

# De DUBO-versneller

Grote veranderingen zijn in de gebouwde omgeving op korte termijn noodzakelijk. Dit om de hoge ambities hiervoor te realiseren, zoals een energieneutrale omgeving in 2050. Innovaties in de gebouwde omgeving moeten nu versneld gaan plaatsvinden. De DUBO-versneller (DUBO = Duurzaam Bouwen) ondersteunt opdrachtgevers en ontwerpteam bij het realiseren van deze versnelling. Dit artikel presenteert het idee en de toegevoegde waarde van de DUBO-versneller.

Ir. W.H. (Wim) Maassen PDEng, Adviseur, Breeam Assessor, Royal Haskoning; ing. H.N. (Rik) Maaijen, masterstudent, TU/e-Bouwkunde-BPS-Installaties

## INLEIDING

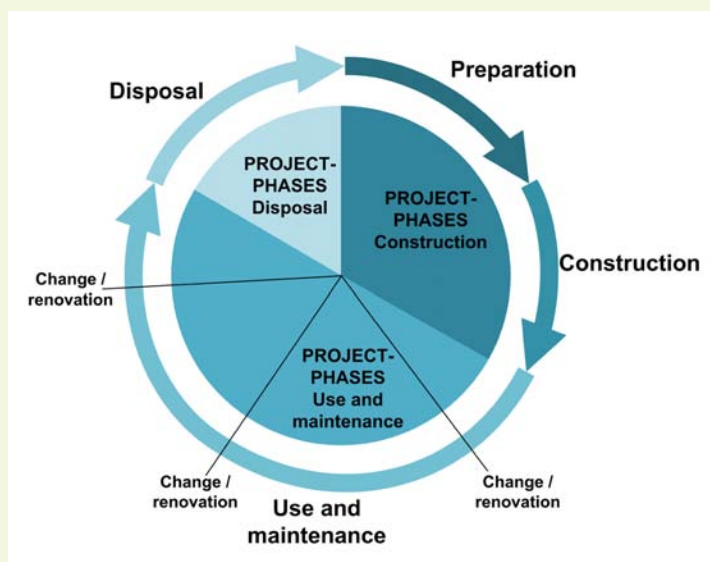
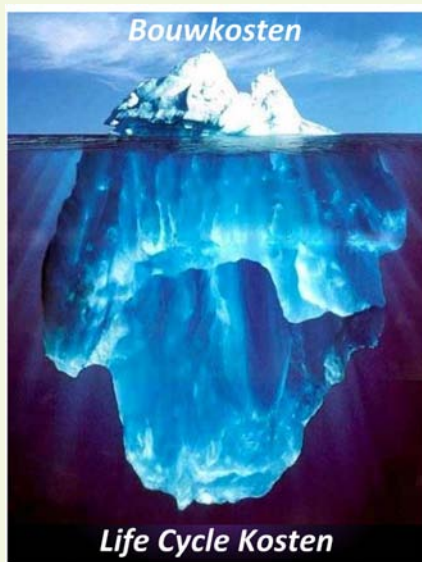
De DUBO-versneller is voortgekomen uit een visie die werd gepresenteerd tijdens het TVVL Technische Raad-symposium [1]. Er is inmiddels een eerste versie ontwikkeld. Deze versie maakt het mogelijk om ontwerpvarianten aan de hand van een levensduurbenadering ten opzichte van elkaar af te wegen.

Velen in Nederland en wereldwijd roepen dat versnellen noodzakelijk is om de hoge duurzaamheidsambities in de gebouwde omgeving op tijd te realiseren. Het uitgangspunt voor de DUBO-versneller is dat deze noodzakelijke versnelling nu, voor een belangrijk deel, nog niet wordt bereikt door:

- de geringe mate waarin ontwerpteam

innovatieve oplossingen genereren. Dit omdat (i) het ontwerpproces sequentieel monodisciplinair doorlopen wordt en (ii) het ontwerp opgebouwd wordt uit bestaande deeloplossingen;

- het onvoldoende afwegen van de toepassingen van innovatieve ontwerp oplossingen (niet vaak, niet alle voor- en nadelen



-Figuur 1- Illustratie van de levenscycluskosten ten opzichte van de bouwkosten en de opbouw van de levenscycluskosten.

worden meegewogen) over de levensduur van het gebouw (zie figuur 1). Dit omdat: (i) in de contracten de lusten en lasten over de levensduur van het gebouw niet bij één en dezelfde partij liggen of eenduidig aan partijen gekoppeld zijn, (ii) er geen eenduidige methode beschikbaar is en (iii) er geen passend hulpmiddel beschikbaar is.

