en werkt ook geluidsdempend. Extern bevorderen ze de luchtkwaliteit, biodiversiteit, waterhuishouding en de levensduur van de dakbedekking onder het groendak. Op basis van een extensief groendakproject te Groot-Bijgaarden (nabij Brussel) worden de voor- en nadelen op economisch, ecologisch en sociaal vlak grondig besproken. Vervolgens worden deze gekwantificeerd en opgenomen in een private en maatschappelijke kosten-batenanalyse (KBA). Bepaalde baten zoals de brandwerendheid van groendaken en de esthetische waarde worden niet gekwantificeerd, noch opgenomen in de KBA. Uit de analyse blijkt dat extensieve groendaken zowel privaat als maatschappelijk een gemiddeld netto actuele waarde (NAW) groter dan nul hebben. Het plaatsen van een extensief groendak in Vlaanderen kan dus, zowel privaat als maatschappelijk beschouwd worden als een zinvol project. Bij de vergelijking van de publieke en private KBA vinden we dat de subsidie voor groendaken maatschappelijk gewenst is en dat subsidie daadwerkelijk nodig is om potentiële investeerders aan te trekken.

1. Inleiding

Door de toenemende verstedelijking neemt de druk op het leefmilieu alsmaar toe (Federale Overheidsdienst [FOD] Economie [b]). Een veelbelovende stap om meer groen te creëren in Vlaanderen ligt in het vergroenen van gebouwen of beter, het aanleggen van 'groendaken'. In deze masterthesis worden de voordelen van dergelijke daken uitvoerig geanalyseerd en besproken. Köhler en Poll (2010) onderzochten recent de langetermijnprestaties van groendaken in Berlijn. Op basis van verschillende parameters concludeerden ze dat de kwaliteit van extensieve groendaken (bestaande uit mossen en sedums) enorm verbeterd is ten opzichte van 100 jaar geleden.

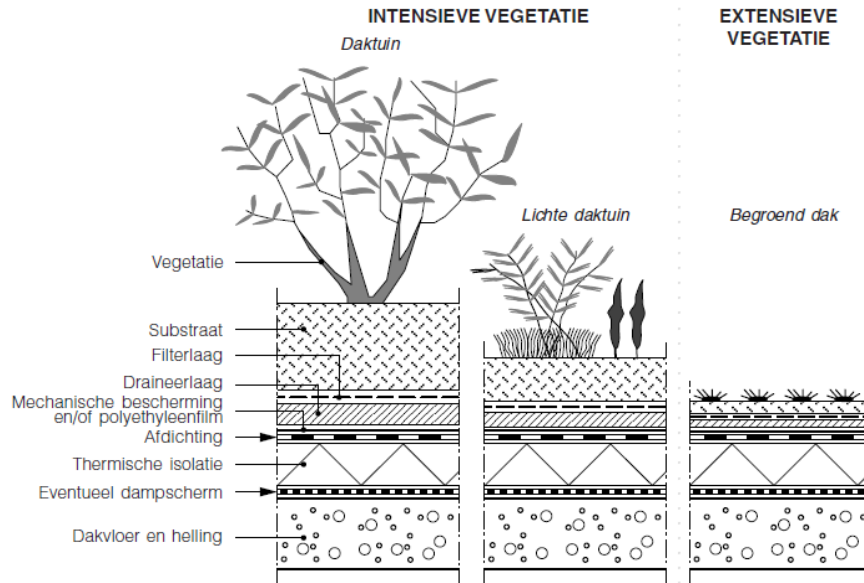
Om de aanleg van een extensief groendak in Vlaanderen vanuit economisch standpunt nader toe te lichten, wordt een private en maatschappelijke KBA opgesteld. Dit verschaft beter inzicht in de voor- en nadelen omtrent de toepassing van extensieve groendaken. Aangezien de populariteit van het concept groendaken alsmaar toeneemt (Mentens, 2003; Heirbout, elektronische communicatie, 29 maart 2010) kunnen kosten-batenanalyses inzicht geven op het voor particulieren rendabel is te investeren in groendaken. Voor de overheid kunnen ze berekenen of groendaken welvaartsverhogend zijn en daaruit kan dan ook het subsidiebeleid geëvalueerd worden.

De doelstelling van dit onderzoek is het identificeren van de kosten en baten van extensieve groendaken door middel van verschillende, reeds uitgevoerde wetenschappelijk onderbouwde studies. De tot nu toe beschikbare wetenschappelijke studies over groendaken zijn uitgevoerd in diverse landen. In deze studie ligt de focus op Vlaanderen, er wordt dan ook op zoek gegaan naar de meest geschikte data die in Vlaanderen of de gematigde klimaatzone beschikbaar zijn. Om een zo realistisch mogelijk beeld te creëren wordt er samengewerkt met een groendakproject in Groot-Bijgaarden (nabij Brussel). Na de inschatting zal een sensitiviteitsanalyse uitgevoerd worden die de gevoeligheid van de resultaten weergeeft. Door middel van een kwaliteitsinschatting wordt nagegaan wat het gevolg zal zijn als de monetaire waardering van de kosten en baten en onder- of overschat is.

Dit onderzoek geeft de voor- en nadelen op economisch, ecologisch en sociaal vlak weer. Om een referentiekader weer te geven worden de kosten en baten van een groendak vergeleken met die van een plat dak. Er wordt dus nagegaan wat de maatschappelijke kosten en baten zijn van een extensief groendak ten opzichte van een platte dakbedekking in Vlaanderen.

2. Literatuuroverzicht en achtergrond

Groendaken zijn populair omwille van een aantal uitgesproken voordelen zoals waterretentie (planten en mossen op het groendak vangen regenwater op zodat er minder water in de riolering terecht komt), betere isolatie, geluidsdemping en bevordering van de biodiversiteit (Mentens, Hermy & Raes, 2002). Ze kunnen opgedeeld worden in twee klassen: 1) een intensief groendak dat toegankelijk is en wordt vergeleken met een daktuin, 2) een extensief groendak dat bestaat uit mossen en sedums (vetkruiden) en meestal niet toegankelijk is.



Figuur 1: Schematische voorstelling van een intensief, licht intensief en extensief groendak

Bron: WTCB, 2006b, p. 7

Een groendak bestaat typisch uit meerdere lagen (figuur 1). De bovenste en enige zichtbare laag is de *vegetatielaag*. Deze kan zowel uit sedums (vetkruiden of vetplanten), mossen, grassen, kruiden, struiken als uit bomen bestaan. Daaronder de *substraatlaag*, een essentiële laag die zowel zorgt voor de voedingsstoffen en watervoorziening als voor de zuurstof en verankering van de wortels. Het mengsel bevat aarde, zand, kleikorrels, lava, schors, enzovoort. De dikte varieert naargelang het type groendak en neemt toe van extensief naar intensief (tabel 1). Het mengsel is speciaal voor groendaken ontwikkeld en heeft een lagere volumieke massa dan klassieke tuingrond (Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf [WTCB], 2006b). Onder de substraatlaag ligt een *filtermat* die vermijdt dat partikels van de substraatlaag afgevoerd worden naar de onderliggende drainagelaag en deze eventueel doen verstopen. De *drainagelaag* zorgt voor de afvoer van overtollig regenwater en is samengesteld uit vulkanisch gesteente, geëxpandeerde kleikorrels, kokosvezelmatten en eventueel minerale wol. Om de onderliggende lagen niet te beschadigen door scherpe delen, plantwortels en water wordt een *beschermlaag* aangelegd. Deze bestaat meestal uit een synthetisch rubberen EPDM (Ethyleen Propyleen Dieen Monomeer) folie, dat ook gebruikt wordt voor de aanleg van vijvers (Aquastyle, 2010).

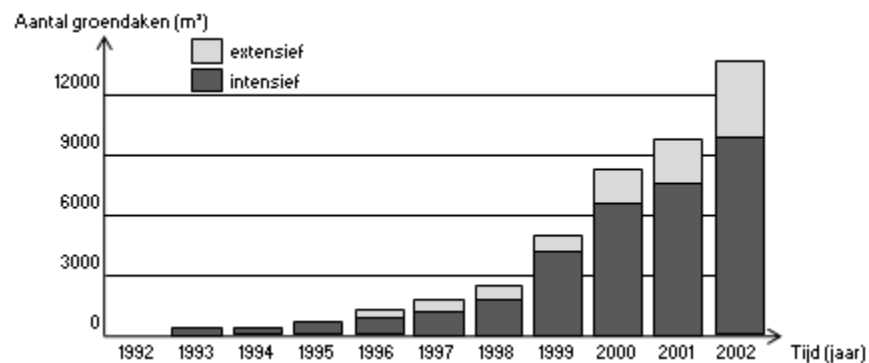
Als laatste is de *dragende constructie* een essentieel onderdeel. Het desbetreffende dak zal voldoende sterk moeten zijn om de bovenstaande lagen te dragen. Hoewel niet elk groendak bestaat uit de opgesomde lagen, bestaat een minimale opbouw uit een gecombineerde vegetatie- en substraatlaag, EPDM folie en de dragende constructie (Mentens et al., 2002; Van Leemput & Heuts, 2007).

Tabel 1: Onderscheid tussen intensief en extensief groendak

Kenmerken	Intensief groendak	Licht intensief groendak	Extensief groendak
Substraatlaag	8 - 20 cm	6 - 10 cm	1 - 6 cm
Drainagelaag	2 - 6 cm	2 - 6 cm	1 - 6 cm
Gewicht van het (verzadigde) groendak	> 400 kg/m ²	100 - 400 kg/m ²	30 - 100 kg/m ²
Toegankelijkheid	Ja	Ja	Meestal niet
Onderhoud vegetatie	Belangrijk	Middelmatig	Beperkt
Toepassing bij renovatie	Vaak onmogelijk	Soms	Ja
Toepassing bij nieuwbouw	Te bestuderen	Te bestuderen	Ja

Bron: WTCB, 2006b, p. 7

Extensieve groendaken bevatten een relatief dunne substraatlaag. De begroeiing vergt weinig onderhoud aangezien deze beperkt is tot mossen, vetplanten en kruiden. Het totale gewicht van een extensief groendak ligt laag (30 tot 100 kg/m²) waardoor dikwijls op bestaande gebouwen wordt gewerkt en geen aangepaste dakconstructie nodig is. De groendak constructie is meestal enkel begraanbaar voor onderhoud. Extensieve groendaken worden aangelegd op zowel vlakke als hellende daken en vergen weinig onderhoud (Mentens et al., 2002). Over het algemeen is er geen spontane vegetatieontwikkeling maar worden de daken aangelegd door plantensoorten te zaaien, te planten of door het gebruik van vooraf gekweekte vegetatiematten (WTCB, 2006b). In figuur 2 wordt een overzicht gegeven van het aantal intensieve ten opzichte van extensieve groendaken in Vlaanderen.



Figuur 2: Totale oppervlakte (m²) intensieve en extensieve groendaken in Vlaanderen & Brussel van 1992 tot 2002

Bron: Mentens, 2003, p.25

Vlaanderen inventariseert de aangelegde groendaken niet systematisch. Wel is in de inventaris van Mentens (2003) (figuur 2) en de markt van groendaken in Vlaanderen (Heirbaut, W., elektronische communicatie, 29 maart 2010) (tabel 2) een stijging van het aantal groendaken in Vlaanderen waar te nemen. Tot 2002 is de oppervlakte (m²) van intensieve groendaken groter dan extensieve. Daarna neemt de oppervlakte extensieve groendaken enkel nog toe. Dit komt doordat de overheid via gemeentebesturen sinds 2002 subsidies verleent voor extensieve groendaken op vrijwillige basis. Niet iedere gemeente biedt deze aan, het gaat enkel om diegene die de samenwerkingsovereenkomst 'Milieu als opstap naar duurzame ontwikkeling' hebben ondertekend (Agentschap voor Natuur en Bos). Het aantal geplaatste extensieve groendaken (m²), die subsidie verkregen, sinds 2002 in Vlaanderen worden weergegeven in tabel 2.

