

# Artikelen

## Investeringsbeslissingen in cleantech: kritische succesfactoren in een onzekere wereld

Tom Kuppens (Universiteit Hasselt en Universiteit Antwerpen)

29 juni 2018

Investeringsbeslissingen spelen zich af in een technologisch en economisch onzekere wereld. In een recent artikel worden Monte-Carlo-simulaties en experimenteel ontwerp gecombineerd om de kritische succesfactoren voor een investering in cleantech te identificeren als onderdeel van een techno-economische analyse.

Clean technologies of schone technologieën worden ontwikkeld om de milieu-impact van huidige consumptie- en productiesystemen te verlagen, bijvoorbeeld door een verminderd gebruik van grond- en hulpstoffen of door het verlagen van emissies naar bodem, lucht en water. Private economische agenten zullen pas in cleantech investeren als dit resulteert in een positieve netto contante waarde (NCW) van kasstromen over de volledige levensduur van de technologie. Die kasstromen worden berekend aan de hand van een techno-economische analyse, waarin technologische informatie wordt geïntegreerd met en vertaald naar economische informatie. Die informatie, zowel de technologische als de economische, is per definitie onzeker: marktprijzen fluctueren, productopbrengsten op laboschaal zijn (meestal) niet gelijk aan die in een industriële installatie, enzovoort.

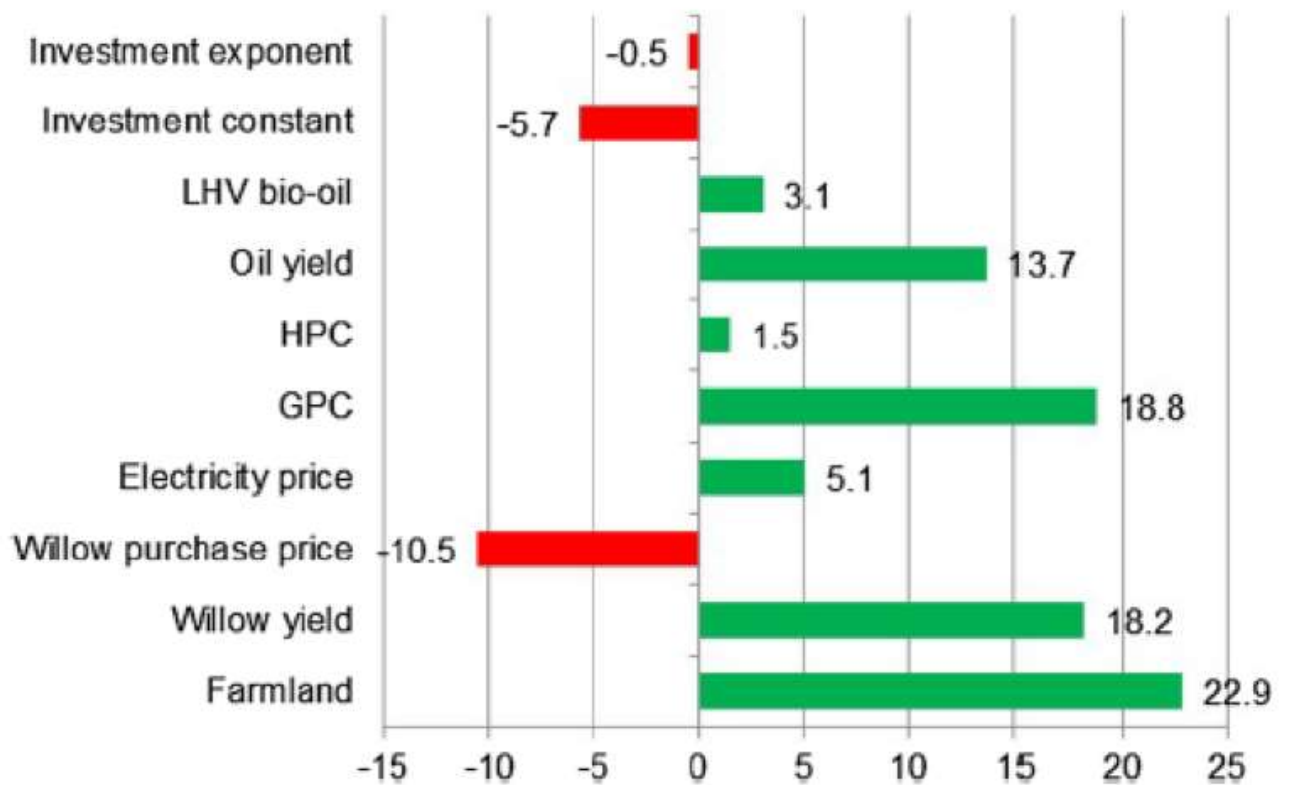
Investeerders zijn daarom op zoek naar kwantitatieve informatie over het risico dat ze lopen. Ze willen weten hoe groot de kans is dat de investering daadwerkelijk rendabel blijkt. Ze willen de kritische succesfactoren kennen die hun project kunnen doen (mis)lukken en ze willen weten wat de grootst mogelijke verliezen zijn. Doorgaans gebruiken onderzoekers Monte-Carlosimulaties om die onzekerheid in kaart te brengen. Het gebruik van kansverdelingen voor een bereik van waarden voor onzekere variabelen wordt veel gebruikt bij risico-analyse en daarnaast bestaan er ook stappenplannen om die kansverdelingen met behulp van Monte-Carlosimulaties te koppelen aan het economisch risico van een investering. De echte kans waarmee de waarden van onzekere variabelen zich in werkelijkheid voordoen, zijn vaak niet gekend en worden niet zelden benaderd door een driehoekige kansverdeling, waarbij het minimum en maximum van het verwachte bereik voor de waarde van een variabele het minst vaak en het gemiddelde of de mediaan het vaakst getrokken wordt tijdens het uitvoeren van de Monte-Carlosimulaties.