## ■ DUBO-VERSNELLER

Een nieuwe manier van werken en ontwerpen is noodzakelijk om te vernieuwen en te versnellen. Dit naast het introduceren van innovatieve producten en systemen. Zo wordt vraaggedreven, vanuit ontwerpteams, richting gegeven aan innovaties. De DUBO-versneller ondersteunt een nieuwe manier van werken, ontwerpen en het nemen van ontwerpbeslissingen.

Het doel van de DUBO-versneller is om innovaties en het toepassen van duurzame oplossingen te bevorderen. Dit gebeurt door op een gestructureerde en systematische manier het conceptuele ontwerpproces van gebouwen te ondersteunen.

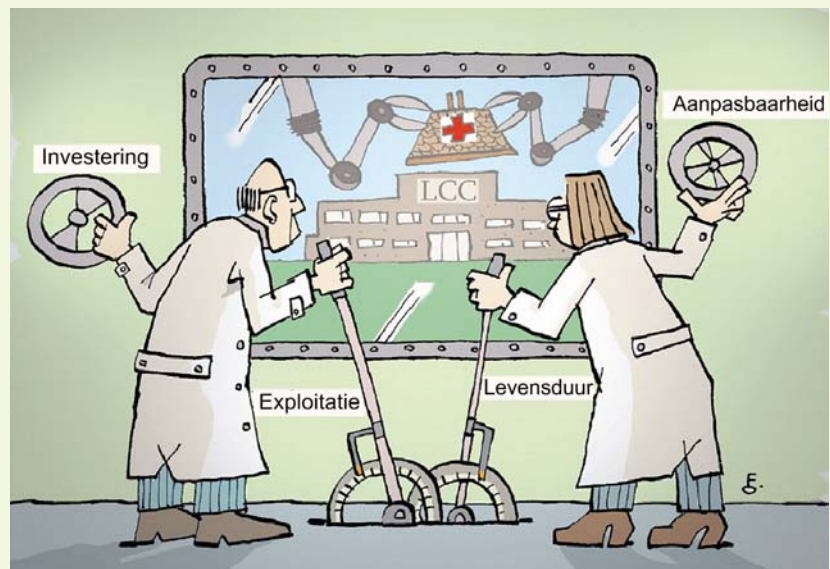
Hiervoor is een ontwerpmethodiek inclusief hulpmiddel/tool nodig, die gericht is op:

- het genereren van concepten (innovatieve duurzame/eco-effectieve ontwerpoplossingen), vooral toe te passen in de vroege ontwerpfase;
- het afwegen/toetsen van de levensduur van concepten (ontwerp oplossingen inclusief aanpassingen en veranderingen in de tijd), toe te passen van de vroege tot de late ontwerpfase.

### Genereren van concepten

De onderzoeksfocus van het onderdeel 'genereren van concepten' van de DUBO-versneller is in samenwerking met prof.ir. W. (Wim) Zeiler van de TU/e geformuleerd met verwijzing naar eerder onderzoek dat op dit gebied is uitgevoerd [2]. De stelling is dat ontwerpers in de vroege fasen van het ontwerp van een ambitieus en innovatief project behoefte hebben aan methodologische ondersteuning. Het uitgangspunt is dat de betrokken ontwerpers op een kennisintensief niveau actief zijn. Belangrijke aspecten die binnen de ontwerpmethodologie een rol spelen zijn:

- de organisatie van het ontwerpteam (rollen en taken);
- het te volgen ontwerpproces (workshops e.d. om de oplossingsruimte te vergroten, en te divergeren en convergeren met betrekking tot de keuze van oplossingsrichtingen);
- de toe te passen methode van ontwerpen (stappenplan);
- de toe te passen ontwerp hulpmiddelen;
- de manier van communicatie binnen het



-Figuur 2- Schematische weergave van het LCC-onderdeel van de DUBO-versneller: methode en tool voor het afwegen van ontwerpbeslissingen over de levensduur.

De illustratie is van Floris Oudshoorn - stripstudio.nl

ontwerpteam op de verschillende momenten.