Tabel 2: Aantal aangelegde extensieve groendaken (m²) in Vlaanderen van 2003 tot 2009

Jaar	Reglementen* (m ²)	Gebouwen gemeenten** (m ²)	Jaar	Reglementen (m ²)	Gebouwen gemeenten (m ²)
2003	380	/	2007	13.350	6.700
2004	1.000	/	2008	13.850	6.200
2005	6.100	/	2009	22.700	3.800
2006	8.400	2.200			

*Reglementen: oppervlakte extensieve groendaken aangelegd via het gemeentelijke subsidiereglement bij derden.

**Gebouwen gemeenten: oppervlakte extensieve groendaken aangelegd op gemeentelijke eigendommen.

Bron: Heirbaut, W., elektronische communicatie, 29 maart 2010.

3. Methode

Een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) berekent de kosten en baten van een bepaald beleid of project vanuit het standpunt van de maatschappij als geheel en weegt deze tegen elkaar af. Zowel private als publieke effecten van groendaken worden hierin opgenomen. Hiertoe moeten de kosten en baten zo volledig mogelijk beschreven, gekwantificeerd en vervolgens gemonetariseerd worden (Departement Leefmilieu, Natuur en Energie van de Vlaamse overheid [LNE], 2007). Om een referentiekader te creëren wordt het extensief groendak vergeleken met een platte dakbedekking. Bij het uitvoeren van de KBA worden de baten verminderd met de kosten. Om de tijdswaarde van geld correct in rekening te brengen worden de ingeschatte kosten en baten verdisconteerd (LNE, 2007). De uitkomst geeft dan de rendabiliteit en het netto welvaartseffect van een extensief groendak ten opzichte van een platte dakbedekking weer.

De projectontwikkelaar PYLOS (Trappeniers, J., persoonlijke en elektronische communicatie, september tot maart 2010) heeft de opdracht gegeven aan architectuurbureau Bofa (Pierard, L., persoonlijke en elektronische communicatie, september tot maart 2010) een kantoorproject te verzorgen in de Industrielaan te Groot-Bijgaarden. Op het bestaand plat dak wensen ze een extensief groendak te plaatsen. Hierbij valt op te merken dat een plat dak niet horizontaal is, maar een minimale helling van 1° vertoont (WTCB, 2006b). Om de kosten van de platte dakbedekking in te schatten wordt samengewerkt met de aannemer NV Crabbé (Vansweevelt, L., elektronische communicatie, maart 2010) die het dak plaatste in juni 2008. Voor het extensieve groendak wordt samengewerkt met het architectenbureau Bofa. Om de prijs van een groendak te generaliseren naar Vlaanderen, worden twee prijsoffertes aangevraagd. Het architectuurbureau Bofa heeft de aannemer IBIC bvba (Adriaenssens, N., elektronische communicatie, maart 2010) aangesteld voor de aanleg van het groendak. Het extensieve groendak zal uit een wortelvaste folie, een drainagelaag (1-2 cm) en een beperkte substraatlaag (3-4 cm) bestaan aangezien de constructie onvoldoende stabiel is. De ruimte onder het groendak wordt verwarmd met aardgas en de waterafvoer gebeurt gescheiden. Het dak wordt verdeeld in twee delen (appendix 1): op deel A wordt een groendak van 305 m² aangelegd en deel B twee stroken van elk 86 m². Samen is dit (deel A en B) 477 m². De plaatsing werd voorzien in januari 2010, zodat het inzaaien van de sedums in april/mei kon gebeuren. Door de verandering in het Dilbeekse subsidiebeleid wordt de plaatsing van het groendak echter uitgesteld (zie 4.2.2 Economische baat subsidie).

Om de baten te achterhalen is bronnenonderzoek noodzakelijk. Hiervoor worden relevante wetenschappelijke artikels en bestaande waarderingstudies ('benefit transfer' uit de internationale, academische literatuur) opgezocht rond een bepaalde baat. Vervolgens wordt getracht om de baten in monetaire termen uit te drukken. Zoals eerder vermeld zal er bij het inschatten van de baten een sensitiviteitsanalyse, op basis van een kwaliteitsinschatting, uitgevoerd worden die de gevoeligheid van de resultaten voor bepaalde kosten of baten weergeeft. Hierbij wordt een worst en best-case scenario uitgewerkt met minimale en maximale kosten en baten.

4. Resultaten

4.1 Beschrijving kosten en baten

De kosten van het reeds gebouwde plat dak en het nog niet aangelegde groendak (tabel 3) worden opgesplitst in twee categorieën. De economisch directe kosten waaronder investeringskosten (kosten voor de aankoop) en operationele kosten (plaatsings- en onderhoudskosten) zijn opgenomen. De economisch indirecte kosten zijn de aanpassingskosten, voornamelijk de opleiding van het personeel en de reguleringskost van het subsidiebeleid voor de overheid dat wordt weergegeven als MCPF (marginale kost van overheidsfondsen).

De baten zijn onderverdeeld in drie categorieën. Als eerste de economische baten waaronder: de levensduur van de dakbedekking onder het groendak, het reduceren van het energieverbruik in de woning, de brandwerendheid en de subsidie. Onder de tweede categorie, de ecologische baten, behoort het Urban Heat Island Effect (UHI), de kwaliteit van het afgespoelde (runoff) water en de biodiversiteit. Het UHI-effect heeft betrekking op de

luchtkwaliteit, de temperatuur in de stad en de waterhuishouding (neerslag). Als laatste worden de sociale baten behandeld, deze categorie omvat de esthetische aspecten van groendaken en de geluidsdemping.

Een aantal categorieën worden niet opgenomen in deze studie omwille van het gebrek aan betrouwbare data. Zo zijn geen specifieke studies gevonden over de ozon- en koolstofdioxide opname van sedums door groendaken en de brandwerendheid van groendaken. Daarnaast zijn er twee baten waar wetenschappelijk onderzoek naar gedaan is, maar niet gekwantificeerd worden daar ze lokaal gebonden zijn: de bevordering van de biodiversiteit en de esthetische waarde. De schatting van de baten die wel worden meegenomen vormt dus een ondergrens van de werkelijke waarde van de baten verbonden aan een groendak.

Tabel 3: Overzicht opgenomen kosten en baten

Economisch directe kosten		Economisch indirecte kosten
<i>Investeringskosten</i>		<i>Aanpassingskosten</i>
<i>Operationele kosten</i>		<i>Reguleringskosten - MCPF*</i>
Economische baten	Ecologische baten	Sociale baten
<i>Levensduur dakbedekking</i>	<i>Luchtkwaliteit</i>	<i>Esthetiek</i>
<i>Energieverbruik</i>	<i>Stadstemperatuur</i>	<i>Geluidsdemping</i>
<i>Brandwerend</i>	<i>Neerslag</i>	
<i>Subsidie</i>	<i>- Dalende zuiveringskosten</i>	
	<i>- Overstromingsrisico</i>	
	<i>Waterkwaliteit</i>	
	<i>Biodiversiteit</i>	

*MCPF = Marginal Cost of Public Funds

4.2 Waardering kosten en baten

In dit deel wordt getracht om de relevante kosten en baten te identificeren en vervolgens te moneteriseren. Eerst komen de kosten aan bod en aansluitend de verschillende baten.

4.2.1 Kosten

De installatie- en materiaalkost van het reeds aangelegde platte dak onder het groendak in Groot-Bijgaarden bedroeg 109,9 euro/m² (Vansweevelt, L., elektronische communicatie, maart 2010). De kost voor het groendak bedraagt ongeveer 32 euro/m² (Adriaenssens, N., elektronische communicatie, maart 2010). Samen een totale eenmalige kost van om en bij 141,9 euro/m². Jaarlijks wordt een onderhoud aan zowel het platte dak als het groendak uitgevoerd, dat op 2 euro/m² wordt geschat (ARCADIS, 2008).

In tabel 4 zijn de directe kosten opgenomen voor het platte dak en het groendak. De kosten voor de aanleg van het extensieve groendak zijn behoorlijk laag in vergelijking met die van het platte dak. De opleidingskosten van het personeel die zowel het groendak als het platte dak installeren worden niet gekwantificeerd, deze minimale kosten zullen weinig effect hebben op de uiteindelijke KBA.

Tabel 4: Overzicht waardering kosten plat dak en extensief groendak

Economische directe kosten	Platte dakbedekking	Extensief groendak
<i>Investeringskosten (eenmalig)</i>	109,90 euro/m ²	32 euro/m ²
<i>Operationele kosten (jaarlijks)</i>	1 euro/m ² /jaar	1 euro/m ² /jaar

4.2.2 Economische baten

Alvorens het opstellen van de KBA, wordt elke relevante baat met betrekking tot extensieve groendaken afzonderlijk besproken en, indien mogelijk, gemonetariseerd.

- *Levensduur dakbedekking*

De dragende constructie onder het groendak vertoont een langere levensduur dan een klassieke dakbedekking, (Hermy, Schauvliege & Tijskens, 2005; Oberndorfer et al., 2007; Siaz et al. 2006) voornamelijk omdat UV en IR-straling¹ worden geabsorbeerd door de vegetatielaag (Getter, Rowe & Cregg, 2009). Afhankelijk van de verschillende lagen zal het groendak ook bescherming bieden bij extreme weersomstandigheden zoals ijs, hagel en temperatuurschommelingen (Teemusk & Mander, 2009a,b; Ekaterini & Dimitris, 1998). Het gevolg hiervan is dat de renovatiekosten van het dak dalen, voor zover het voldoende weerstand biedt tegen wortel doorboring (WTCB, 2006b). Een klassieke dakbedekking heeft een gemiddelde levensduur van 25 jaar, volgens Mann (2002) is de levensduur van de dakbedekking onder een groendak dubbel zo lang.

- *Dalende energiekosten*

Een groendak heeft een isolerende functie (Hermy et al., 2005; Oberndorfer et al., 2007; Wong et al., 2003a,b; Niachou et al., 2001; Kumar & Kaushik, 2005; Carter & Keeler, 2007; Teemusk & Mander, 2009b) en zorgt voor een afname van de energiebehoeften en/of een verhoging van het thermisch comfort in het gebouw (WTCB, 2006b). Zo zal gedurende de zomermaanden minder gekoeld moeten worden en de wintermaanden minder verwarmd. Feng, Meng en Zhang (2010) bestudeerden op een groendak in China dat gemiddeld slechts 1,2% van alle warmte (100%) de ruimte onder het groendak bereikt. De energie die hierdoor bespaard wordt (Saiz et al., 2006) is afhankelijk van de grootte van het gebouw, het klimaat en het soort groendak. Studies uitgevoerd in de gematigde klimaatzone zijn schaars. Niachou et al. kwamen in 2001 tot een energiereductie van 2% in Athene, Siaz et al. (2006) tot 1,2% te Madrid. In de tropische klimaatzones liggen de energiebesparingen hoger. Zo kwamen Wong et al. (2003a) te Singapore tot een reductie van 8% en Carter (2007) in de Tanyard Branch (Athens, USA) 3,3%. Het uitgangspunt van de energiereductie voor Vlaamse extensieve groendaken wordt, op basis van de studies in Athene en Madrid, in deze studie op 1,5% gelegd.