Het kiezen van een kansverdeling voor onzekere variabelen brengt echter een bijkomende onzekerheid met zich mee en is bijgevolg subjectief. Als alternatief om de kritische succesfactoren van een investering te identificeren stelden Van Groenendaal en Kleijnen in 1997 het gebruik van Plackett-Burman designs voor, een techniek uit de discipline van experimenteel ontwerp. Daarbij worden een beperkt aantal simulaties uitgevoerd die geen gebruik maken van bijkomende veronderstellingen over kansverdelingen. Meer specifiek kan een onzekere variabele ofwel haar meest verwachte waarde (gemiddelde of mediaan) aannemen, ofwel de uiterste waarde uit het verwachte bereik die een negatieve impact heeft op de NCW. In het eerste geval staat de variabele 'aan' (+1), in het tweede geval staat de variabele 'uit' (-1). Vervolgens worden er een aantal scenario's bepaald zoals voorgeschreven door Plackett en Burman. Zij stellen een fractioneel ontwerp voor van  $2k-p > k + 1$  scenario's voor het schatten van de  $k + 1$  effecten ('main effect' en gemiddelde) van  $k$  onzekere variabelen die twee mogelijke waarden kunnen aannemen (+1 of -1). Zo zijn er voor 10 onzekere variabelen 12 simulaties nodig (zie tabel 1). Elke variabele staat over alle 12 simulaties heen even vaak 'aan' als 'uit'. Elke aan/uit-combinatie van 2 onzekere variabelen komt ook even vaak voor over alle simulaties heen. In de laatste simulatie staan alle variabelen uit. In het geval van eventuele interactie-effecten, wordt gesuggereerd om de 12 simulaties uit te breiden met 12 simulaties uit de zogenaamde 'Box-Wilson foldover' waarin +1 en -1 worden omgewisseld, om ervoor te zorgen dat de schatters voor de main effecten correct zijn.

Wij pasten beide methodes toe op een casestudie naar fyto-remediatie in de Belgische Kempen, waarin de haalbaarheid wordt onderzocht van het pyrolyseren van korteomloophout (wilg) geteeld op bodems vervuild met cadmium. Van de 10 onzekere variabelen die we identificeerden, bleken vooral het beschikbare areaal aan landbouwgrond, de biomassa-opbrengst van wilg en de waarde van de groenestroomcertificaten het grootste deel van de onzekere NCW te verklaren (zie figuur 1). Op basis van het meta-model uit de Plackett-Burman simulaties, konden we echter geen significante kritische succesfactoren identificeren.

Variable	Symbol	PB1	PB2	PB3	PB4	PB5	PB6	PB7	PB8	PB9	PB10	PB11	PB12
Available farmland	$y_{ha}$	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-
Willow purchase cost	$y_{wilpur}$	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-
Investment constant	$y_{cst}$	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-
Investment exponent	$y_{exp}$	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-
LHV of pyrolysis oil	$y_{LHV}$	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-
Sales of electricity	$y_{elec}$	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-
Sales price green power certificates	$y_{GPC}$	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-
Sales price heat and power certificates	$y_{HPC}$	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-
Willow yield	$y_{tdm}$	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-
Oil yield	$y_{oil\%}$	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-
NPV Plackett-Burman run (MEUR)		-5.3	-4.6	-1.8	-3.5	-3.3	-2.8	-1.7	-1.5	-3.3	-2.5	-0.7	-2.3
NPV Box-Wilson foldover (MEUR)		-2.0	-1.0	-4.3	-2.2	-2.1	-2.7	-5.0	-6.7	-1.7	-1.5	-7.0	+3.0

Tabel 1: Plackett-Burman (PB) designs



Figuur 1: Sensitiviteitsanalyse – verklaring variantie NCW

Hoewel Monte-Carlosimulaties een bijkomende onzekerheid met zich meebrengen door de subjectiviteit over de kansverdelingen, waren deze het enige instrument die ons in staat stelden om significante kritische succesfactoren te identificeren voor het welslagen van een investering in pyrolyse van fyto-remediërende gewassen. De Plackett-Burman designs daarentegen waren minder geschikt voor het identificeren van risicoreductiestrategieën, maar konden ons wel inzicht verschaffen in de grootst mogelijke verliezen die een investeerder kon tegenkomen. Daarom besluiten we dat beide methodes complementaire informatie bieden bij het analyseren van het economisch risico van een investering in cleantech.

Het artikel is hier te vinden:

[Kuppens, T.E., Rafiaani, P., Vanreppelen, K., Yperman, J., Carleer, R., Schreurs, S., Thewys, T., Van Passel, S. 2018. Combining Monte Carlo simulations and experimental design for incorporating risk and uncertainty in](#)

*investment decisions for cleantech: a fast pyrolysis case study. Clean technologies and environmental policy*  
<https://doi.org/10.1007/s10098-018-1543-1>.

Meer informatie: Steven van Passel ([steven.vanpassel@uantwerpen.be](mailto:steven.vanpassel@uantwerpen.be)).