

Het rendement van groene daken in Rotterdam

In het tweede Waterplan van de gemeente Rotterdam worden 'groene' daken voorgesteld als een maatregel voor het opvangen en bergen van hemelwater. Om de effecten en het rendement van groene daken toe te lichten, heeft ARCADIS in opdracht van Gemeentewerken Rotterdam een kosten-batenanalyse uitgevoerd. Daarbij zijn zowel de private kosten en baten voor de eigenaar/gebruiker als de maatschappelijke (private en publieke) kosten en baten uitgelicht.

In Waterplan 2 van de gemeente Rotterdam staan diverse mogelijkheden beschreven om met waterhuishoudingproblemen om te gaan: waterlopen graven waar het kan en creatief en innovatief waar het moet. Aangezien het in dichtstedelijk gebied fysiek en economisch gezien moeilijk is om open water aan te leggen, is Rotterdam gedwongen verder te kijken naar innovatieve oplossingen. Eén daarvan - waarvoor een speciaal programma is opgezet - is het toepassen van groene daken voor het opvangen en bergen van hemelwater. Het Rotterdamse Groene Daken Programma is ingebed in het klimaatadaptatieprogramma Rotterdam Climate Proof.

Wat zijn groene daken?

Een groen dak is bedekt met begroeiing en beplanting. We onderscheiden extensieve en intensieve groene daken. Extensieve groene daken bestaan uit een dunne laag substraat met gras, kruiden, mos en/of sedum als vegetatie. Bij intensieve daken is de substraatlaag dikker en de vegetatie is divers: zo kan een intensief dak bestaan uit gras en lage planten, maar er kunnen ook struiken en bomen groeien. Uiteraard heeft een intensief groen dak een stevigere constructie nodig en vergt het meer onderhoud dan een onderhoudsarm extensief dak.

Toepassing kosten-batenanalyse

Groene daken zijn al langere tijd in zwang. Desondanks blijken weinig 'harde' (meet) gegevens voorhanden over de effecten. Veel van de aangetroffen effectinformatie berust op veronderstellingen of op beperkte proefopstellingen. Vanwege de beperkte 'harde' informatie zijn in de kosten-batenanalyse conservatieve aannamen gedaan over de mogelijke verwachte positieve effecten. Het vervangen van daken door reguliere (bitumen) daken is als nulalternatief gekozen. De vervangingstermijn bedraagt gemiddeld 20 jaar.

Naast het nulalternatief zijn er drie varianten binnen het projectalternatief groene daken. Deze verschillen naar type groen dak (extensief en intensief), het oppervlak aan gerealiseerde groene daken als aandeel van het geschikte (platte) dakoppervlak, de eigenaar van het dak (overheid, woningbouwvereniging, particuliere eigenaar of bedrijf) en de verwachte levensduur van een groen dak (20 of 40 jaar).

De kosten-batenanalyse is uitgevoerd per stadsdeel, per geclusterd gebied (dichtstedelijk binnen de Ruit van Rotterdam, stedelijk, landelijk en bedrijventerreinen) en voor de stad Rotterdam als geheel. In de private kosten-batenanalyse is een discontovoet gehanteerd van tien procent (marktconforme rendementseis), in de maatschappelijke kosten-batenanalyse 2,5 procent. Daarboven is een standaard risicotoeslag gehanteerd van drie procent. Deze toeslag geeft het risico weer voor de kosten- en batenstromen van veranderingen in de economische groei en/of economische structuur.

Kosten aanleg en onderhoud

Een groen dak vergt meer kosten voor aanleg en onderhoud dan een regulier, bitumen dak. Daarnaast is een 'intensief' daktuin flink duurder dan een 'extensief' daktuin. Waar de aanlegkosten per vierkante meter van een 'intensief' daktuin ruim twee maal hoger uitvalt, zijn de onderhoudskosten liefst vier maal zo hoog. Voor alle daken geldt verder dat er een meerprijs is voor panden die hoger zijn dan 30 meter. Aangezien het blazen van het substraat op het dak boven deze hoogte niet mogelijk is, moeten andere en duurdere technieken worden toegepast om de substraatlaag aan te leggen.