Tabel 5: Energiereductie voor het extensief groendak in Groot-Bijgaarden

Parameters	Extensief groendak te Groot-Bijgaarden
<i>Energieverbruik</i>	96.661 kWh/305m ²
<i>Energiereductie 1,5% door groendak</i>	1.450 kWh
<i>Energieprijs aardgas</i>	0,028 euro/m ²
<i>Totale energiereductie door groendak</i>	40,6 euro/305m ²
<i>Gemiddeld energiereductie door groendak</i>	0,133 euro/m ²

Ervan uitgaande dat de ruimte onder het volledig overdekte groendak (deel A) in Groot-Bijgaarden gebruikt wordt als kantoorgebouw voor financiële instellingen en de energiebron aardgas is zal het gemiddeld verbruik per jaar 1,14 GJ/m² of 316,92 kWh/m² bedragen² (Aernouts & Jespers, 2005). Voor de ruimte onder het gebouw van 305 m² zal het jaarlijks verbruik 96.661 kWh bedragen. De industriële aardgasprijs gebaseerd op 2008 (FOD Economie [a]) bedraagt gemiddeld 7,83 euro/GJ of 0,028 euro/kWh. Het jaarlijks verbruik vermenigvuldigd met de gemiddelde aardgasprijs is dan een kost van 2.706,5 euro. De energiereductie van 1,5 % door het groendak (deel A) in Groot-Bijgaarden zal jaarlijks tot een verwachte energiebesparing van 40,6 euro leiden (tabel 5). Dit is een onderschatting aangezien deel B niet in rekening wordt gebracht.

¹ De zon is een natuurlijke bron van Ultraviolet (UV) en Infrarood (IR) straling. Tussen UV (golflengte 200- 280 nm) en IR (golflengte 780 nm tot 1 mm) is het zichtbaar licht gelegen (Vlaamse Milieumaatschappij [VMM], 2006).

² 1 GJ = 278 kWh en 1 kWh = 0,00359 GJ

- *Brandbescherming*

Studies naar de brandwerendheid van groendaken ontbreken. Wel zijn sedums watervaste planten (Wolf & Lundholm, 2008) met een brandvertragende functie. Het spreekt voor zich dat droge planten vuur aanwakkeren, om verspreiding van de brand te voorkomen wordt door het WTCB (2006b) aangeraden om compartimenteringszones aan te leggen van 50 tot 100 cm breed. De kans dat zich een brand voordoet in of op het gebouw in Groot-Bijgaarden is zeer klein, de baat ervan wordt laag ingeschat en zal niet meegerekend worden in de latere analyse.

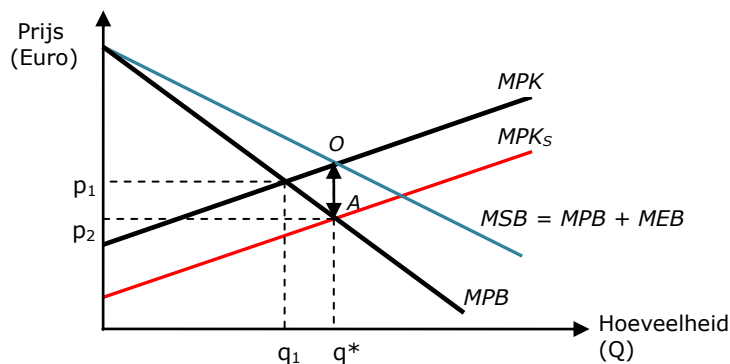
- *Subsidie*

Om de aanleg van groendaken te stimuleren verleent de Vlaamse overheid sinds 2002 subsidie aan steden en gemeenten op vrijwillige basis. Een gemeente die zelf een groendak aanlegt of de aanleg ervan stimuleert bij de inwoners ontvangt van het Gewest 31 tot 38,75 euro/m². Het staat de gemeente vrij de voorwaarden aan te vullen, maar het dient voor iedere m² aangelegd groendak een minimum subsidie toe te kennen van 25 euro (Agentschap voor Natuur en Bos).

Voor de overheid is het uitkeren van subsidie een kost, voor de ontvanger een baat. Subsidies zijn een centraal (beïnvloeden het gedrag rechtstreeks) en marktgericht (geven prikkels, maar zijn niet verplicht) beleidsinstrument. Het kan beschouwd worden als een negatieve belasting waarbij de gebruiker beloond wordt om niet te vervuilen. Daarentegen is een positieve belasting een instrument om de vervuilende activiteit te bestraffen. Op lange termijn zal de marktprijs van groendaken waarschijnlijk dalen door de subsidie en de gevraagde hoeveelheid stijgen (Proost & Rousseau, 2007).

De marginale private kosten (MPK) en marginale private baten (MPB) zijn weergegeven in figuur 2. Bij deze markt zonder subsidie zal een hoeveelheid q_1 groendaken worden aangelegd. Wanneer de externe voordelen of baten van groendaken mee in rekening worden gebracht, is het optimaal voor de overheid om een subsidie AO uit te betalen. Met als gevolg dat de MPK daalt tot aan het snijpunt met de MPB. In dit punt worden meer groendaken aangelegd (q^*), dit aantal ligt in het sociale optimum O waarbij de marginale private baten (MPB) en marginale externe baten (MEB) ook in rekening gebracht worden (Proost & Rousseau, 2007). Hoe groter de subsidie (OA), hoe meer groendaken er aangelegd zullen worden.

Voor de financiering van de administratieve- of controlekosten (MCPF) met betrekking tot het subsidiebeleid gebruikt de overheid belastingsgeld, een maatschappelijke kost dus. Eén euro extra arbeidsbelasting en sociale zekerheidsbijdragen om een milieusubsidie uit te keren heeft volgens Proost en Rousseau (2007) een welvaartskost van 1,2 euro.



Figuur 2: Werkingsmechanisme subsidie

Marginale Private Kost (MPK), Marginale Private Kost na Subsidie (MPK_s), Marginale Sociale Baat (MSB), Marginale Externe Baat (MEB), Marginale Private Baat (MPB), Sociaal Optimum (O) en subsidie (OA).

Bron: Proost & Rousseau, 2007, p. 144 - 152

De subsidie in Dilbeek bedraagt 31 euro/m², dus 20% MCPF van de subsidie is gelijk aan 0,62 euro/m². Vanaf 2010 wordt de subsidie echter afgeschaft, de Dilbeekse budgetten van 2009 zijn ontoereikend om nog subsidies toe te kennen (De Vits, O., elektronische communicatie, november 2009). Bijgevolg kunnen aanvragen voor de subsidie van groendaken niet meer behandeld worden. Het project in Groot-Bijgaarden zal geen subsidie ontvangen (Trappeniers, J., persoonlijke en elektronische communicatie, maart 2010). Dit kan een belemmerende factor zijn voor de aanleg van het groendak.

4.2.3 Ecologische baten

Het UHI-effect staat voor de warmere temperaturen in steden ten opzichte van het platteland. In steden liggen de temperaturen hoger, de fijn stof concentraties hoger en zijn er meer pollutanten aanwezig (Green roofs for health cities, 2009; Takebayashi & Moriyama, 2007). Groendaken kunnen de temperatuur in de stad doen dalen (Alexandri & Jones, 2008) en filteren de vervuillende stoffen (Yang, Yu & Gong, 2008). In 2002 werd in Toronto door Bass et al. een simulatie uitgevoerd met 50% groendaken, een reductie van de temperatuur met 2°C werd vastgesteld (Banting, Doshi & Missios, 2005). Ook neerslag behoort tot het UHI-effect. Een groot deel van de neerslag op groendaken wordt door evaporatie (verdamping door substraat) en transpiratie (verdamping door planten) opnieuw aan de lucht afgegeven (Hermy et al., 2005; Kasmin, Stovin & Hathway, 2009). Hierdoor zal er minder water en met vertraging in de riolering terechtkomen, wat een positief effect heeft op de waterhuishouding.

Hieronder worden de drie parameters met betrekking tot het UHI-effect verder toegelicht. Als eerste de verbeterde luchtkwaliteit dan de temperatuur in de stad en als laatste wordt de neerslag behandeld.

- Luchtkwaliteit

De milieuschadetekosten of externe kosten veroorzaakt door luchtverontreiniging (in het bijzonder fijn stof PM_{2,5} en PM₁₀³) op lange termijn werden bestudeerd en gebundeld in het Milieu Rapport [MIRA] Vlaanderen (2009). De externe gezondheidseffecten die in deze studie werden opgenomen zijn zowel chronisch (bronchitis) als acuut (bijvoorbeeld ademhaling- en hartproblemen). De externe gezondheidskosten gekoppeld aan langetermijneffecten van fijn stof vertonen een dalende trend tussen 2007 en 2030. Van 546 naar 483 euro/inwoner/jaar. Deze daling is voornamelijk te verklaren door de afname van de gemiddelde PM₁₀- en PM_{2,5}-concentraties, te danken aan de veronderstelde emissiereducties in de beschouwde beleidsscenario's (tot 2020) van Vlaanderen en Europa (Vancraeynest, L., elektronische communicatie, april 2010).

Groendaken reduceren het gehalte stikstof di- of trioxide (NO_x), zwaveldioxide (SO₂), ozon (O₃) en PM. Yang et al. (2008) onderzochten de verwijdering van de luchtvervuiling in Chicago door middel van groendaken. Zij concludeerden dat voornamelijk O₃ en NO₂ worden opgenomen door het groendak. Er moet wel rekening worden gehouden met de plaatselijke concentraties van deze stoffen, zo ligt het O₃ gehalte in Chicago om en bij 30 tot 65 µg/m³ (Yang et al., 2008) en in Groot-Bijgaarden tussen 30 en 42 µg/m³ (Intergewestelijke Cel voor het Leefmilieu [IRCEL-CELINE]). Hoe meer O₃ aanwezig in de luchtlagen, hoe meer het groendak zal opnemen.

In deze studie wordt ervoor gekozen om drie berekeningen uit te voeren met betrekking tot de NO_x opname van groendaken aangezien over deze parameter de meest nauwkeurige gegevens beschikbaar zijn. De eerste berekening is met gegevens afkomstig van Detroit en Chicago, de tweede en derde inschatting gebeurt aan de hand van een totale gekwantificeerde baat van NO_x voor Vlaanderen. De twee laatste verschillen in locatie, en dus ook in NO_x opname.

³ Fijn stof deeltjes met diameter kleiner dan 10 micrometer (PM 10) en kleiner dan 2,5 micrometer (PM 2,5). PM staat voor Particulate Matter.

Case 1: Clark, C. (2005) bestudeerde in Detroit en Chicago (USA) de NO_x opname van groendaken. Sedums nemen 0,01 pond NO_x/ft² op met een waarde voor NO_x reductie van 3.375 dollar/m² (voor 2004). Er wordt dus 4,21x10⁻⁴ kg NO_x/m²/jaar gereduceerd⁴ of 0,0014 dollar/m² (vermenigvuldigd met 3,375 dollar/m² NO_x). Omgezet naar euro (wisselkoers van 11 april 2010 waar 1 USD gelijk is aan 0,734806 EUR) komt dit op een baat van 1,03 euro/m².

