

Efficiëntie van bosbedrijven

Data Envelopment Analysis (DEA)

Alfons Oude Lansink (Wageningen Universiteit)
Stijn Reinhard
Anjo de Jong (Alterra)
Jan Luijt
Martijn van Wijk (Alterra)

Projectnummer 20572

Juni 2008

Rapport 8.08.01

LEI, Den Haag

Het LEI beweegt zich op een breed terrein van onderzoek dat in diverse domeinen kan worden opgedeeld. Dit rapport valt binnen het domein:

- Wettelijke en dienstverlenende taken
- Bedrijfsontwikkeling en concurrentiepositie
- Natuurlijke hulpbronnen en milieu
- Ruimte en Economie
- Ketens
- Beleid
- Gamma, instituties, mens en beleving
- Modellen en Data

Efficiëntie van bosbedrijven; Een analyse met de Data Envelopment Analyses (DEA)
Oude Lansink, A., S. Reinhard, A. de Jong, J. Luijt en M. van Wijk
Den Haag, LEI, 2008
Rapport 8.08.01; ISBN/EAN 978-90-8615-234-6; Prijs € 12,50 (inclusief 6% btw)
48 p., fig., tab., bijl.

Met behulp van de DEA methode is in dit rapport voor ieder individueel bosbedrijf een efficiëntiescore berekend. Daarnaast kunnen ook de verschillende soorten efficiëntie beoordeeld worden, zodat een bedrijf inzicht krijgt in de oorzaken van de inefficiëntie. Tot slot zijn de berekende scores gekoppeld aan een beperkt aantal kenmerken van de bedrijven (grootte, zelf vellen, stedelijkheid voor enkele bedrijven en regio).

The DEA method is used to calculate an efficiency score for every individual forestry holding. Furthermore, the different kinds of efficiency can be assessed, providing insight into the causes of the inefficiency on a holding. Finally, the calculated scores are linked to a limited number of characteristics of the holdings (size, self felling, urban character for several farms and region).

Bestellingen:
Telefoon: 070-3358330
Telefax: 070-3615624
E-mail: publicatie.lei@wur.nl

Informatie:
Telefoon: 070-3358330
Telefax: 070-3615624
E-mail: informatie.lei@wur.nl

© LEI, 2008

Vermenigvuldiging of overname van gegevens:

- toegestaan mits met duidelijke bronvermelding
- niet toegestaan



Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO-NL) van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Kamer van Koophandel Midden-Gelderland te Arnhem.

Inhoud

	Blz.
Woord Vooraf	7
Samenvatting	9
Summary	11
1. Inleiding	13
1.1 Aanleiding	13
1.2 Doelstelling	14
1.3 Werkwijze en leeswijzer	14
2. Methoden ter bepaling van de efficiëntie van bedrijven	15
2.1 Definitie van efficiëntie	15
2.2 Stochastic Frontier Analyses (SFA)	16
2.3 Data Envelopment Analyses (DEA)	17
2.4 Analogie milieu-efficiëntie	20
2.5 Conclusies	21
3. DEA efficiëntie studies in de bosbouwsector	23
3.1 Inleiding	23
3.2 Kao en Yang (1991)	23
3.3 LeBel en Stuart (1998)	24
3.4 Viitala en Hanninen (1998)	24
3.5 Yin (1998)	24
3.6 Fotiou (2000)	25
3.7 Nyrud en Baardsen (2003)	25
3.8 Conclusies	25
4. Beschikbare gegevens in het Bedrijven Informatienet van het LEI	27
4.1 Inleiding	27
4.2 Het productiemodel van bosbedrijven	27
4.3 Welke efficiëntie willen we eigenlijk meten?	31
4.4 Voorstel voor toepassing van DEA op Nederlandse bosbedrijven	31

	Blz.
5. Toepassing van de DEA methode	34
5.1 Inleiding	34
5.2 Berekening van de efficiëntiescores	35
5.3 Eigenschappen van efficiënte bedrijven	39
5.4 Conclusies	41
6. Conclusies	44
6.1 Bespreking	44
6.2 Conclusies	45
6.3 Perspectief	46
Literatuur	47

Woord vooraf

Met behulp van een permanente enquête onder particuliere boseigenaren verschaft het LEI sinds 1975 jaarlijks inzicht in bedrijfsuitkomsten van het bosbeheer. Deze bron is in het verleden meerdere malen gebruikt om meer te weten te komen over de oorzaken van de verschillen in de netto kosten per hectare van de deelnemende bosbedrijven. In dit rapport wordt voor het eerst een poging gedaan om op integrale wijze de doelmatigheid of efficiency van particuliere bosbedrijven in kaart te brengen.