### Afwegen/toetsen levensduur concepten

Het afwegen/toetsen van de levensduur van concepten is het onderdeel LCC van de DUBO-versneller. Opdrachtgevers en een groeiend aantal consortia met een geïntegreerd contract (bijvoorbeeld Dbfmo = Design, Build, Finance, Maintain and Operate) nemen steeds vaker ontwerp- en huisvestingsbeslissingen op basis van Life Cycle Costs en Life Cycle Performance. De integrale kosten, prestaties en variaties in het gebruik van de huisvesting (gebouw inclusief installaties) worden dan over een langere periode beschouwd. Dit om tot optimale oplossingen te komen met een:

- zo groot mogelijke toegevoegde waarde van het gebouw voor zijn gebruikers en omgeving (het milieu);
- financieel voordeel in een markt met snel stijgende energieprijzen, snel dalende prijzen voor innovatieve (o.a. energiebesparende) producten en een versnelde stroom aan nieuwe innovatieve producten;
- innovatie in het ontwerp, rekening houdend met het in de toekomst toepassen van innovatieve oplossingen (adaptatie) en aanpassingen in het gebruik van het gebouw (flexibiliteit).

Dit is een verandering ten opzichte van de traditionele wijze van het nemen van ontwerp- en huisvestingsbeslissingen. Traditioneel worden deze beslissingen volgens een statische benadering genomen, waarbij alleen naar de initiële investeringen en de eenvoudige terugverdientijd wordt gekeken. Grote inkomsten (rendement op de meerinvestering) worden zo misgelopen, zie [3]. Tevens wordt

er onvoldoende geanticipeerd op dynamische aspecten: (a) behoefte binnen geïntegreerde contracten aan maximalisatie van restwaarde en minimalisatie van exploitatiekosten, (b) snelle veranderingen in de markt en (c) mogelijkheden tot adaptatie van nieuwe technieken. Het onderdeel LCC van de DUBO-versneller voorziet in een eenduidige, handzame en betrouwbare methode, inclusief hulpmiddel, om ontwerpbeslissingen gebaseerd op een levenscyclusbenadering te nemen (zie figuur 2). De DUBO-versneller is breed toepasbaar, zowel voor nieuwbouw- als bestaande bouwprojecten.

### ■ LCC-ONDERDEEL

Een eerste versie van de LCC-methode en tool is inmiddels gereed. De uitgangspunten voor de ontwikkeling van deze versie waren:

- de LCC-berekening in de DUBO-versneller dient onder andere de geaccumuleerde netto contante waarden van alle te beschouwen kosten te berekenen (cash flow). Welke kosten dit betreft en wanneer deze in rekening moeten worden gebracht, dient in de methode en tool aangegeven te kunnen worden;
- een breed toepasbare dynamische en financiële rekentool waarmee veranderingen over de levensduur overzichtelijk per variant opgegeven worden (o.a. vervangings- en verbeteringsinvesteringen, energiegebruik, overige operationele kosten);
- een sterke presentatie/communicatie: een in- en overzichtelijke tool die gebruik maakt van kengetallen (per m<sup>2</sup>) en de resultaten van meerdere varianten grafisch naast elkaar zet, zie figuur 2;
- inzicht in gevouwenheden van het eindresultaat in variaties van de invoer. De toekomst

- is immers niet exact te voorspellen;
- toepasbaar voor het uitvoeren van een LCC-studie volgens Bream-NL credit MAN 12 [4].

De verdere ontwikkeling zal op korte termijn gericht zijn op:

- het inzichtelijk maken van de baten, zoals besparing op loonkosten door minder ziekteverzuim en/of een hogere productiviteit door een beter binnenklimaat. De LCC-benadering wordt hiermee uitgebreid naar LCP-benadering (Life Cycle Performance);
- opbouw van kennis en gegevens voor het bepalen van de kengetallen die ingevoerd moeten worden voor de betreffende ontwerpvarianten.

De beschikbare versie van de LCC-tool is een communicatief sterke en breed toepasbare financiële rekentool. Veranderingen in de tijd kunnen met de tool verdisconteerd worden. De benodigde invoer hangt af van de specifieke ontwerpvariant en dient buiten deze tool bepaald te worden.