Case 2: Clark, Adriaens en Talbot (2006) geven aan dat ongeveer 5 tot 10% van de aanwezige NO_x en SO₂ concentratie wordt opgenomen door een groendak. Het jaargemiddelde (van 1995 tot 2010) aan NO₂ in Sint-Agatha-Berchem bedraagt 31,56 µg/m³ (IRCEL-CELINE). Dit is een ogenblikkelijke meetwaarde, om een vergelijking te maken wordt deze waarde omgerekend naar een jaargemiddelde. Dit maakt een gehalte van 0,995 kg NO₂/m²/jaar⁵. Ervan uitgaande dat de 5 tot 10% laagste (dus de dichtstbijzijnde) luchtlagen boven het groendak worden opgenomen, geeft ongeveer een reductie van 0,05 - 0,10 kg NO₂/m²/jaar. Het VITO en ECONOTEC (Marien et al., 2001) onderzochten dat de totale baat bij een NO_x reductie van 68 kiloton 334 miljoen euro is⁶. Eén kg NO_x reduceren is dan 4,912 euro/m² waard. Dit bedrag vermenigvuldigen met 0,05 tot 0,10 kg NO₂/m²/jaar geeft 0,246 tot 0,491 euro/m²/jaar.

Case 3: Clark et al. (2006) raamde de opname van NO₂ door planten als 0,27 kg NO₂/m²/jaar. Voor het groendak in Groot-Bijgaarden is dit een jaarlijkse NO₂-captatie van ongeveer 128,78 kg. Met een baat van 334 miljoen euro (voor 68 kton NO_x reductie) komt dit neer op 1,33 euro/m²/jaar.⁷

Tabel 6 geeft een overzicht van de drie cases. Case 2 leunt het meest aan bij de werkelijkheid aangezien deze op basis van de concentratie NO₂ in Groot-Bijgaarden berekend is. Voor de KBA wordt een gemiddelde reductiewaarde van 0,369 NO₂/m²/jaar gehanteerd.

Tabel 6: Reductie NO_x

	Reductie (euro)	Reductie groendak 477m ² (euro)
Case 1(NO _x)	1,03 NO _x /m ² /jaar	378,03 NO _x /477m ² /jaar
Case 2(NO ₂)	0,246 - 0,491 NO ₂ /m ² /jaar	92,59 - 185,18 NO ₂ /477m ² /jaar
Case 3(NO _x)	1,33 NO _x /m ² /jaar	501,41 NO _x /477m ² /jaar

- *T° in de stad*

Groot-Bijgaarden ligt aan de Brusselse rand, dus het groendak kan beschouwd worden als in de stad. Een aandeel van 50% groendaken in Brussel wordt uitgesloten voor de bestudeerde tijdsperiode van 50 jaar, er zal zich dus hoogstwaarschijnlijk geen temperatuursverlaging voordoen van 2°C.

- *Neerslag*

De verdamping of evapotranspiratie wordt beïnvloed door de totale bladoppervlakte aanwezig op het groendak en vindt meestal plaats wanneer het groendak voldoende vochtig is (Lazzarin et al., 2005). Voor een extensief groendak met 3 cm substraat verdampt er op een warme zomerdag ongeveer 0,5 l/m² (Hermy et al., 2005). De evapotranspiratie van sedums is seizoensgebonden en afhankelijk van de regenval. Deze parameter is tot nog toe moeilijk kwantificeerbaar (Kasmin et al., 2009). Een studie van Kasmin et al. (2009) in Sheffield (UK) geeft wel aan dat tijdens de zomermaanden de evapotranspiratie het grootst is.

Naast evapotranspiratie wordt een gedeelte van het water vastgehouden door het groendak (waterretentie), het andere gedeelte dringt door de substraatlaag en wordt opgevangen (runoff). De hoeveelheid van dit runoff water kan voorspeld worden aan de hand van de

⁴ 0,01 pond NO_x/ft² x 0,454 kg NO_x/ft² x 0,0929 kg NO_x/m² = 4,21x10⁻⁴ kg NO_x/m²/jaar (met 1 pond = 0,454 kg en 1 ft² = 0,0929 m²)

⁵ 31,56 µg/m³ x 60 seconden x 60 minuten x 24 uur x 365 dagen = 995x10⁶ µg/m²/jaar = 0,995 kg/m²/jaar (1 µg = 1 x 10⁻⁹ kg)

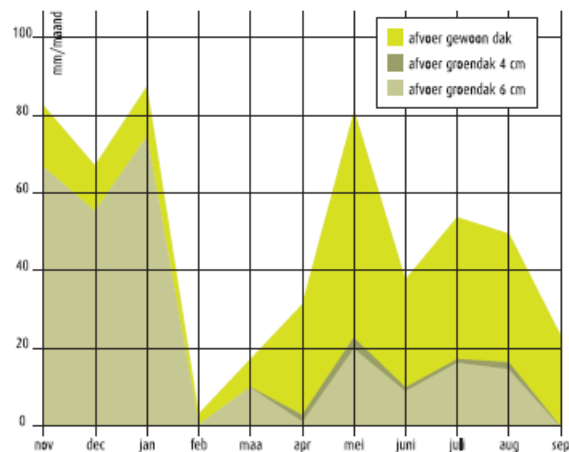
⁶ 334 miljoen euro / 68 kiloton NO_x = 4,912 euro/m² NO_x

⁷ 0,27 kg NO₂/m²/jaar x 4,912 euro/m²

substraatdikte en de jaarlijkse neerslag (Hermy et al., 2005). Mentens et al. (2006) bestudeerden de runoff voor extensieve groendaken in Brussel met de volgende formule:

$$\text{Jaarlijkse runoff van een groendak} = 693 - 1.15 * \text{prec} + 0.001 * \text{prec}^2 - 0,8 * \text{sub}$$

Waarbij *prec* het volume neerslag (in mm/jaar) voorstelt en *sub* de substraatdikte (in cm). Het groendak in Groot-Bijgaarden heeft een substraatlaag van maximum 5 cm. De gemiddelde jaarlijkse neerslag in Laag- en Midden-België is 800 mm (Koninklijk Meteorologisch Instituut [KMI], 2010). De runoff bedraagt dan 409 mm, dus slechts 50% van het regenwater zal door het groendak sijpelen. Zoals in de grafiek hieronder ligt de runoff in de wintermaanden hoger dan de zomermaanden. De dikte van de substraatlaag is zeer belangrijk, zo onderzochten Mentens et al. in 2004 op basis van een proefopzet in Leuven de waterretentie van groendaken met 4 cm en 6 cm substraat. De retentie van 4 cm substraatlaag bleek 1,9% hoger te liggen dan die van 6 cm (figuur 3).



Figuur 3: Fluctuaties van het runoff water
Bron: Mentens, J., Raes, D. & Hermy, M. (2004) p. 16

Dalende zuiveringskosten

Waterretentie reduceert en vertraagt de waterafvoer (VanWoert et al., 2005). Aangezien er minder water in de riolering terecht komt, zal de zuiveringskost lager liggen. In het gebouw van Groot-Bijgaarden wordt water gescheiden afgevoerd en zal niet langs een waterzuiveringsinstallatie vloeien. De zuiveringskost van afvalwater in Vlaanderen is 0,7580 euro/m³ (Sociaal-Economische Raad van Vlaanderen [SERV], 2007) en de jaarlijkse neerslag bedraagt gemiddeld 800 mm/m². Zoals eerder berekend is de runoff voor Vlaanderen 50%. 0,400 m vermenigvuldigd met 477 m² is 190,8 m³ water of jaarlijks 190.800 liter. De besparing aan regenwater dat niet gezuiverd moet worden is om en bij 0,303 euro/m² is ⁸.

Overstromingsrisico

Groendaken zorgen ook voor een optimalisatie van de stedelijke waterhuishouding, zo wordt er minder regenwater in de riolen geloosd. Om te vermijden dat bij hevige neerslag het rioleringsnetwerk overbelast wordt, zal een daling van het overstromingsrisico plaatsvinden. Het WTCB proefopzet in Limelette (Waals-Brabant) van juni 2002 tot mei 2003 stelt dat het piekdebiet van stortbuien op een extensief groendak met 4 cm substraat acht minuten wordt uitgesteld en daalt met 52% ten opzichte van een klassieke dakbedekking. Dit wil zeggen dat er minder water in de riolering terecht komt en meer gespreid over de tijd (WTCB, 2006a).

Het overstromingsrisico in de regio van Groot-Bijgaarden is verwaarloosbaar (MIRA, 2005) aangezien er geen waterloop langs vloeit. De dalende belasting van het rioleringsnetwerk kan wel gekwantificeerd worden. Uit een kosten-batenanalyse te Rotterdam (ARCADIS, 2008) blijkt dat de transportkosten van regenwater door de riolering gemiddeld 0,10 euro/m² bedragen.

⁸ 0,4 m x 0,7580 euro/m³ = 0,303 euro/m²

- *Waterkwaliteit*

Een betere waterkwaliteit zou ook kunnen bijdragen tot het verbeteren van de stedelijke waterhuishouding. Het afgevoerde regenwater zou dan gefilterd worden door de verschillende groendaklagen in plaats van een waterzuiveringsinstallatie.

Een wetenschappelijk bewijs van de voor- of nadelen rond de waterkwaliteit is er tot nog toe niet. Berndtsson (2010) trachtte in 2009 een overzicht te maken van alle resultaten die tot nog toe verkregen zijn rond de kwaliteit van het runoff water. Verschillende studies tonen tegenstrijdige resultaten doordat ze worden uitgevoerd op andere locaties, op korte meetperiodes, met verschillende groendak lagen en diverse bemesting. Het zuiverend mechanisme van regenwater is dus onvoldoende bestudeerd. Er kan wel algemeen geconcludeerd worden dat groendaken zware metalen als zink, koper, cadmium en lood vasthouden. De hoeveelheid en soort bemesting die gebruikt wordt ter bevordering van de plantengroei is van groot belang voor het aandeel organische stoffen (biologisch en chemisch zuurstofverbruik, BZV en CZV⁹) in het runoff water (Berndtsson, 2006 & 2010; WTCB 2006a).

Het WTCB (2006a) analyseerde in 2003 runoff stalen van verschillende groendaken in Limelette. Het enige positief effect van de runoff in deze studie is het neutraliserende effect van zure regen (zuurtegraad, pH). Een andere bevinding is dat het regenwater zich verrijkt in plaats van filtert, zo neemt de geleidbaarheid van het water alsmaar toe. Ook parameters die het gehalte aan organische stoffen karakteriseren stegen. Door het toevoegen van meststoffen steeg ook het gehalte aan oxideerbare chemicaliën. Het WTCB concludeerde dat het runoff water van groendaken niet voor huishoudelijke toepassingen gebruikt mag worden, maar een bijkomende behandeling nodig heeft.

In Groot-Bijgaarden zal het runoff water geloosd worden in oppervlaktewater. De runoff kan dus beschouwd worden als niet verontreinigd hemelwater, dit wil zeggen dat er geen normering gehanteerd wordt en het water gelijk wordt gesteld aan regenwater. Maar, volgens de meest recente regelgeving van de Vlaamse Regering, artikel 4.2.8.1.1 - § 1 - 3^o verschenen in het Belgisch staatsblad op 23/06/08, mag voor de lozing van huishoudelijk afvalwater gelegen in een individueel te optimaliseren buitengebied (geen aansluiting op een operationele afvalwaterzuiveringsinstallatie) het BZV 25 mg/l niet overschrijden. Volgens het WTCB (2006a) heeft hemelwater gemiddeld een BZV van 3,6 mg/l en het runoff water afkomstig van een extensief groendak 19,3 mg/l.