De opdracht voor de studie is verleend door de Directie Natuur van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. In 2005 is daarvoor binnen het BO cluster EHS op hoofdlijnen een project geformuleerd, gericht op de analyse van bos- en natuurbedrijven (optimalisering bedrijfsvoering natuurbedrijven). Als vertegenwoordigers van de Directie Natuur hebben eerst Paul Nedermeijer en later Jasper Dalhuisen inhoud gegeven aan de begeleiding.

De studie is uitgevoerd door een samenwerkingsverband van Alterra, het Departement Maatschappijwetenschappen van Wageningen Universiteit en het LEI. De laatste twee vormen samen de Social Sciences Group van de Wageningen Universiteit en Researchcentrum (Wageningen UR). Voor Alterra namen Anjo de Jong en Martijn van Wijk aan het onderzoek deel, Alfons Oude Lansink voor het Departement Maatschappijwetenschappen van Wageningen Universiteit en Stijn Reinhard en Jan Luijt voor het LEI.

Veel dank is verschuldigd aan de eigenaren en beheerders van particuliere bosbezittingen die, door het ter beschikking stellen van bedrijfsgegevens, deze publicatie mogelijk hebben gemaakt.



Prof.dr.ir. R.B.M. Huirne
Algemeen Directeur LEI

Samenvatting

De overheid steunt het beheer van bos- en natuurterreinen, maar heeft slechts beperkt inzicht in de werkelijke kosten van het bos- en natuurbeheer. Daarom heeft de overheid kosteneffectiviteitsonderzoeken in gang gezet. Het alternatief, waarbij het beheer integraal wordt geanalyseerd om de efficiëntie te meten, is echter onderbelicht gebleven.

Doel van dit project is het ontwikkelen van kennis en hulpmiddelen die gebruikt kunnen worden om de bedrijfsvoering van bos- en natuurbeheerders te kunnen beoordelen op efficiëntie, om op basis daarvan genoemde bedrijfsvoering te kunnen verbeteren. Deze studie is verkennend van aard. Belangrijk is vooral om aan te geven welke methode kan worden toegepast om de bedrijfsvoering van bos- en natuurbeheerders te kunnen beoordelen, en om deze methode te testen.

Binnen de studie is efficiëntie bepaald als het verschil tussen de feitelijke en de optimale verhouding tussen productie en inzet van middelen. Met name de DEA-methode is op basis van de kenmerken van de methoden en de voor handen zijnde data geschikt om de efficiëntie van bedrijven te bepalen. Daarom is de DEA-methode in deze studie toegepast.

Met de DEA-methode is van een set bedrijven bepaald hoe efficiënt deze zijn, door te analyseren welke combinaties van inputs tot de hoogste outputs leiden, of met welke inputs een bepaalde output behaald kan worden. De kosten en opbrengsten van een bosbedrijf kunnen echter van jaar tot jaar sterk verschillen. Daarom is gewerkt met gemiddelde bedrijfsresultaten over een periode van 4 jaar. Probleem blijft in de bosbouw dat de periode tussen investeringen en opbrengsten erg lang kan zijn. Toepassing van de methode op langere reeksen van waarnemingen is daarom wenselijk.

De methode is toegepast op 84 bedrijven uit het Bedrijven Informatienet van het LEI. Dit zijn bedrijven die in de periode van 2001-2004 in de database stonden. Omdat het om een selectie van bedrijven gaat, zijn de resultaten niet geheel representatief voor het geheel aan bedrijven in het Bedrijven Informatienet.

De toegepaste methode geeft een beeld van de (in)efficiëntie van de bosbedrijven. Voor individuele bedrijven kan een maat van efficiëntie aangegeven worden. Daarnaast kunnen ook verschillende soorten efficiëntie beoordeeld worden, zodat een bedrijf inzicht krijgt in de oorzaken van de inefficiëntie. In het algemeen is de inefficiëntie groot (bijvoorbeeld in vergelijking met landbouw). Dit kan voor een deel verklaard worden door de sterk wisselende jaarcijfers van bosbedrijven. Analyse van langere reeksen bedrijfscijfers komt de resultaten van een onderzoek naar de efficiency van bosbedrijven ten goede.