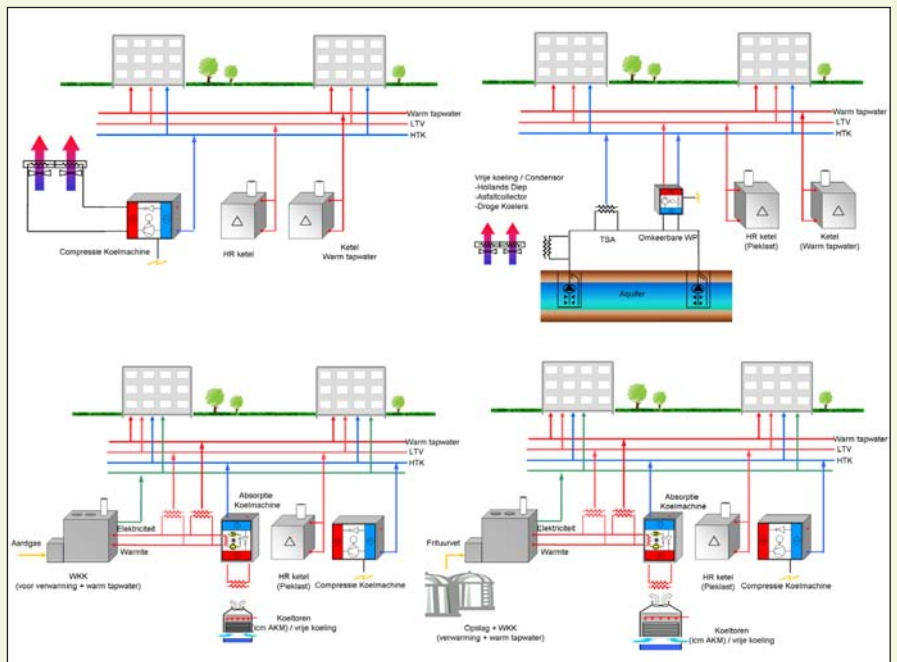
### ■ VOORBEELD: ENERGIESTUDIE

Om te illustreren hoe de LCC-methode en tool werkt, is deze toegepast op een energiestudie die door Royal Haskoning in het verleden is uitgevoerd. Hiervoor is de energiestudie voor het project 'Defensie laboratorium TNO Cromstrijen' gebruikt, waarvoor destijds nog geen LCC-afweging was gemaakt [5]. Om de verschillende opwekkingsystemen te vergelijken (zie figuur 3), is onderzocht:

- hoe de uitkomsten/ontwerpbeslissingen met deze LCC-afweging veranderen;
- hoe gevoelig de uitkomsten/ontwerpbeslissingen zijn voor verschillende LCC-parameters.

Tabel 1 toont de resultaten die naar voren zijn gekomen uit de energiestudie voor de verschillende varianten. De volgende parameters zijn in deze tabel gebruikt:

- Capex (Capital Expenditure): investeringskosten. In de statische benadering zijn dit de initiële investeringskosten. In de dynamische benadering vallen ook vervangings- en aanpassingskosten onder deze post;
- Energy: energiekosten waarbij tevens de verdeling over verschillende energiesoorten is opgegeven als percentage (fraction);
- OPEX (Operational Expenditure): operationele kosten exclusief de energiekosten, bijvoorbeeld onderhouds-, beheers- en schoonmaakkosten;
- End value: restwaarde van het gebouw aan het einde van de looptijd. De restwaarde wordt in de statische benadering nog niet



-Figuur 3- Verschillende opwekkingsystemen die voor het project TNO Cromstrijen zijn onderzocht

Parameters / variation		HR+CKM	WKO+HP	WKK	WKK (bio)	
CAPEX	[€/m <sup>2</sup> ]	37,7	60,0	81,6	89,0	
energy	[€/m <sup>2</sup> *yr]	14,7	10,5	6,2	4,0	
Fraction	elect.	[%]	13%	24%	4%	7%
	gas	[%]	87%	76%	96%	0%
	other	[%]	0%	0%	0%	93%
OPEX	[€/m <sup>2</sup> *yr]	1,79	1,61	4,65	5,04	
end value	[€/m <sup>2</sup> ]	-20	-30	-40	-40	
CO <sub>2</sub>	[kg/(m <sup>2</sup> *yr)]	53	38	11	7	

-Tabel 1- Resultaten vergelijking opwekkingsystemen

General parameters		
period	n	30 [yr]
electricity price increase	j <sub>e</sub>	7% [%]
gas price increase	j <sub>g</sub>	7% [%]
increase bio oil	j <sub>o</sub>	9% [%]
inflation	j	2,5% [%]
equity		20 [€/m <sup>2</sup> ]
internal discount rate	R <sub>e</sub>	7% [%]
external discount rate	R <sub>d</sub>	6% [%]
repayment period	n'	30 [yr]
financing interest		6% [%]

-Tabel 2- Invoerparameters voor LCC

- meegenomen;
- SPOT (Simple Pay Out Time): eenvoudige terugverdientijd die volgt uit de meerinvestering van een variant ten opzichte van de referentie, te delen door de jaarlijkse besparing op energie en operationele kosten.