Zolang het BZV in Groot-Bijgaarden de grens van 25 mg/l niet overschrijd kan de runoff beschouwd worden als niet verontreinigd hemelwater. Door preventief te handelen en stalen van dit runoff water te analyseren kan het bedrijf een boete ontlopen. Jaarlijks zal er dus een staalname uitgevoerd worden, met een kostprijs van ongeveer 30 euro (ILVO). Indien het BZV hoger is dan 25 mg/l zal een individuele behandelingsinstallatie voor afvalwater geplaatst moeten worden.

- *Biodiversiteit*

Groendaken creëren een habitat voor fauna en flora. In welke mate planten- en diersoorten aanwezig zijn hangt af van verschillende factoren zoals het groendaktype, de aanwezigheid van fauna en flora in de omgeving en de vochtigheid van het groendak (Mentens et al., 2002; Hermy et al., 2005; Oberndorfer et al., 2007; WTCB, 2006b). Over het algemeen trekken sedums vlinders en nectarzuigende insecten aan (Brenneisen, 2006) en worden er meer zespotigen (bijvoorbeeld springstaarten) gespot (Schrader & Böning, 2006). Het vergroenen van daken heeft een positief effect op de biodiversiteit, maar zal in deze studie niet gekwantificeerd worden aangezien de baat van verschillende factoren afhankelijk is en er onvoldoende lokaal studiemateriaal beschikbaar is.

⁹ BZV is de hoeveelheid zuurstof die bacteriën in het water nodig hebben om een bepaalde stof af te breken en wordt gemeten gedurende vijf dagen bij 20°C. CZV wordt gemeten gedurende drie uur en bepaald de moeilijk afbreekbare stoffen door middel van oxidatie (Willcox, 2005).

4.2.4 Sociale baten

De laatste categorie zijn de sociale baten. Hieronder valt de esthetische waarde en de geluidsisolerende werking van een groendak.

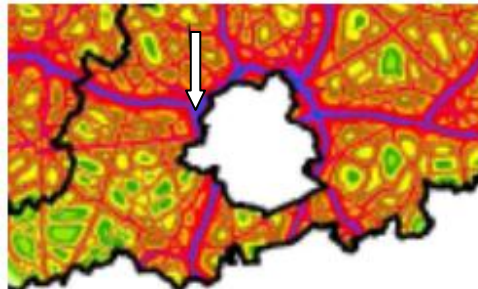
- *Esthetiek*

Bij het rondlopen in de stad zal begroening steeds een positief effect hebben op de gemoedstoestand (Berghage et al., 2007) aangezien groenelementen een invloed hebben op het mentaal (stress reductie), fysisch en sociaal welzijn (Abraham, Sommerhalder & Abel, 2010; Gidlöf-Gunnarsson & Öhrström, 2007).

Voorbijgangers kunnen het groendak in Groot-Bijgaarden niet waarnemen, het zijn enkel de werknemers in het gebouw die ongeveer een vierde (deel B) van het groendak kunnen zien. De werkprestatie en de gemoedstoestand zou hierdoor beïnvloed kunnen worden, maar effectieve cijfers ontbreken. De visuele effecten van groene daken worden in deze studie niet ingeschat, hiervoor wordt er best gebruik gemaakt van stated preference studies die 'wat indien' vragen formuleren of parameters zoals afwezigheden, ziektes en stress die worden gemeten ten opzichte van een kantoorgebouw zonder groendak.

- *Geluidsisolerende werking*

Groendaken hebben een gunstig effect op het akoestische comfort in een woning. Zo bestudeerden Van Renterghem en Botteldooren (2009) in Vlaanderen dat het verkeerslawaaai gedempt wordt door groendaken. Het gebouw in Groot-Bijgaarden is gelegen aan de kruising tussen de E40 en de Brusselse ring, dus het geluid is voornamelijk afkomstig van autoverkeer. Figuur 4 geeft aan dat dit een gevarezone is (blauw) tussen 76 en 80 Lden¹⁰ (MIRA, 2006). Leefmilieu Brussel (2005) beschouwt een buitengeluidsniveau veroorzaakt door wegverkeer van meer dan 65 dB(A) overdag en 60 dB(A) 's nachts als hinderlijk.



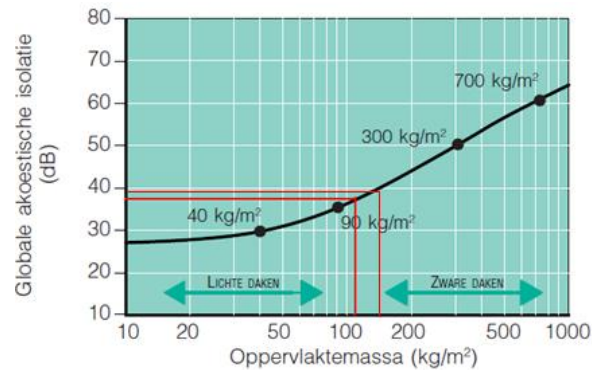
Figuur 4: Lden voor wegverkeer Vlaanderen

Bron: MIRA, 2006

De massa van de constructie speelt een grote rol bij de geluidsdemping. De substraat-, drainagelaag en sedums verzwaren de dakconstructie waardoor een demping van het geluid optreedt. Het platte dak in Groot-Bijgaarden heeft een gewicht van ongeveer 50 kg/m² (Vansweevelt, L., elektronische communicatie, maart 2010). Het totale gewicht van het groendak in verzadigde toestand en het platte dak ligt tussen 110 (Adriaenssens, N., elektronische communicatie, maart 2010) en 140 kg/m² (Temmerman, D., elektronische communicatie, maart 2010). In onverzadigde toestand zal het gewicht lager liggen. De akoestische isolatie zal volgens het WTCB (2006b) in figuur 5 dan ongeveer 38 tot 40 dB bedragen. Deze geluidsvermindering is enkel van toepassing voor de dakbedekking (deel A), de andere wanden van het kantoorgebouw zullen dit niet ondervinden. Hierdoor is de schatting minder nauwkeurig. Om een voorzichtige schatting te maken wordt voor het binnengeluid een waarde van 50 tot 60 dB(A) aangenomen.

¹⁰ Lden - *Level day-evening-night* is een maat (in dB(A)) voor het gemiddeld geluidsdrukniveau van omgevingslawaaai. Er worden extra decibels toegekend tijdens avond- en nachtperiode van 5dB(A) en 10 dB(A) (Kelders, 2007). Rekeninghoudende met de frequentieafhankelijkheid van de gevoeligheid van het menselijke oor en de behoefte van rust tijdens de avond en nacht. Lden wordt berekend op basis van verkeersgegevens op de belangrijkste wegen in Vlaanderen (MIRA, 2006).

De daling van het geluid in het kantoorgebouw zal een positief effect hebben op de waarde van het gebouw. Uit internationale studies blijkt dat een toename van het geluidsniveau met één dB(A) de marktwaarde van een woning gemiddeld met 0,6% vermindert (Proost & Rousseau, 2007). Met een buitengeluid van 76 tot 80 dB(A) en een geschat binnengeluid van 50 tot 60 dB(A) zal de waarde verminderd worden met ongeveer 23 dB(A). Ervan uit gaande dat de woning en het groendak een levensduur van 50 jaar hebben wordt 0,6% vermenigvuldigd met 23 dB(A). De waarde van het kantoorgebouw zou dus met 13,8% stijgen. Belangrijk hierbij is dat het enkel om deel A gaat van het groendak. Dit deel neemt ongeveer 15,8% van het terrein in beslag. Een indicatie voor de aankoop prijs van het gebouw is 1.500.000 euro (Trappeniers, persoonlijke en elektronische communicatie, september tot maart 2010). Per m² een kost van 312,18 euro. Met 3 verdiepen zal de geluidsvermindering enkel hoorbaar zijn op de bovenste verdieping dus 13,8% van 104,1 is 14,4 euro/m². Dit is de baat over 50 jaar, op jaarlijkse basis kan deze benaderd worden als 0,287 euro/m².



Figuur 5: Luchtgeluidsisolatie afhankelijk van de oppervlaktemassa.

Bron: WTCB, 2006b, p. 12

Naast de massa heeft de koppeling tussen het plantendak en de draagstructuur ook een effect op het geluid. Om een akoestische isolatie te bereiken zullen alle luchtgaten tussen beide lagen tot een minimum herleidt worden. Dit kan door het opvullen met bijvoorbeeld minerale wol. Als laatste zullen ook de contactgeluiden door neerslag gedempt worden (WTCB, 2006b).

4.3 Kosten-batenanalyse

De hierboven besproken en gekwantificeerde kosten en baten worden in tabel 7 weergegeven. De tabel is onderverdeeld in 5 tijdsperioden. De investering wordt in jaar 0 gedaan, de subsidie wordt uitgekeerd in jaar 1 en na 25 jaar zal het dak onder het groendak waarschijnlijk niet vernieuwd moeten worden. Deze laatste baat wordt berekend aan de hand van de installatiekost van het platte dak (109,9 euro/m²) met een inflatie van 2%. Er zal dus ongeveer 180,3 euro/m² uitgespaard worden in jaar 25.

Een groendak heeft een levensduur van ongeveer 50 jaar, de waarde van geld zal dus fluctueren over de tijd. Om een zinvolle vergelijking te kunnen maken bij het aggregeren op jaarbasis worden alle kosten en baten omgerekend tot een jaarlijkse kost. Om de netto actuele waarde (NAW) te bekomen worden de baten verminderd met de kosten en daarna verdisconteerd door middel van een discontovoet (1.1). Het Departement Leefmilieu, Natuur en Energie en de Europese Commissie geven aan dat een maatschappelijke discontovoet van 4% en een private van 9% voor Vlaanderen een goede referentiewaarde is (LNE, 2008).

De NAW wordt berekend voor elk afzonderlijk jaar (appendix 2). De private NAW over 50 jaar is dan 10,30 euro/m² en de maatschappelijke 37,81 euro/m².

$$NAW \text{ (jaar } t) = \frac{B_t - K_t}{(1 + r)^t} \quad (1.1)$$

Tabel 7: Gekwantificeerde kosten en baten per jaar

Private KBA* (euro/m²)	Jaar 0	Jaar 1	Jaar 2-24	Jaar 25	Jaar 26-50
Private kosten					
- Kost groendak	32	1	1	1	1
- Waterstalen	-	0,063	0,063	0,063	0,063
Private baten					
- Subsidie	-	31	-	-	-
- Energieverbruik	-	0,133	0,133	0,133	0,133
- Geluidsdemping	-	0,287	0,287	0,287	0,287
- Vermeden dakhernieuwing	-	-	-	180,30	-
Netto	-32	30,357	-0,643	179,657	-0,643

Maatschappelijke KBA (euro/m²)	Jaar 0	Jaar 1	Jaar 2-24	Jaar 25	Jaar 26-50
Maatschappelijke kosten					
- Kost groendak	32	1	1	1	1
- Waterstalen	-	0,063	0,063	0,063	0,063
- MCPF**	-	0,620	-	-	-
Maatschappelijke baten					
- Energieverbruik	-	0,133	0,133	0,133	0,133
- Geluidsdemping	-	0,287	0,287	0,287	0,287
- Vermeden dakhernieuwing	-	-	-	180,30	-
- Luchtkwaliteit	-	0,369	0,369	0,369	0,369
- Zuiveringskosten	-	0,303	0,303	0,303	0,303
- Overstromingsrisico	-	0,10	0,10	0,10	0,10
Netto	-32	-0,491	0,129	180,429	0,129

*KBA= Kosten-batenanalyse

**MCPF = Marginal Cost of Public Funds

5. Discussie

Na het analyseren van de kosten en baten en uitvoeren van de KBA voor de aanleg van een extensief groendak in Vlaanderen wordt een NAW bekomen. Indien deze groter is dan nul, is het zinvol om een extensief groendak in Vlaanderen te plaatsen want de verdisconteerde baten zijn dan groter dan de verdisconteerde kosten. Uit de KBA blijkt dat zowel voor de maatschappij als privaat het plaatsen van een extensief groendak gunstig is. De kost voor de aanleg van het plat dak ligt veel hoger dan die van het groendak, maar de baten en de subsidie compenseren deze grote kost over de tijd. Over een tijdsperiode van 50 jaar zal het groendak voor de maatschappij ongeveer 37,81 euro/m² opbrengen, een vrij klein, maar positief bedrag.