Het is te verwachten dat bij een verschillend natuurtype, zoals grasland, de jaarcijfers minder sterk wisselen dan bij bos, doordat ze van jaar op jaar een meer gelijkmatig beheer kennen.

De berekende score van de (in)efficiëntie van de bedrijven is gekoppeld aan een beperkt aantal kenmerken van de bedrijven (grootte, zelf vellen, stedelijkheid voor enkele bedrijven en regio). Met name de uitgangssituatie is relevant: hoe ziet het bos er uit, welke boomsoorten, welke kwaliteiten?. Maar ook relevant is de verandering van het bos in de

beschouwde periode. Wat is bijvoorbeeld de houtvoorraad aan het begin en aan het eind van die periode? Een bosbeheerder kan immers in veel gevallen gemakkelijk de output verhogen door hout (op stam) te verkopen, maar de input daarvan (verlaging van de houtvoorraad) blijft vooralsnog buiten beschouwing.

Summary

Efficiency of forestry holdings; an analysis using Data Envelopment Analyses (DEA)

The government supports a great deal on forest and nature management, but only has limited insight into the actual costs involved. For this reason, it has initiated various cost effectiveness studies. However, the alternative method, whereby management is integrally analysed in order to measure the efficiency, has remained underemphasised.

The aim of this project is therefore to develop knowledge and resources which can be used to assess the efficiency of forest and nature management in order to improve these operations. This study is exploratory by nature. It is particularly important to indicate which method can be applied to be able to assess forest and nature management and to test this method.

Within this study, efficiency is expressed as the difference between the actual and optimum relationship between production and use of resources. Based on the characteristics of the methods and available data, the DEA method is particularly suited to determining the efficiency of farms and holdings. The DEA method was therefore applied in this study.

The DEA method determines the efficiency of a number of holdings in a set. This is achieved by analysing which combinations of different inputs lead to the highest outputs or which inputs produce a certain output.

However, the costs and yields of a forestry holding can vary from year to year. For this reason, the average holding results over a period of four years were used. The problem remains in forestry that the time between investment and yields can be very long. Using the method on longer series of observations is therefore desirable.

The method was applied on 84 farms from LEI's Farm Accountancy Data Network, i.e. farms which were included in the database throughout the period of 2001 - 2004. As the study involved a selection of holdings, the results are not totally representative for all farms and holdings in the Farm Accountancy Data Network.

The applied method gives a good impression of the (in)efficiency of the forestry holdings. For each individual holding, a measure of efficiency can be indicated. In addition, the different kinds of efficiency can be assessed so that a holding obtains insight into the causes of the inefficiency. In general, there is a high degree of inefficiency (compared with agriculture, for example). This can partly be explained by the strongly varying annual figures of forestry holdings. An analysis of longer series of operating figures benefits the results.

The annual figures relating to different kinds of nature, such as grassland, are expected to be much less varied than those of forests due to the even management year by year.

The calculated scores of the (in)efficiency of the holdings are linked to a limited number of characteristics (size, self felling, urban character for several farms and region).

The base situation is particularly relevant (what does the forest look like, what kind of trees does it have, what qualities?). But another relevant factor is the change of the forest in the period under review. What are the timber stocks at the beginning and end of the period, for example? In many cases, a forestry manager can raise the output by selling timber (from stock), but this input (reduction of the timber stock) is not considered here.

The method can be applied to nature holdings, which generate different surfaces or different nature types as output.

Inleiding

1.1 Aanleiding

De overheid geeft aan het beheer van bos- en natuurterreinen jaarlijks grote bedragen uit. Toch heeft zij slechts beperkt inzicht in de opbouw van de kosten van het bos- en natuurbeheer in relatie tot de daarbij bereikte resultaten. Dus ook in de oorzaken van de kostenverschillen tussen de diverse beheerders. Vandaar dat er een groeiende aandacht is voor de doelmatigheid van bedrijven die collectieve goederen als bos- en natuurterreinen beheren. Immers, wanneer in deze kennishiaat wordt voorzien, kan de overheid op onderbouwde wijze beleid opstellen om kosten te besparen bij de realisatie en het beheer van de EHS.