Extensieve groene daken vergen geen of weinig onderhoud, omdat de begroeiing beperkt is tot mossen, vetplanten en kruiden. Deze daken zijn niet zwaar met een gewicht van 20 tot 200 kg/m², waardoor ze vaak geen aangepaste dakconstructie vergen en ook op bestaande gebouwen aangelegd kunnen worden. Extensieve groene daken zijn in beginsel niet toegankelijk behalve voor onderhoud.

Lichte of eenvoudige intensieve groene daken zijn te vergelijken met kruidenrijke graslanden. Dit type dak is geen aparte soort, maar wordt als een overgang tussen intensieve en extensieve groene daken gezien. Dit weerspiegelt zich onder andere in het gewicht (tussen 200 en 300 kg/m²) en het onderhoud.

Intensieve groene daken zijn vergelijkbaar met tuinen van woonhuizen. De begroeiing bestaat meestal voor een groot deel uit grassen met daarnaast ook kruiden, struiken en zelfs volwassen bomen. Naast een begroeiing kunnen ook paden, terrassen en eventueel zelfs een vijver gemaakt worden. Zowel qua uitzicht, gebruik als onderhoud zijn deze groene daken min of meer vergelijkbaar met gewone tuinen. Een dergelijk dak weegt tussen 300 en 1500 kg/m² en vergt een aangepaste dragende dakconstructie.



Private en maatschappelijke baten

Vanwege de isolerende werking van groene daken ontstaan in pandige geluiddemping en verminderd energiegebruik. Deze (private) baten zijn verreweg het grootst van alle berekende effecten. Luchtkwaliteit en waterretentie zijn de belangrijkste maatschappelijke baten. De bijdrage van groene daken aan de wateropgave in het dichtstedelijk deel van Rotterdam varieert tussen gemiddeld 4 en 19 procent. Voor stadsdelen met een naar verhouding beperkte wateropgave (Delfshaven en Kralingen-Crooswijk) zouden groene daken echter een aanmerkelijk grotere bijdrage kunnen leveren. Ook voor de bedrijventerreinen is de bijdrage naar verhouding groot (tot 50 procent). Voor de stedelijke en landelijke gebieden is het effect beperkter.

Privaat niet rendabel

De private baten van groene daken zijn, zeker bij een grootschalige toepassing, hoog. Voor alle stadsdelen en bedrijventerreinen geldt echter dat de private netto contante waarde van de maatregel negatief is. De meerkosten van groene daken zijn namelijk nog altijd flink hoger dan de baten.

In een kosten-batenanalyse wordt de stroom van eenmalige en jaarlijkse kosten en baten bij elkaar opgeteld en vervolgens gedisconteerd naar het basisjaar 2010. Dat gebeurt op basis van de zogeheten netto contante waarde (NCW)-methode.

Een euro die men ontvangt in jaar t , heeft niet dezelfde waarde als een euro die men nu reeds in bezit heeft. Die laatste euro kan immers tegen rente worden uitgezet, waardoor deze na t jaar meer oplevert. Om precies te zijn levert één euro na t jaar bij een rente r een bedrag op van $(1 + r)^t$ euro.

Om de huidige waarde van toekomstige baten en kosten te bepalen, moeten deze daarom worden verdisconteerd met de relevante discontovoet. Dezelfde procedure geldt voor de waardering van de kosten en baten van een project. Alle baten en kosten worden contant gemaakt en vervolgens samengevat in één getal: de netto contante waarde (NCW).

De netto contante waarde:

$$NCW = \sum_{t=0}^N \frac{B_t - C_t}{(1 + r)^t}$$

Hierin is B_t de baat in jaar t , C_t de kost in jaar t , r de rente of discontovoet die wordt gebruikt om bedragen in de toekomst naar het heden om te rekenen en N de verwachte looptijd van het project.

Voor private partijen is het aanleggen van groene daken dus financieel meestal geen aantrekkelijke investering. Voor individuele

private partijen kan dit anders liggen wegens verschillen in energieverbruik en waardeverandering.