Voor de LCC-berekening worden verschillende

aanvullende gegevens opgegeven, ter berekening van de reële, verdisconteerde en niet-verdisconteerde kosten, zie tabel 2. Deze kosten dienen ook volgens de opgave in Bream-NL credit MAN 12 berekend te worden, zie [4]. De LCC-berekening is uitgevoerd volgens de geldende normen, zie [6]. Tevens wordt er in de berekening rekening gehouden met het eigen



Dynamic																		
Year	Investment	CAPEX (investments)				Energy - fraction				OPEX - fraction (excl. energy)				CO2 - fraction				
		HR+CKM	WKO+HP	WKK	WKK (bio)	HR+CKM	WKO+HP	WKK	WKK (bio)	HR+CKM	WKO+HP	WKK	WKK (bio)	HR+CKM	WKO+HP	WKK	WKK (bio)	
0	Build	[€/m <sup>2</sup> ]	38	60	82	89	15	11	6	4	1,8	1,6	4,7	5,0	53	38	11	7
2	"none"	[€/m <sup>2</sup> ]					100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
4	"none"	[€/m <sup>2</sup> ]					110%	110%	110%	110%	105%	105%	105%	105%	110%	110%	110%	110%
6	"none"	[€/m <sup>2</sup> ]					111%	111%	112%	112%	106%	106%	107%	107%	111%	111%	111%	111%
8	"none"	[€/m <sup>2</sup> ]					112%	112%	113%	113%	110%	110%	110%	110%	114%	114%	114%	114%
10	renovation	[€/m <sup>2</sup> ]			82,0	89,0	113%	113%	115%	115%	115%	115%	115%	115%	116%	116%	116%	116%
12	"none"	[€/m <sup>2</sup> ]					114%	114%	90%	90%	120%	120%	98%	98%	118%	118%	118%	118%
14	"none"	[€/m <sup>2</sup> ]					115%	115%	100%	100%	125%	125%	100%	100%	120%	120%	90%	90%
16	renovation	[€/m <sup>2</sup> ]	38,0	60,0			116%	116%	105%	105%	130%	130%	105%	105%	122%	122%	100%	100%
18	"none"	[€/m <sup>2</sup> ]					90%	90%	110%	110%	95%	95%	107%	107%	88%	88%	105%	105%
20	renovation	[€/m <sup>2</sup> ]			82,0	89,0	95%	95%	111%	111%	105%	105%	110%	110%	95%	95%	108%	108%
22	"none"	[€/m <sup>2</sup> ]					96%	96%	90%	90%	106%	106%	115%	115%	100%	100%	112%	112%
24	"none"	[€/m <sup>2</sup> ]					97%	97%	100%	100%	110%	110%	95%	95%	102%	102%	88%	88%
26	"none"	[€/m <sup>2</sup> ]					98%	98%	105%	105%	115%	115%	100%	100%	104%	104%	95%	95%
28	"none"	[€/m <sup>2</sup> ]					99%	99%	110%	110%	120%	120%	105%	105%	108%	108%	102%	102%
30	"none"	[€/m <sup>2</sup> ]					100%	100%	111%	111%	125%	125%	110%	110%	110%	110%	105%	105%
							101%	101%	115%	115%	130%	130%	115%	115%	112%	112%	110%	110%

-Tabel 3- Invoerparameters per variant met veranderingen over de te beschouwen periode van 30 jaar

vermogen dat wordt geïnvesteerd, zie 'equity' in tabel 2.

Aanvullend worden per variant bepaald welke veranderingen over de betreffende periode (hier 30 jaar) optreden ten aanzien van: investeringen (vervanging & verbetering, zie Capex), energiehoeveelheid (zie Energy) en overige operationele kosten exclusief energiekosten (zie OPEX). In tabel 3 is te zien dat:

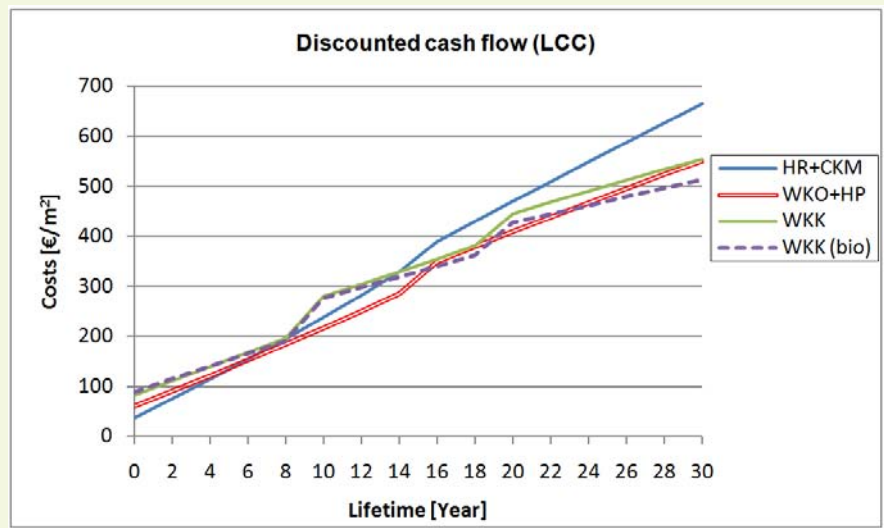
- vervangingsinvesteringen zijn opgenomen per variant in verschillende jaren;
- de energielevering (hoeveelheid) wijzigt over de periode. De opgegeven waarden zijn ervaringsgetallen. De waarden geven aan dat na oplevering de energieprestatie lager zal zijn dan verwacht en dat deze verder jaarlijks zal verslechteren. Na renovatie wordt vervolgens de energieprestatie beter dan het oorspronkelijke ontwerp, waarna deze jaarlijks weer zal afnemen;
- de operationele kosten exclusief energie over de periode constant blijven (aanname).

In figuur 4 zijn de resultaten van de berekening weergegeven. Indien de resultaten van de LCC-berekening vergeleken worden met de resultaten uit de energiestudie [5], blijkt dat:

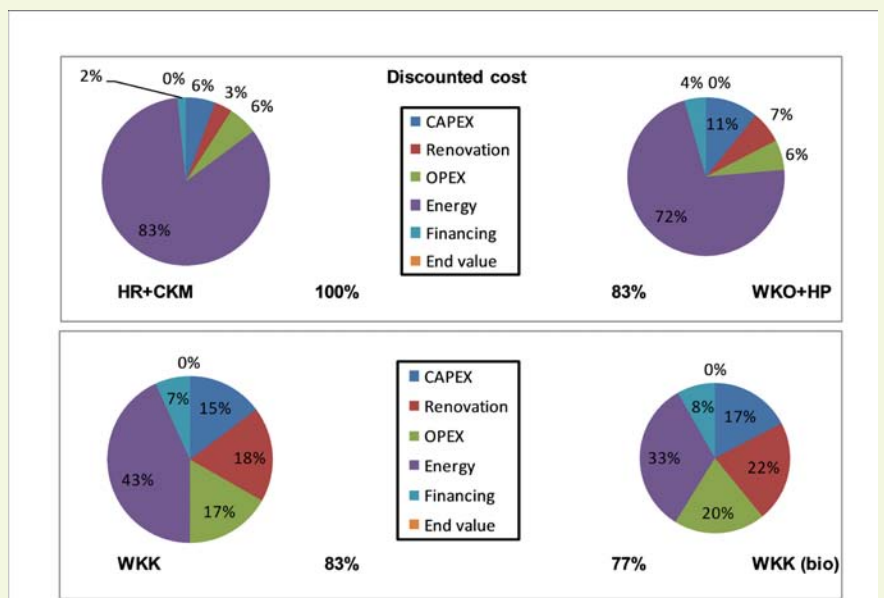
- de terugverdientijden (snijpunt van de lijn met geaccumuleerde kosten (cash flow) van de betreffende variant met de referentie) verschillen van de statische benadering;
- De volgorde van voordeligste varianten op basis van de cash flow is gewijzigd ten opzichte van de statische benadering op basis van de terugverdientijd (SPOT: Simple Pay Out Time). Toepassing van de BIO-WKK is op basis van de cash flow interessanter dan de toepassing van de WKO+WP.

Verder blijkt uit de resultaten van de LCC-berekening voor opwekkingsystemen dat:

- de verdeling van de kosten over de verschillende posten sterk verschilt per variant;
- de post energiekosten veruit de grootste is. Investeren in energiebesparing zal dus lonen;
- de overige operationele kosten excl. ener-



LCC: costing	HR+CKM	WKO+HP	WKK	WKK (bio)
	100%	83%	83%	77%



-Figuur 4- LCC-resultaten – verdisconteerde levenscycluskosten per variant inclusief de verdeling van de kosten over de verschillende posten

giekosten gering zijn voor het referentiesysteem en het WKO-systeem, maar belangrijk bijdragen in de kosten bij de WKK-systemen.