Er is behoefte aan inzicht in de kosteneffectiviteit van natuurbeheer. Een veelgebruikte en relatief eenvoudige manier om de kosteneffectiviteit in kaart te brengen is door middel van partiële kengetallen, bijvoorbeeld kosten per hectare. Voor het beheer van bos- en natuurterreinen geldt dat de kosten relatief eenvoudig zijn te bepalen, maar dat het resultaat van het bos- en natuurbeheer moeilijker te meten is. Ligthart et al. (2004) constateren dat bestaand kosteneffectiviteitonderzoek voor bos- en natuur zich veelal beperkt tot de relatie tussen een bepaald type (fysieke) maatregel en de natuurkwaliteit, kortom een partiële kosteneffectiviteitanalyse. Een andere benadering is om het beheer integraal te analyseren en niet te richten op kosteneffectiviteit, maar op de efficiëntie van het gehele beheer. Het verschil tussen kosteneffectiviteit en efficiëntie is dat het eerste kengetal weergeeft hoe een vaststaand doel tegen de laagste kosten kan worden gerealiseerd, terwijl efficiëntie de prestatie van een bedrijf (of van een groep bedrijven) vergelijkt met een benchmark.

Benchmarken wordt veel toegepast om de prestaties van bedrijven te vergelijken die niet op de markt met elkaar concurreren; denk hierbij bijvoorbeeld aan scholen, ziekenhuizen, arbeidsbureaus (Rekenkamer, 2001) en waterleidingbedrijven (Dijkgraaf, van der Geest en Varkevisser, 2005). In die studies wordt de doelmatigheid van bedrijven met elkaar vergeleken. Daarbij wordt eerst vastgesteld wat haalbaar is, de benchmark (Blank, 1998). Een bedrijf is doelmatig (efficiënt) als er geen mogelijkheden zijn om met dezelfde middelen meer te produceren of dezelfde productie te realiseren met minder middelen. Efficiënte bedrijven fungeren als referentie (benchmark) voor andere bedrijven. Het benchmarken is geen doel op zich, maar richt zich op verbetering van de efficiëntie van alle bedrijven, of beleidsmaatregelen. Het dwingt betrokkenen na te denken over de vraag welke doelstellingen er nagestreefd worden en hoe het al dan niet realiseren van die doelen dient te worden gemeten.

1.2 Doelstelling

Het natuurbeheer in Nederland wordt door diverse beheerders en op verschillende wijzen uitgevoerd. Er zijn verschillen in kosten die de beheerders maken om eenzelfde hoeveelheid natuur te realiseren. Het is niet goed bekend welke factoren deze verschillen in efficiëntie veroorzaken. Hierdoor is de overheid beperkt in haar mogelijkheden voor sturing. Onderzoek naar de efficiëntie van natuurbeheer wordt bemoeilijkt doordat er geen goede definitie van efficiëntie van het natuurbeheer is.

Doel van dit project is dan ook het ontwikkelen van kennis en hulpmiddelen die gebruikt kunnen worden om de bedrijfsvoering van bos- en natuurbeheerders te kunnen beoordelen op efficiëntie, om op basis daarvan de bedrijfsvoering te kunnen verbeteren.

Daarvoor dient er eerst een definitie van efficiëntie en kosteneffectiviteit van natuurbeheer opgesteld te worden. Tevens dienen de factoren die de efficiëntie van het bos- en natuurbeheer bepalen, beschreven te worden. Daarnaast dient inzichtelijk gemaakt te worden welke van deze factoren bruikbaar zijn om te komen tot een verbetering van de efficiëntie. Dat wil zeggen: welke factoren zijn voor de overheid van belang voor (aanpassing van) haar beleid. Ten slotte kunnen de resultaten ook worden gebruikt bij de verbreding van de bedrijfsuitkomsten statistiek van bosbouw: naar bos inclusief natuur.

Deze studie is verkennend van aard. Belangrijk is vooral om aan te geven welke methode kan worden toegepast om de bedrijfsvoering van bos- en natuurbeheerders te kunnen beoordelen, en om deze methode te testen.