Bij een groen dak verdampt een deel van het opgevangen regenwater. Daarnaast houdt de beplanting het water enige tijd vast, waardoor minder water het riool instroomt. Bovendien vertraagt de afvoer. Hierdoor treedt enerzijds een beperking van het overstortvolume op en vermindert ook de afvoer naar de afvalwaterzuiveringsinstallatie. Het eerstgenoemde effect is een bijdrage aan het bergingstekort in Rotterdam. Het tweede effect vergroot de capaciteit van het rioolstelsel.

Het effect op de stedelijke wateropgave is afhankelijk van de locatie, type groen dak, schaal en tempo waarin deze daken gerealiseerd worden. Per stadsdeel is het totale areaal aan groene daken berekend. Deze vermenigvuldigen wij met kengetallen voor waterretentie per m² groen dakoppervlak (extensief dak: 13 mm/m², intensief dak: 25 mm/m²). Vanwege de dakvervangingscyclus van 20 jaar, waarbij gemiddeld elk jaar vijf procent van het potentiële groen dakoppervlak beschikbaar komt, is pas na die periode het totale retentievolume van de maatregel bereikt. Afhankelijk van de wateropgave per stadsdeel kunnen groene daken een bijdrage leveren van vier tot 19 procent.

Het effect van waterretentie wordt gewaardeerd met behulp van eenmalig uitgespaarde kosten van alternatieve vormen van wateropvang. Welke vorm het meest in aanmerking komt, is sterk afhankelijk van de karakteristieken van het betreffende gebied en de betreffende wateropgave. In overleg met de gemeente Rotterdam is een bedrag aangehouden van tussen 500 euro (dichtstedelijk gebied) tot 200 euro per kubieke meter (landelijk gebied).

Als toets en aanvulling op deze berekening is ook een beperkte exercitie uitgevoerd met het EMOS-model. Uit de berekeningen blijkt dat de afvoervertraging geen invloed heeft op het rioolloopvolume van hemelwater. Alleen het bergend vermogen speelt een rol. Het hemelwater komt, weliswaar met enige vertraging, evengoed in het rioolstelsel terecht. Vertraging heeft wel effect op de momentane belasting van de riolering en kan een afvlakking van de af te voeren debieten veroorzaken. Dit is op zichzelf een gunstig effect dat van belang kan zijn vanwege de klimaatverandering (meer stortbuien).

Toespits op het effect op het overstortvolume laat het resultaat van de berekening met EMOS zien dat de afname van het overstortvolume toeneemt naarmate het areaal groene daken oploopt. Dit resultaat valt overwegend binnen de eerder berekende spreiding van vier tot 19 procent (zie tabel 1).

Tabel 1: Effect op overstortvolume groene daken.

stadsdeel	huidig overstortvolume (m ³)	afname overstortvolume		
		variant klein	variant middel	variant groot
Centrum	30.000	6,1% (1800 m ³)	16,4% (4900 m ³)	21,8% (6.500 m ³)
Prins Alexander	22.000	3,2% (700 m ³)	11,1% (2400 m ³)	15,7% (3500 m ³)
Overschie	16.000	4,5% (700 m ³)	11,1% (1800 m ³)	15,8% (2500 m ³)

Tabel 2: Rendement per m² groendak (variant klein)*

stadsdeel	omvang dakoppervlak (m ²)	privaat rendement (euro per m ²)	publiek rendement (euro per m ²)	maatschappelijk rendement
				(privaat en publiek) (euro per m ²)
centrum	122.658 (9%)	- 14,68	+ 21,20	+ 2,45
dichtstedelijk	894.891 (62%)	- 9,95	+ 16,65	+ 7,93
stedelijk	286.487 (20%)	- 24,08	+ 13,26	- 32,46
landelijk	40.425 (3%)	- 24,74	+ 12,37	- 39,58
bedrijventerreinen	219.440 (15%)	- 27,80	+ 13,22	- 43,75
totaal Rotterdam	1.441.243 (100%)	- 15,89	+ 15,33	- 9,30

* Varianten verschillen in omvang van dakoppervlak en type dak.