Met LCC-tool kunnen ook de gevoelheden van de berekende resultaten voor verschil-

lende invoerparameters automatisch worden berekend. Voor het referentiesysteem is de gevoeligheid bepaald als er voor verschillende parameters een bandbreedte geldt. Deze parameters en de gehanteerde bandbreedten zijn in tabel 4 (volgende pagina) opgenomen.

Figuur 5 toont voor het referentiesysteem de berekende sensitiviteit (factor verandering LCC-resultaat bij verandering parameter binnen bandbreedte) en coëfficiënte of variance (statistische indicatie gevoeligheid LCC-resultaat voor nauwkeurigheid van de parameter binnen de geldende bandbreedte). Uit de resultaten van gevoeligheidsberekening blijkt dat de LCC-resultaten het meest gevoelig zijn voor het energiegebruik en de discount rate (internal, external).

Voor iedere variant liggen deze gevoeligheden anders. De verhoudingen in kostenposten en de hoogte van de verschillende kostenposten zijn immers anders. Tevens kunnen de wijzigingen over de periode/levensduur per variant verschillen. Bij het nemen van de ontwerpbeslissing en het uitwerken van het ontwerp kan rekening gehouden worden met deze gevoeligheden, zodat de kosten zo goed mogelijk beheerst worden.

## CONCLUSIE

De DUBO-versneller is een methode en een tool die het ontwerpteam in de vroege fasen van het ontwerp ondersteunt bij het genereren van innovatieve ontwerp oplossingen en het, met een levensduurbenadering, ten opzichte van elkaar afwegen van deze ontwerp oplossingen. De DUBO-versneller versnelt duurzame innovaties in de gebouwde omgeving, omdat vraag gedreven, vanuit de ontwerpers, richting gegeven wordt aan innovaties. Het LCC-onderdeel maakt het mogelijk om verschillende Roadmaps (toekomstscenario's inclusief aanpassingen) voor varianten uit te zetten en te vergelijken.

Royal Haskoning heeft een eerste versie van het LCC-onderdeel van de DUBO-versneller ontwikkeld. Hiermee zijn energiestudies uit te breiden, die voorheen niet gebaseerd werden op een LCC-benadering. Ook kunnen varianten gedefinieerd worden, waarbij rekening gehouden wordt met verschillende veranderingen over de levensduur, zoals het gebruik van het gebouw en aanpassingen aan gebouw

Estimating variables	Variation of input variables				
	Base Estimate	Range		Cost outcome based on range	
	$X_m$	$X_a, X_b$		$C_a$	$C_b$
internal discount rate	7%	6%	to 8%	703	to 609
external discount rate	6%	5%	to 7%	686	to 623
inflation	2,5%	-0,5%	to 6,7%	637	to 689
electricity price increase	7%	6%	to 9%	650	to 661
gas price increase	7%	6%	to 9%	631	to 702
increase price	9%	6%	to 12%	653	to 653
CAPEX	38	30	to 45	612	to 685
energy	15	12	to 18	551	to 778
OPEX	1,79	1	to 2	631	to 638

-Tabel 4- Parameters inclusief bandbreedten waarvoor de gevoeligheid op het resultaat van de LCC-berekening is berekend

en installatie. Roadmapping wordt hiermee ondersteund. De ontwikkelde LCC-methode kan ingezet worden om de berekeningen voor de Bream-NL credit MAN 12 uit te voeren. Tevens is de LCC-tool generiek en breed toepasbaar opgezet met als sterk punt de over- en inzichtelijke weergave van de invoer en de resultaten.

De voorbeeldberekening met de LCC-tool voor de opwekkingsvariant laat zien hoe de methode en tool werkt en dat deze vele toepassingsmogelijkheden heeft.