1.3 Werkwijze en leeswijzer

Nadat het begrip efficiëntie is gedefinieerd, worden in hoofdstuk 2 de gangbare methoden beschreven waarmee efficiëntie kan worden gemeten. Dat leidt tot een keuze van de methode voor het vergelijken van bos- en natuurbeheerders. In hoofdstuk 3 worden toepassingen van de eerder gekozen methode op bos- en natuurbedrijven geïnventariseerd. In hoofdstuk 4 worden de beschikbare gegevens uit het LEI-Bedrijven-Informatienet beschreven. De toepassing van de methode wordt in hoofdstuk 5 weergegeven. Het rapport wordt afgesloten met een bespreking van de resultaten en conclusies in hoofdstuk 6.

2. Methoden ter bepaling van de efficiëntie van bedrijven

2.1 Definitie van efficiëntie

Efficiëntie geeft de verhouding tussen de prestaties van een bedrijf en de daarvoor benodigde middelen weer. De verhouding tussen prestaties en middelen kan geëvalueerd worden door bedrijven empirisch met elkaar te vergelijken. De efficiëntie van een bedrijf wordt dan bepaald door de afwijking van zijn prestaties ten opzichte van de beste praktijk, de beste bedrijven (de benchmark).

Efficiëntie meet het verschil tussen de feitelijke en de optimale verhouding tussen productie en inzet van middelen. Een bedrijf is efficiënt wanneer er geen mogelijkheid is om dezelfde diensten te leveren met een geringere inzet van middelen, of met dezelfde inzet van middelen de dienstverlening uit te breiden. De efficiëntste bedrijven bepalen de grens van wat er technisch en economisch haalbaar is, de zogenaamde 'beste praktijk'. Deze beste praktijk fungeert als een referentiekader voor de bedrijven die minder efficiënt zijn; zij kunnen zich aan de efficiënte bedrijven spiegelen. De essentie van efficiëntieonderzoek is dus het vinden van de bedrijven die als het meest efficiënt kunnen worden aangemerkt. De mate van efficiëntie wordt weergegeven in een efficiëntiescore die de afstand tot de beste praktijk weergeeft.

Efficiëntiescores worden uitgedrukt op een schaal van 0 tot 1, waarbij het efficiëntste bedrijf een score van 1 heeft. Het efficiënte bedrijf is dus maatgevend voor de andere bedrijven. Een voordeel van dit efficiëntie raamwerk is onder meer dat er voor de berekening van maatstaven voor technische efficiëntie geen prijsinformatie nodig is. Verder geven genoemde maatstaven de omvang van de mogelijke verbeteringen weer.

We definiëren efficiëntie als een dimensieloos (dus niet uitgedrukt in geld of arbeidsjaren) getal tussen 0 en 1 met de volgende interpretatie. Als een bedrijf efficiënt is, dan is de waarde gelijk aan 1. Als de efficiëntie van een bedrijf gelijk is aan 0,80, dan zit de productie van dat bedrijf op 80% van wat maximaal haalbaar is, gegeven de ingezette middelen. Er wordt ook gebruik gemaakt van het begrip inefficiëntie. Dit begrip is het spiegelbeeld van efficiëntie en is gedefinieerd tussen 0 en 1, waarbij de waarde 0 het ontbreken van inefficiëntie weergeeft.

De methodologie om technische en economische inefficiëntie van bedrijven te berekenen, is ook een aantrekkelijk raamwerk om er bijvoorbeeld de natuurprestaties van bedrijven mee te meten. Technische inefficiëntie maakt duidelijk of de ingezette middelen optimaal worden benut. Allocatie-inefficiëntie geeft aan in hoeverre de productiemiddelen in de beste verhouding worden ingezet. De som van technische en allocatie-inefficiëntie geeft de economische inefficiëntie weer, de mate waarin de kosten naar beneden kunnen. In de efficiëntie literatuur worden twee belangrijke methoden onderscheiden: de methode van mathematische programmering en econometrische methoden (Coelli, Rao en Battese, 1998).

Verder kan inefficiëntie worden onderscheiden naar de oriëntatie. Indien de inputs als vast (gegeven) worden verondersteld en de output wordt gemaximaliseerd, spreekt men van outputoriëntatie. Voorbeeld: een bedrijf dat gegeven zijn inzet van machines en werknemers zo veel mogelijk wil produceren. Het bedrijf wordt dan vergeleken met bedrijven die dezelfde inzet van kapitaal en arbeid kennen.

Als de prestatie vast wordt verondersteld, kan men nagaan wat de minimale benodigde hoeveelheid input is om de gegeven output te realiseren. Bijvoorbeeld in geval van een natuurterrein met een bepaalde natuurkwaliteit. Dan worden vergelijkbare natuurterreinen vergeleken om na te gaan wat de minimale inzet van productiemiddelen is, die nodig is om de genoemde natuurkwaliteit te bereiken.