Deze resultaten blijken dus een indicatie te zijn voor een positieve MKBA. De gekwantificeerde waarden kunnen echter in zekere mate een onder- of overschatting zijn door het relatieve gebrek aan eenduidige kennis en literatuur. Zo zijn er weinig studies uitgevoerd in de gematigde klimaatzone, toch wordt opzoek gegaan naar de meest relevante data. Door de niet gekwantificeerde baten brandwerendheid, verandering in stadstemperatuur, evapotranspiratie, biodiversiteit en esthetiek wordt een onderschatting gemaakt. Bij de kosten zijn de opleidingskosten voor het personeel niet in rekening gebracht. Een overschatting is voornamelijk mogelijk bij de geluidsdemping aangezien de inschatting gebaseerd is op tal van veronderstellingen. Om meer accurate schattingen te bekomen is verder onderzoek in Vlaanderen nodig. In deze studie wordt een kwaliteitsinschatting en sensitiviteitsanalyse van de data uitgevoerd om te achterhalen hoe robuust de inschattingen zijn. Eerst worden alle veronderstellingen die gemaakt zijn gedefinieerd volgens een kwaliteitsniveau, het niveau van de geschatte data volgens LNE (2008) is weergegeven in tabel 8. Daarna kan de sensitiviteitsanalyse gebeuren (tabel 9). In deze analyse worden enkel de parameters met niveau B, C en D opgenomen. Na de selectie wordt een minima en maxima toegekend aan de parameters. De verwachte stijging van de energieprijzen is vrij onvoorspelbaar en niet in rekening gebracht. Een mogelijke stijging van de energieprijzen zou bijvoorbeeld de energiebesparende baat ten goede komen (zie verder).

Tabel 8: Kwaliteitsinschatting

Kwaliteits-niveau	Beschrijving data	Kosten en baten
A	- Grote hoeveelheid informatie - Informatie is volledig representatief - Achterliggende veronderstellingen zijn gekend	- <i>Subsidie + MCPF</i> - <i>Onderhoudskosten</i>
B	- Significante hoeveelheid informatie - Informatie is representatief - De meeste achterliggende veronderstellingen zijn gekend	- <i>Levensduur dak</i> - <i>Investeringskosten</i> - <i>Directe kosten</i> - <i>Energiegebruik</i> - <i>Zuiveringskosten</i> - <i>Overstromingsrisico</i>
C	- Beperkte hoeveelheid informatie - Informatie is representatief voor bepaalde situaties - Beperkte kennis van achterliggende veronderstellingen	- <i>Geluidsdemping</i> - <i>Luchtkwaliteit</i> - <i>Waterkwaliteit</i>
D	- Zeer beperkte hoeveelheid informatie - Informatie is representatief in één of twee situaties - Weinig kennis van achterliggende veronderstellingen	
E	- Gebaseerd op 'engineering judgement*' - Enkel op basis van veronderstellingen	

*Engineering judgement zijn besluiten genomen op basis van niet kwantificeerbare kennis.

Bron: LNE, 2008

Tabel 9: Sensitiviteitsanalyse

Kosten en baten	Gekwantificeerd (euro/m ²)	Minimum (euro/m ²)	Maximum (euro/m ²)
<i>Economisch directe kosten</i>			
<i>Investeringskosten plat dak</i>	109,9	104,40*	115,40**
<i>Investeringskosten groendak</i>	32	30,4	33,6
<i>Sociale baten</i>			
<i>Geluidsdemping</i>	0,287	0,273	0,301
<i>Ecologische baten</i>			
<i>Luchtkwaliteit</i>	0,246 - 0,491	0,246	1,33
<i>Neerslag</i>			
- <i>Zuiveringskosten</i>	0,303	0,288	0,318
- <i>Overstromingsrisico</i>	0,10	0,095	0,105
<i>Waterkwaliteit</i>	0,063	0,06	0,066
<i>Economische baten</i>			
<i>Energieverbruik</i>	1,33	0,88	1,78
<i>Levensduur dakbedekking</i>	50 jaar	30 jaar	50 jaar

Voor de economisch directe kosten, het overstromingsrisico, de geluidsdemping en de waterkwaliteit wordt een fluctuatie van 5% gehanteerd. Case 1 en 2 worden in rekening gebracht voor de luchtkwaliteit. De minimum zuiveringskosten worden berekend met een runoff van 35%. Een stijgende zuiveringskost met 5% (0,7201 en 0,796 euro/m³). De energiereductie werd gekwantificeerd met 1,5%, het minimum en maximum wordt van 1% tot 2% geschat.

*Vermeden dakhernieuwing: $(1,02)^{25} \times 104,40$ euro = 171,23

** Vermeden dakhernieuwing: $(1,02)^{25} \times 115,40$ euro = 189,33

Om een worst-case scenario op te maken wordt een private en maatschappelijke KBA met de minimale kosten en baten opgesteld, de maatschappelijke NAW komt dan negatief uit met - 21,66 euro/m² (tabel 10). Hierbij is de levensduur van de dakbedekking onder het groendak slechts 30 jaar in plaats van 50 jaar. Het best-case scenario met een KBA van de maximale kosten en baten geeft een zeer gunstige maatschappelijke NAW van 96,29 euro/m². Privaat zal zowel het best als worst-case scenario positief zijn aangezien de subsidie hier een grote rol speelt. Aangezien er een onderschatting wordt gemaakt door de niet opgenomen baten in de analyse wegen de resultaten van het best-case scenario meer door.

De inschatting van het energieverbruik is vrij nauwkeurig, maar kan ook gebeuren door middel van verschillende simulaties en software (Lazzarin et al., 2005; Sailor, 2008; Feng et al., 2010) die ontwikkeld zijn om de energiebesparingen exact te meten. De algemene resultaten van deze tools geven aan dat een groendak zowel warmte- als koudedoorgang beperkt naar de onderliggende ruimte. De simulaties noch software worden in deze studie toegepast aangezien ze strikt gepatenteerd zijn. Wong et al. (2002) besluiten uit hun kosten-batenanalyse dat extensieve groendaken een optie zijn om te plaatsen in Singapore, de doorslaggevende factor daarbij is de private energiereductie.

Tabel 10: KBA na sensitiviteitsanalyse

KBA* (euro/m²)	NAW** Privaat	NAW Maatschappelijk
<i>Gekwantificeerde kosten en baten</i>	10,30	37,81
<i>Minimale kosten – minimale baten</i>	7,90	-21,66
<i>Maximale kosten – maximale baten</i>	27,92	96,29

*KBA= Kosten-batenanalyse

**NAW= Netto Actuele Waarde

De levensduur van de dakbedekking is een doorslaggevende factor voor de positieve resultaten. Deze parameter moet dus goed onderbouwd worden. Zowel Porsche en Köhler (2003) als Hermy et al. (2005) gaan uit van een verdubbeling van de levensduur met betrekking tot de dakbedekking onder het groendak. Deze laatste halen ook aan dat Hämmerle en Kolb spreken over een groendaklevensduur van 30 tot 50 jaar, wat door Siaz et al. (2006) bevestigd wordt. Oberndorfer et al. (2007) gaan ervan uit dat de dakbedekking onder het groendak 20 jaar langer meegaat. Het WTCB (2006b) is voorzichtiger en haalt geen getallen aan, wel wijzen ze erop dat de levensduur van de dakbedekking sterk kan toenemen, voor zover het voldoende weerstand biedt tegen wortel doorboring en micro-organismen. In deze studie wordt ervan uit gegaan dat het materiaal voldoende weerstand biedt. Volgens Mann (2002) heeft een klassieke dakbedekking een gemiddelde levensduur van 25 jaar, het groendak zal deze verdubbelen. Adriaenssens, N. (Elektronische communicatie, maart 2010) van IBIC bvba werkt met substraat dat aan een levensduur van 50 jaar moet voldoen. Volgens de aannemer heeft het platte dak in Groot-Bijgaarden een levensduur van minstens 20 jaar. Mits bescherming door een groendak kan de levensduur stijgen met 30 tot 40 jaar.

Algemeen geven de Duitse studies hogere waarden aan dan Belgische. In deze studie wordt ervoor gekozen om de Duitse benadering verder te volgen aangezien zij hoger op staan op het gebied van groendakontwikkeling en regelgeving. Zo is in België enkel de technische voorlichting van het WTCB (2006b) beschikbaar. Duitsland heeft meer diepgaande analyses en richtlijnen (cfr. RAL-keuring en FLL-richtlijnen¹¹). Het is ook zo dat groendaktechnieken ongeveer 40 jaar geleden zijn ingevoerd en dus nog geen exacte gemiddelde levensduur is bepaald (Porsche & Köhler, 2003). Door het Belgisch klimaat kunnen frequent extreme weersomstandigheden en extreem hoge UV of IR instralingen vrijwel uitgesloten worden (Compendium voor de leefomgeving), waardoor de groendakbedekking, en dus ook de bakbedekking onder het groendak minder schade zal ondervinden.

De gehanteerde maatschappelijke discontovoet van 4% is een behoorlijk referentiekader, zowel de Europese Commissie als Vlaanderen volgt deze benadering (LNE, 2008). Wanneer een te hoge discontovoet wordt gekozen zal de actuele waarde van de milieubaten voor toekomstige generaties verwaarloosbaar klein zijn. Dit is reeds gedeeltelijk het geval bij een discontovoet van 4%, maar een goede onderbouwing voor de keuze van een (geschikte) dalende discontovoet voor Vlaanderen ontbreekt (LNE, 2008). De milieubaten voor toekomstige generaties zullen namelijk toenemen door ondermeer de klimaatopwarming (IPCC, 2007). Het energievoordeel van groendaken zal hierdoor een grotere impact hebben, zo wordt er bijvoorbeeld verwacht dat de airconditioning intensiever zal werken. De opwarming van het klimaat staat ook in verbinding met intensere neerslag en dus hogere piekafvoeren op kortere termijn (IPCC, 2007). Dit toekomstperspectief zal maken dat de waterhuishouding intensiever wordt, de baat van de waterretentiecapaciteit van groendaken zal ook hier toenemen. Carter en Keeler (2007) geven in hun kosten-batenanalyse (Athens, USA) aan dat groendaken meer kosteneffectief zijn dan traditionele daken. Dit effect kan nog versterkt worden wanneer energiekosten en de hoeveelheid neerslag stijgen. Rekeninghoudend met deze parameters is een maatschappelijke discontovoet van 4% of lager realistisch. Doordat de maatschappij meer belang hecht aan de toekomstige generaties ligt de maatschappelijke discontovoet lager dan de private. Voor de private discontovoet wordt een standaardwaarde (voor bedrijven) gebruikt van 9% (LNE, 2008).

¹¹ De RAL-keuring is een keuring van het substraat om aan de FLL richtlijnen te kunnen voldoen, een soort kwaliteitslabel. Zo wordt het substraat tweejaarlijks getest en moet aan levensduur van 50 jaar kunnen voldoen. De FLL richtlijnen hebben een gedeponeerd merk (FLL).