Maatschappelijk wel rendabel

Het maatschappelijke rendement is hoger dan het private rendement. Dat ligt enerzijds aan de lagere maatschappelijke discontovoet, waardoor effecten over een langere periode meetellen, maar ook door de additionele, publieke baten, vooral luchtkwaliteit en waterretentie. Het totale maatschappelijke rendement is echter alleen voor het stadscentrum en dichtstedelijke gebied positief. Het publieke rendement van groene daken is altijd positief (zie tabel 2).

Robuustheid van de resultaten

Andere aannamen over de levensduur van groene daken, investeringskosten, de bijdrage aan de wateropgave, geluidseffecten en discontovoet, kunnen grote veranderingen op het private en maatschappelijke rendement tot gevolg hebben.

Het private rendement blijft per saldo negatief. Dit ligt anders bij het maatschappelijke rendement (zie tabel 3). Als we geen macro-economische risicotoeslag hanteren - wat verdedigbaar is vanwege de geringe invloed van economische groei en economische structuur op de kosten- en batenstromen van groene daken - is het maatschappelijke rendement in alle varianten (sterk) positief. Ook een langere levensduur van groene daken en lagere investeringskosten werken sterk positief door op het resultaat. Een verandering in energiebesparing of retentiefunctie van groene daken heeft ook een duidelijk merkbaar effect. Ten slotte kan nieuwbouw - in deze studie niet meegenomen - een verdere positieve impuls geven. Hier kan immers van meet af aan rekening gehouden worden met aanleg van groene daken.

Nader onderzoek en monitoring van de effecten verschaft een beter inzicht in de omvang van de effecten. Voor andere risicofactoren geldt dat ze waarschijnlijk - in gunstige zin - beïnvloed worden bij een stimuleringsregeling. Dit geldt bijvoorbeeld



voor de investeringskosten en de gegarandeerde levensduur van groene daken.

Conclusies

De conclusie van de kosten-batenanalyse luidt dat het maatschappelijke rendement positief is in het centrum en dichtstedelijke gebied van Rotterdam. Hier is het maatschappelijk gezien dus rendabel om groene daken aan te leggen. Vanuit de optiek van de gemeente zijn groene daken overigens altijd een aantrekkelijke investering aangezien het publieke rendement in alle stadsdelen positief is. Het private rendement van groene daken is echter negatief: ook in dichtstedelijk gebied blijft het voor een privé-eigenaar of gebruiker financieel gezien niet lonend om een groen dak aan te leggen. Voor Rotterdam als geheel bedraagt het private rendementstekort circa 16 euro per m² gerealiseerd groendak.

Vervolg

Gelet op het publieke en maatschappelijke rendement van groene daken heeft de gemeente Rotterdam onlangs een financiële stimuleringsregeling in werking gesteld, waarbij zowel particulieren als bedrijven maximaal 25 euro per vierkante meter groen dak kunnen ontvangen voor de aanleg hiervan. Voor dit jaar was een half miljoen euro beschikbaar gesteld aan subsidies. Ook voor de komende jaren zal geld voor de aanleg van groene gereserveerd worden.

Jeroen Klooster en David van Moppes (ARCADIS)
Elijan Bes en Daniel Goedbloed (Gemeentewerken Rotterdam)

Tabel 3: Gevoeligheidsanalyse maatschappelijk rendement groene daken in centrum van Rotterdam (in miljoenen euro's).

aanpassing	variant klein	variant middel	variant groot
levensduur groene daken 40 jaar i.p.v. 20 jaar	+ 3,3	+ 9,8	+ 12,9
aandeel woningen met een in pandig geluidniveau > 55 dB(A) 40% i.p.v. 80%	- 0,1	- 0,4	- 2,8
investeringskosten +25%	- 1,3	- 3,9	- 8,6
investeringskosten -25%	+ 2,0	+ 5,9	+ 7,2
energiebesparing - 50%	- 0,8	- 2,5	- 6,3
waterretentie groene daken -50%	+0,1	+ 0,2	- 1,9
waterretentie groene daken +50%	+0,8	+ 2,5	+ 1,5
geen risicotoeslag	+ 3,7	+ 10,9	+ 11,4
oorspronkelijk resultaat	+ 0,3	+ 1,0	- 0,7