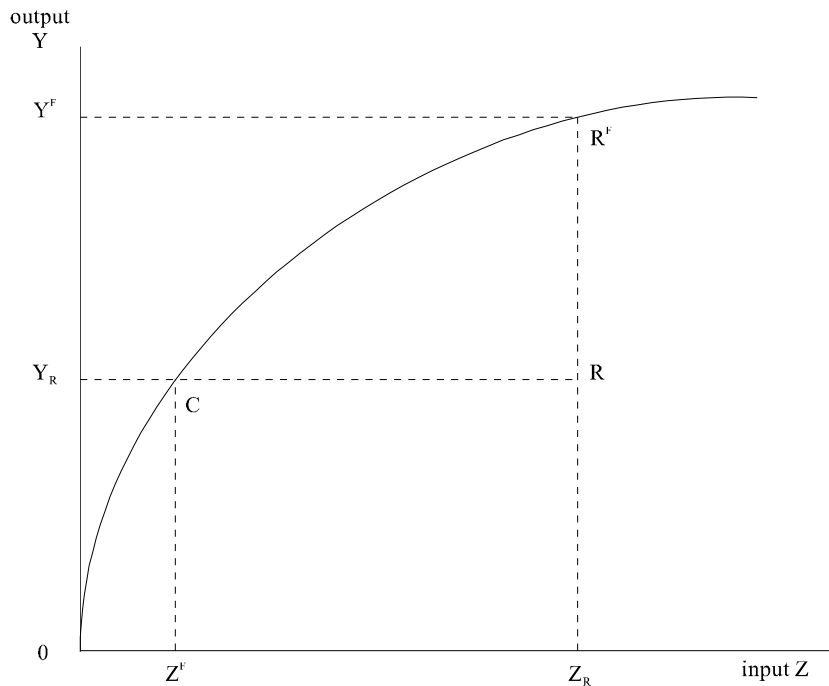
2.2 Stochastic Frontier Analyses (SFA)

Met de econometrische methode wordt de efficiëntie bepaald aan de hand van een productiefunctie (ook wel productiefrontier, SFA, genoemd). Deze productiefunctie geeft de relatie weer tussen inputs en outputs. Met deze methode kan worden vastgesteld wat de maximale productie is op basis van een bepaalde hoeveelheid inputs. Om SFA toe te kunnen passen zijn er relatief veel waarnemingen nodig (vuistregel minimaal 30-40) en moet een functie worden gespecificeerd. Zie als voorbeeld vergelijking (2.1), waarin een eenvoudige Cobb-Douglas productiefunctie is weergegeven.

$$\ln Y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln K_{it} + \alpha_2 \ln Z_{it} + u_i + v \quad (2.1)$$

waarin:

- Y = output (product)
- K = Kapitaal
- Z = Arbeid
- u = storingsfactor inefficiëntie
- v = random storingsfactor
- i = index die het bedrijf weergeeft
- t = index die de tijd weergeeft
- α = parameter



Figuur 2.1 Voorbeeld van een productie frontier van eindproduct Y en productiemiddel Z (zie toelichting in de tekst)

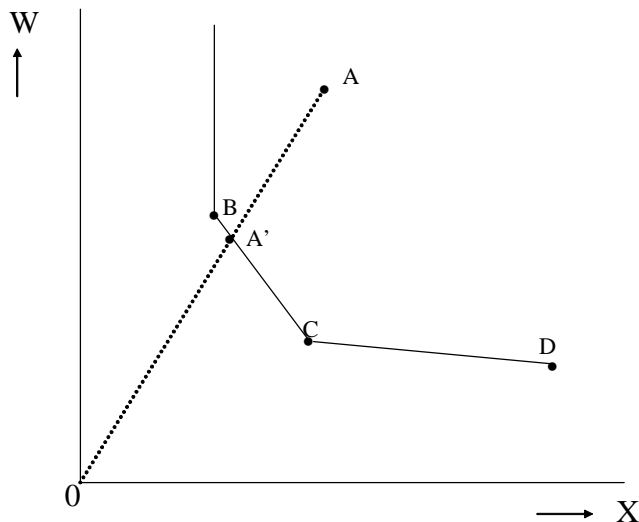
Een frontier met 1 productiemiddel Z en 1 eindproduct Y is weergegeven in figuur 2.1. De zwarte lijn geeft aan wat de maximale productie is als je een bepaalde hoeveelheid stikstofoverschot, weergegeven door de letter Z, gebruikt. Het berekenen van deze lijn vindt plaats met het schatten van de productiefrontier. De waargenomen productie op een bedrijf is gelijk aan Y_R , waarvoor Z_R productiemiddel nodig is. Met dezelfde hoeveelheid productiemiddel, Z, had hij ook Y^F kunnen produceren. De standaard efficiëntie maatstaf is gelijk aan de werkelijke productie gedeeld door de maximaal mogelijke productie ($|Y_R|/|Y^F|$).