De doorslaggevende factor bij het plaatsen van een groendak voor de huiseigenaar is de subsidie, want een KBA zonder subsidie geeft een negatieve private NAW van -18,14. Het subsidieproces zou efficiënter verlopen wanneer de Vlaamse overheid een algemene, Vlaamse subsidie invoert voor zowel extensieve als intensieve groendaken. Zo kunnen ook de tellingen nauwkeurig opgevolgd worden. Een optimale situatie zou zijn wanneer de extensieve groendaken meer gesubsidieerd worden dan de intensieve, aangezien ze een lagere aankoopkost hebben, lichter van gewicht zijn en minder onderhoud vergen. Naast een optimalisatie van het subsidiebeleid zou de overheid groendaken moeten promoten langs mediakanalen. Zolang de particulieren en bedrijven onvertrouwd blijven met het concept groendaken, laat staan met de maatschappelijke voordelen ervan, zal de optie voor een ecologische dakbedekking te weinig worden overwogen. Aan de andere zijde focussen bedrijven, en ook particulieren op minimale kosten en maximale private baten. Zo zullen de private baten veel groter zijn voor zonnepanelen en windmolens dan groendaken, aangezien ze beide elektriciteit produceren. Dit is een persoonlijke keuze die individuen of bedrijven maken, maar groendaken stimuleren zou de afzetmarkt kunnen vergroten.

De grondstofkosten van het groendak zullen over de tijd hoogstwaarschijnlijk toenemen. Door leereffecten, competitie, een beter subsidiebeleid en hogere ecologische interesse zal de markt van groendaken toenemen. Een grotere markt kan dan de aanlegkosten drukken.

6. Conclusies

Groendaken worden populairder over de tijd en ondersteund met een subsidieregeling. Desondanks blijkt veel van de aangetroffen kosten- en bateninformatie te berusten op veronderstellingen of beperkte proefopstellingen. Deze studie tracht om op een transparante wijze de beschikbare informatie te ordenen. Dit zowel ten aanzien van de aard en de omvang van de maatschappelijke en private effecten als de monetarisering van de effecten.

De data werden verzameld in samenwerking met verschillende partners die betrokken zijn bij een groendakproject in Groot-Bijgaarden en reeds bestaande wetenschappelijke publicaties binnen het studiegebied van groendaken. Opmerkelijk zijn de negatieve resultaten van het waterzuiverend vermogen. Het regenwater wordt op Vlaamse extensieve groendaken namelijk meer verontreinigd dan gezuiverd, het wordt dan ook afgeraden door het WTCB (2006a) voor huishoudelijke toepassingen. Waterstaalname en zuivering (indien men het water wenst te gebruiken voor huishoudelijke toepassingen) zijn dus noodzakelijk en een bijkomende kost.

De analyse toont ook aan dat groendaken voor de maatschappij gunstig zijn. De verbeterde luchtkwaliteit en de uitgespaarde zuiveringskosten zijn de belangrijkste gemonetariseerde maatschappelijke baten. Uit de KBA blijkt dat groendaken privaat veelal niet aantrekkelijk zijn wanneer er geen subsidie wordt verleend. Een verbetering in het subsidiebeleid en stimulerende en sensibiliserende maatregelen zijn dus noodzakelijk. Zowel onderzoek als de toepassing van groendaken zouden gestimuleerd moeten worden vanuit de overheid. Aangezien de kosten en baten afhankelijk zijn van verschillende omgeving- en economische factoren wordt een sensitiviteitsanalyse uitgevoerd. Een KBA met minimum kosten en baten geeft een negatieve maatschappelijke NAW, bij maximale kosten en baten is de NAW positief.

Op lange termijn blijkt een groendak voordeliger te zijn in vergelijking met een platte dakbedekking. De doorslaggevende factor hierbij is de levensduur van de dakbedekking onder het groendak, die ongeveer dubbel zo lang is ten opzichte van een klassieke dakbedekking. Een extensief groendak beschermt de dakbedekking, heeft lagere aanlegkosten dan een platte dakbedekking en het beidt, over een tijdspanne van 50 jaar, tal van maatschappelijke en private voordelen.

7. Referenties

- Abraham, A., Sommerhalder, K. & Abel, T. (2010). Landscape and well-being: a scoping study on the health-promoting impact of outdoor environments. *International Journal of Public Health*, 55(1), 59-69.
- Aernouts, K. & Jespers, K. (2005). *Energiekengetallen van de tertiaire sector in Vlaanderen 2003 - Bijlage bij de energiebalans Vlaanderen 2003: onafhankelijke methode*. Beschikbaar op http://www.emis.vito.be/sites/default/files/pagina/energie_cijfers_rapport_alg_2003_energiekengetallen.pdf [Geraadpleegd 18 februari 2010].
- Agentschap voor Natuur en Bos. Beschikbaar op http://www.natuurenbos.be/nl-be/thema/groen/groendaken_en_gevelgroen/groendaken/subsidies_groendaken.aspx [Geraadpleegd november 2009 en maart 2010].
- Alexandri, E. & Jones, P. (2008). Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building and Environment*, 43(4), 480-49.
- ARCADIS (2008). *Groene daken Rotterdam - Maatschappelijke kosten- batenanalyse*. Lichtenauerlaan, Rotterdam. Contactpersoon Van Moppes, D.
- Aquastyle (2010). *Rubber folie E.P.D.M. vijverfolie*. Beschikbaar op <http://www.aquamaster.euwinkel/categorie/Vijverfolie/Rubber%20folie%20EPDM%20vijverfolie/92> [Geraadpleegd 14 april 2010].
- Banting, D., Doshi, H. & Missios, P. (2005). *Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto* [rapport]. Ryerson University, p 14. Beschikbaar op <http://www.toronto.ca/greenroofs/pdf/executivesummary.pdf> [Geraadpleegd 14 februari 2010].
- Belgisch staatsblad. Artikel 4.2.8.1.1 - § 1 - 3° *Lozing van huishoudelijk afvalwater in het individueel te optimaliseren buitengebied*. Pagina 32142. Verschenen op 23/06/08.
- Berghage, R., Jarrett, A., Beattie, D., Kelley, K., Husain, S., Rezai, F., Long, B., Negassi, A., Cameron, S. & Hunt, W. (2007). *Quantifying evaporation and transpirational water losses from green roofs and green roof media capacity for neutralizing acid rain*. National Decentralized Water Resources Capacity Development Project (NDWRCP). Center for Green Roof Research, Pennsylvania. Beschikbaar op <http://www.ndwrcdp.org/userfiles/04-DEC-10SG.pdf> [Geraadpleegd 17 februari 2010].
- Berndtsson, J. C. (2010). Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. *Ecological Engineering*, 36(4), 351-360.
- Berndtsson, J.C., Emilsson, T. & Bengtsson, L. (2006). The influence of extensive vegetated roofs on runoff water quality. *Science of The Total Environment*, 355(1-3), 48-63.
- Brenneisen, S. (2006). Space for Urban Wildlife: Designing Green Roofs as Habitats in Switzerland. *Urban Habitats*, 4(1), 27-36.
- Carter, T. & Keeler, A. (2007). Life cycle cost-benefit analysis of extensive vegetated roof systems. *Journal of environmental management*, 87, 350-363.
- Clark, C. (2005). *Optimization of Green Roofs for Air Pollution Mitigation. Greening Rooftops for Sustainable Communities*. Beschikbaar op http://www.greenroofs.org/grtok/economic_browse.php?id=24&what=view [Geraadpleegd 26 maart 2010].

- Clark, C., Adriaens, P. & Talbot, F. B. (2006). *Green roof valuation: a probabilistic economic analysis of environmental benefits* [doctoraat-thesis]. University of Michigan.
- Compendium voor de leefomgeving. *UV-straling in Europa, 1980-2006*. Beschikbaar op <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0219-UV-straling-in-Europa.html?i=13-95> [Geraadpleegd 1 mei 2010].
- Ekaterini, E. & Dimitris, A. (1998). The contribution of a planted roof to the thermal protection of buildings in Greece. *Energy and Buildings*, 27(3), 29-36.
- Feng, C., Meng, Q. & Zhang, Y. (2010). Theoretical and experimental analysis of the energy balance of extensive green roofs. *Energy and Buildings*, 42(6), 959-965.
- FLL - Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau. Beschikbaar op <http://www.fll.de/> [Geraadpleegd 2 mei 2010].
- FOD - Federale Overheidsdienst Economie [a]. *Aardgasprijs Industriële toepassingen*. Beschikbaar op <http://statbel.fgov.be/nl/statistieken/cijfers/energie/statistieken/aardgasprijs/index.jsp> [Geraadpleegd maart 2010].
- FOD - Federale Overheidsdienst Economie [b]. *Milieu en samenleving*. Beschikbaar op http://statbel.fgov.be/nl/statistieken/cijfers/leefmilieu/milieu_samenleving/index.jsp [Geraadpleegd maart 2010].
- Getter, K.L., Rowe, D.B. & Cregg, B.M. (2009). Solar radiation intensity influences extensive green roof plant communities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 8(4), 269-281.
- Gidlöf-Gunnarsson, A & Öhrström, E. (2007). Noise and well-being in urban residential environments: The potential role of perceived availability to nearby green areas. *Landscape and Urban Planning*, 8(2-3), 115-126.
- Green roofs for health cities (2009). Beschikbaar op <http://www.greenroofs.org/index.php/about-green-roofs/green-roof-benefits#temperature> [Geraadpleegd 3 april 2010].
- Hermly, M., Schauvliege, M. & Tijskens, G. (2005). *Groenbeheer, een verhaal met toekomst*. In samenwerking met afdeling Bos & Groen (p. 327-385). Berchem: Velt.
- ILVO- Instituut voor Landbouw en Visserijonderzoek Diagnosecentrum voor Planten. Beschikbaar op <http://www.ilvo.vlaanderen.be/diagnosecentrum/Diagnose/Prijslijst/tabid/4273/Default.aspx> [Geraadpleegd 11 april 2010].
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 996 p. Beschikbaar op http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html [Geraadpleegd 23 april 2010].
- IRCEL-CELINE Intergewestelijke Cel voor het Leefmilieu. Beschikbaar op http://www.irceline.be/~celinair/dutch/homenr_l_java.html [Geraadpleegd 10 maart 2010].
- Kasmin, H., Stovin, V.R. & Hathway, E.A. (2009). *Towards a generic rainfall-runoff model for green roofs* [doctoraat-thesis]. University of Sheffield.
- Kelders, L. (2007). *Milieutechnologie - Geluid* [Cursus]. Brussel: Hogeschool-Universiteit Brussel.