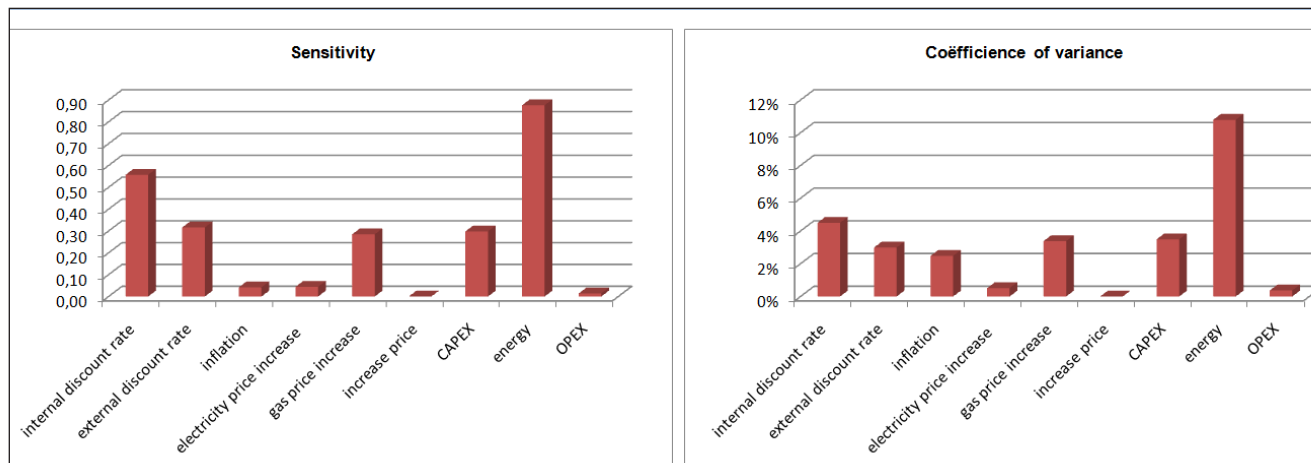
## HOE VERDER?

Royal Haskoning heeft in 2010 voor de ontwikkeling van de DUBO-versneller een onderzoeksvoorstel opgesteld in samenwerking met TU/e, SBR, en Dutch Green Building Council. Om hier in de volle breedte invulling aan te geven, wordt gezocht naar financiering. Royal Haskoning blijft de DUBO-versneller ook zelf ontwikkelen. De prioriteit ligt nu op het inzichtelijk maken van de baten (bijvoorbeeld verlagen loonkosten door lager ziekteverzuim en hogere productiviteit ten gevolge van een beter binnenklimaat) per variant. Een andere prioriteit is het ontwikkelen van methoden waarmee bij de vergelijking van varianten het effect van flexibiliteit (functiewijziging, krimp,

uitbreiding) en adaptiviteit (nieuwe technieken) meegenomen wordt.

## REFERENTIES

1. Maassen, W.H., Energiek de Toekomst Tegemoet, TVVL 5/2010
2. Savanovic, P. Integral design method in the context of sustainable building design : closing the gap between design theory and practice, PhD thesis TU/e, Eindhoven, 24 november, 2009
3. Nelissen, E., Zeiler, W., Energiebesparing in Nederland: Penny wise and Pound foolish, TVVL 10/2010 [http://www.tvvl.nl/uploads/Text/document\\_Oktober\\_2010\\_nummer\\_10.pdf](http://www.tvvl.nl/uploads/Text/document_Oktober_2010_nummer_10.pdf)
4. Dutch Green Building Council, BREEAM-NL 2010 Keurmerk voor duurzame vastgoedobjecten – beoordelingsrichtlijn Nieuwbouw, versie 2.0, september 2010, zie <http://www.dgbc.nl/>
5. Maassen, W.H., Filippini, G., Haalbaarheidsonderzoek verhogen duurzaamheid Nieuwe huisvesting TNO DenV Cromstrijen, proj.nr. 9T9112.A2, 30 maart 2009
6. ISO 15686-5 NEN ISO 2008 Gebouwen en constructies - Planning van de levensduur - Deel 5: Onderhoud en levenscyclus



-Figuur 5- Berekende sensitiviteit (links) en coëfficiënte of variance (rechts) voor het referentiesysteem

# TA Hydronics geeft u het juiste antwoord op ieder niveau



Know-how

System solutions

Collaboration

Innovation

**PNEUMATEX** › Pressurisation & Water Quality

**TA** › Balancing & Control

**HEIMEIER** › Thermostatic Control

Pressurisation & Water Quality › Balancing & Control › Thermostatic Control

**ENGINEERING ADVANTAGE**

Drie leidende marktpartijen hebben de krachten gebundeld met als doel u de beste oplossing te bieden en het comfort en de efficiency in gebouwen te optimaliseren.

Pneumatex, TA en Heimeier zijn vanaf heden één organisatie genaamd; TA Hydronics. Voor elk type gebouw kunnen wij u ondersteuning bieden om de efficiëntie van uw HVAC systeem te verbeteren tot wel 30%.

Wilt u meer weten over TA Hydronics en hoe wij u kunnen bijstaan in het vinden van de juiste toepassing van onze systemen, kijk dan op: [www.tahydraulics.com](http://www.tahydraulics.com)

**PNEUMATEX** › **TA** › **HEIMEIER** ›

**TA HYDRONICS** 