- KMI - Koninklijk Meteorologisch Instituut (2010). Beschikbaar op http://www.meteo.be/meteo/view/nl/360361-Parameters.html#ppt_505710 [Geraadpleegd 08 maart 2010].
- Köhler, M. & Poll, P. H. (2010). Long-term performance of selected old Berlin greenroofs in comparison to younger extensive greenroofs in Berlin. *Ecological Engineering*, 36(5), 722-729.
- Kumar, R. & Kaushik, S. (2005). Performance evaluation of green roof and shading for thermal protection of buildings. *Building and Environment*, 40, 1505-1511.
- Lazzarin R.M., Castellotti, F. & Busato, F. (2005). Experimental measurements and numerical modelling of a green roof. *Energy and Buildings*, 37(12), 1260-1267.
- Leefmilieu Brussel (2005). *Geluidsnormen en richtwaarden gebruikt in het Brussels Hoofdstedelijke Gewest*. Beschikbaar op http://documentatie.leefmilieubrussel.be/documents/Geluid_37.PDF?langtype=2067 [Geraadpleegd 29 maart 2010].
- LNE - Vlaamse overheid - Departement Leefmilieu Natuur en Energie. *Milieubaten of milieuschadetekosten - waarderingsstudie in Vlaanderen (2007)*.
- LNE - Vlaamse overheid - Departement Leefmilieu Natuur en Energie. *Milieubeleidskosten-Begrippen en berekeningsmethoden (2008)*.
- LNE - Vlaamse overheid - Departement Leefmilieu Natuur en Energie. Beschikbaar op <http://www.lne.be/themas/beleid/milieueconomie/kosten-batenanalyses> [Geraadpleegd december 2009].
- Mann, G. (2002). *Ansätze zu objektbezogenen Kosten-Nutzen-Analysen*. Beschikbaar op http://www.gruendaecher.de/downloads/6553/6559/6775/PR_Kosten_Nutzen.PDF [Geraadpleegd februari 2010].
- Marien, K., Duerinck, J., Torfs, R. & Altdorfer, F. (2001). *Economische impactmodules voor het EUROS model* [Synthese eindrapport]. Vito & ECONOTEC. Beschikbaar op http://www.belspo.be/belspo/home/publ/pub_ostc/CG2131/rCG28s_nl.pdf [Geraadpleegd februari 2010].
- Mentens, J. (2003). Groendaken in Vlaanderen en Brussel. *Groencontact*, 5, 24-26.
- Mentens, J., Hermy, M. & Raes, D. (2002). *Extensieve Groendaken*. Brussel, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, afdeling Bos & Groen. 33 p.
- Mentens, J., Raes, D. en Hermy, M. (2004). Waterretentie van extensieve groendaken. *Groencontact*, 2, 14-17.
- Mentens, J., Raes, D. & Hermy, M. (2006) Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? *Landscape and Urban Planning*, 77 (3), 217-226.
- MIRA - Milieurapport Vlaanderen (2005). *ROG - Recent Overstroomde Gebieden*. Beschikbaar op <http://www.milieurapport.be/nl/feiten-cijfers/MIRA-T/milieuthemas/verstoring-van-de-waterhuishouding/overstromingen/rog-kaart-recent-overstroomde-gebieden> [Geraadpleegd 26 maart 2010].
- MIRA - Milieurapport Vlaanderen (2006). *Lden door wegverkeer Vlaanderen*. Beschikbaar op <http://www.milieurapport.be/nl/feiten-cijfers/MIRA-T/milieuthemas/hinder-door-lawaaigeur-en-licht> [Geraadpleegd 29 maart 2010].

- MIRA – Milieurapport Vlaanderen (2009). *Externe gezondheidskosten per inwoner door blootstelling aan PM10 en PM2,5 in Vlaanderen*. Beschikbaar op <http://www.milieurapport.be/nl/feiten-cijfers/MIRA-T/milieuthemas/verspreiding-van-zwevend-stof-en> en <http://www.milieurapport.be/Upload/main/09.pdf> [Geraadpleegd 03 maart 2010].
- Niachou, A., Papakonstantinou, K., Santamouris, M., Tsangrassoulis, A. & Mihalakakou, G. (2001). Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. *Energy and buildings*, 33, 719-729.
- Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R.R., Doshi, H., Dunnett, N., Gaffin, S., Köhler, M., Liu, K.Y. & Rowe, B. (2007). Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. *BioScience*, 57(10), 823–833.
- Porsche, U. & Köhler, M. (2003). Life cycle costs of green roofs: A comparison of Germany, USA and Brazil. Proceedings of the World Climate and Energy Event: 1-5, Rio de Janeiro, Brazil. Beschikbaar op http://www.gruendachmv.de/en/RIO3_461_U_Porsche.pdf [Geraadpleegd 01 mei 2010].
- Proost, S. & Rousseau, S. (2007). *Inleiding tot de milieueconomie*. Leuven: Acco. 343 p.
- Sailor, D. J. (2008). A green roof model for building energy simulation programs. *Energy and Buildings*, 40(8), 1466-147.
- Saiz, S., Kennedy, C., Bass, B. & Pressnail, K. (2006). Comparative life cycle assessment of standard and green roofs. *Environmental science & technology*, 40, 4312-4316.
- Schrader, S. & Böning, M. (2006). Soil formation on green roofs and its contribution to urban biodiversity with emphasis on Collembolans. *Pedobiologia*, 50(4), 347-356.
- SERV – Sociaal-economische Raad van Vlaanderen. (2007). *Aanbeveling watersector. Kostenterugwinning van waterdiensten: beleidsvragen voor de Vlaamse watersector*. Beschikbaar op <http://www.serv.be/uitgaven/1206.pdf> [Geraadpleegd 20 april 2010].
- Takebayashi, H. & Moriyama, M. (2007). Surface heat budget on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island. *Building and Environment*, 42(8), 2971-2979.
- Teemusk, A. & Mander, U. (2009a). Temperature regime of planted roofs compared with conventional roofing systems. *Ecological Engineering*, 36(1), 91-95.
- Teemusk, A. & Mander, U. (2009b). Greenroof potential to reduce temperature fluctuation of a roof membrane: A case study from Estonia. *Building and Environment*, 44(3), 643-650.
- Van Leemput, S. & Heuts, E. (2007). *Groendaken & Gevelbegroeiing*. Antwerpen, Vlaams instituut voor Bio-Ecologisch bouwen en wonen. 9 p.
- Van Renterghem, T. & Botteldooren, D. (2009). Reducing the acoustical facade load from road traffic with green roofs. *Building and Environment*, 44, 1081–1087.
- VanWoert, N.D., Rowe, D.B., Andresen, J.A., Rugh, C.L., Fernandez, R.T. & Xiao, L. (2005). Green roof stormwater retention: effects of roof surface, slope, and media depth. *Journal of Environmental Quality*, 34, 1036–1044.
- Willocx, A. (2005). *Milieurapportering - Water* [Cursus]. Brussel: Hogeschool-Universiteit Brussel.

- VMM - Vlaamse Milieumaatschappij (2006). *Ultraviolette en infraroodstraling*. Beschikbaar op <http://www.milieurapport.be/nl/feiten-cijfers/MIRA-T/milieuthemas/niet-ioniserende-straling/ultraviolette-en-infrarood-straling/ultraviolette-en-infraroodstraling> [Geraadpleegd 3 april 2010].
- VMM - Vlaamse Milieumaatschappij (2007). Rapport 'Evaluatie bovengemeentelijke bijdrage 2007'. Beschikbaar op <http://www.vmm.be/pub/rapportDWM2007.pdf/view> [Geraadpleegd 08 maart 2010].
- VMM - Vlaamse Milieumaatschappij (2009). *Toekomstverkenning MIRA-S 2009 Wetenschappelijk rapport thema 'Zwevend stof'*. Beschikbaar op http://www.milieurapport.be/Upload/main/WR_Zwevend_stof_MIRAS_2009_v18_def TW.pdf [Geraadpleegd 25 maart 2010].
- Wolf, D. & Lundholm, J.T. (2008). Water uptake in green roof microcosms: Effects of plant species and water availability. *Ecological Engineering*, 33(2), 179-186.
- Wong, N. H., Chen, Y., Ong, C. L. & Sia, A. (2003a). Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment. *Building and environment*, 35, 353-364.
- Wong, N. H., Tay, S. F., Wong, R., Ong, C. L. & Sia, A. (2003b). Life cycle cost analysis of rooftop gardens in Singapore. *Building and environment*, 38, 499-509.
- WTCB - Wetenschappelijk Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (2006a). *Regenwaterafvoer op groedaken*. WTCB-Dossiers 3(2), 1-8. Beschikbaar op <http://www.wtcb.be> [Geraadpleegd maart 2010].
- WTCB - Wetenschappelijk Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (2006b). *Technische voorlichting 229, groendak*. Beschikbaar op <http://www.wtcb.be> [Geraadpleegd maart 2010].
- Yang, J., Yu, Q. & Gong, P. (2008). Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmospheric Environment*, 42(31), 7266-7273.

Elektronische en persoonlijke communicaties

- Adriaenssens, N., IBIC bvba. Boomsesteenweg, Aartselaar. Elektronische communicatie, maart 2010.
- De Vidts, O. Milieuambtenaar, Gemeentebestuur Dilbeek. Elektronische communicatie, november 2009.
- Heirbaut, W., 2009. Cel Beleidsintegratie, Beleidscoördinator groenjobs en lokale overheden, Agentschap voor Natuur en Bos - centrale diensten. Elektronische communicatie, 29 maart 2010.
- Pierard, L., Architectuurbureau BofA. Steenweg op Halle, Sint-Genesius-Rode. Persoonlijke en elektronische communicatie, september tot maart 2010.
- Temmerman, D., Urban-Garden. Leo Tertzweillaan, GentBrugge. Elektronische communicatie, maart 2010.
- Trappeniers, J., PYLOS. Brugmannlaan, Brussel. Persoonlijke en elektronische communicatie, september tot maart 2010.
- Vancraeynest, L., MIRA - Afdeling Lucht, Milieu en Communicatie - VMM, elektronische communicatie, april 2010.
- Vansweevelt, L., NV Crabbé. Ossenwegstraat, Zoutleeuw. Elektronische communicatie, maart 2010.

8. Appendix

Appendix 1: Plan dak Industrielaan Groot-Bijgaarden



Bron: Pierard, L., persoonlijke en elektronische communicatie, september tot maart 2010

Appendix 2: Private en maatschappelijke KBA op jaarbasis

Jaar	NAW* private KBA**	NAW maatschappelijke KBA			
			25	20,83443343	67,68194951
			26	-0,068410384	0,046528911
			27	-0,06276182	0,044739338
0	-32	-32	28	-0,057579651	0,043018594
1	27,85045872	-0,472115385	29	-0,052825368	0,041364032
2	-0,541200236	0,119267751	30	-0,048463641	0,039773108
3	-0,496513978	0,11468053	31	-0,044462056	0,038243373
4	-0,455517411	0,110269741	32	-0,040790877	0,036772474
5	-0,417905881	0,106028597	33	-0,037422823	0,035358148
6	-0,383399891	0,101950574	34	-0,034332865	0,03399822
7	-0,351743019	0,098029398	35	-0,031498041	0,032690596
8	-0,322700018	0,094259036	36	-0,028897285	0,031433265
9	-0,296055062	0,090633689	37	-0,026511271	0,030224293
10	-0,271610149	0,087147778	38	-0,024322267	0,029061821
11	-0,249183623	0,08379594	39	-0,022314006	0,027944058
12	-0,228608828	0,080573019	40	-0,020471566	0,026869287
13	-0,20973287	0,077474057	41	-0,018781253	0,025835853
14	-0,192415477	0,074494286	42	-0,017230507	0,024842166
15	-0,176527961	0,071629121	43	-0,015807805	0,023886698
16	-0,161952257	0,068874155	44	-0,014502573	0,022967979
17	-0,148580053	0,066225149	45	-0,013305113	0,022084595
18	-0,136311975	0,063678028	46	-0,012206526	0,021235188
19	-0,125056858	0,061228873	47	-0,011198647	0,02041845
20	-0,114731062	0,058873916	48	-0,010273988	0,019633125
21	-0,105257855	0,056609535	49	-0,009425677	0,018878004
22	-0,09656684	0,054432245	50	-0,008647411	0,018151927
23	-0,088593431	0,052338697			
24	-0,081278377	0,05032567		10,30100562	37,80860742

*NAW= Netto Actuele Waarde

**KBA= Kosten-batenanalyse