2.3 Data Envelopment Analyses (DEA)

In de mathematische programmeringmethode wordt op basis van een Linear Programming (LP) model berekend of, gegeven de inputs van een bedrijf, andere bedrijven een hogere productie kunnen behalen (output oriëntatie), of gegeven de output van een bedrijf, andere bedrijven minder inputs nodig zouden hebben. Deze methode kan met minder waarnemingen dan de econometrische methode worden toegepast, alleen wordt er dan een groter percentage van de bedrijven als efficiënt aangemerkt. Er wordt vastgesteld of er (combinaties van) bedrijven zijn die beter presteren. Dat wil zeggen: (combinaties van) bedrijven die met minder inzet van middelen evenveel produceren. De mate waarin het betrokken bedrijf haar inzet van middelen kan verlagen, om zo op het niveau van het beter presterende bedrijf te komen, wordt de inefficiëntie van het bedrijf

genoemd. Bedrijven die door geen ander (fictief) bedrijf worden overtroffen, worden doelmatig genoemd.

In de lineaire programmering is het te onderzoeken bedrijf het uitgangspunt en vervolgens wordt getracht alle ingezette middelen maximaal te reduceren bij gelijkblijvende productie. De volgende figuur maakt dit duidelijk.



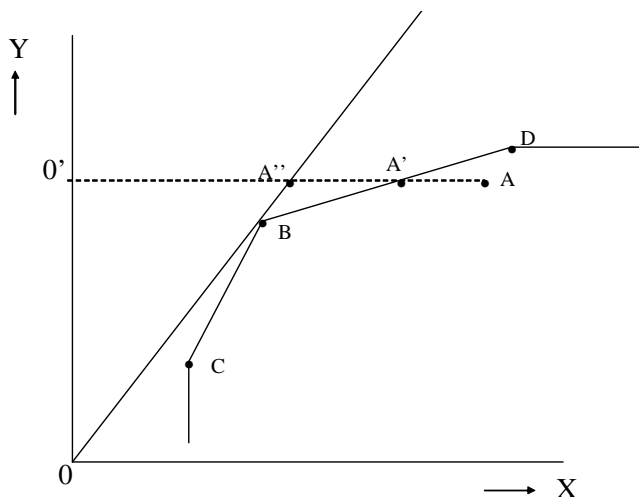
Figuur 2.2 Voorbeeld van input georiënteerde technische efficiëntie met DEA (zie toelichting in de tekst)

Op de beide assen van figuur 2.2 staan de hoeveelheden ingezette middelen (X en W) weergegeven, bijvoorbeeld arbeid en kapitaal. De punten A, B, C en D stellen bedrijven voor die allemaal dezelfde productie realiseren. Zij gebruiken ieder daarvoor verschillende hoeveelheden van de middelen X en W. De verzameling van alle combinaties van de middelen X en W die dezelfde productie realiseren, wordt ook wel aangeduid als de *input set*. We nemen bedrijf A als uitgangspunt. Dit bedrijf kan de inzet van beide middelen verminderen. Er bestaat immers een denkbeeldig bedrijf op het lijnstuk BC (A') dat dezelfde productie levert als A, maar met minder inzet van middelen. De verhouding tussen deze virtuele inzet van middelen van A' en de feitelijke inzet van middelen van A ($=OA'/OA$) staat bekend als de (technische) efficiëntie van bedrijf A. De technische inefficiëntie is gedefinieerd als de afstand tussen de efficiënte inzet en de feitelijke inzet van middelen door bedrijf A ($=A'A/OA$). Een reductie van de inzet van middelen is voor de bedrijven B, C en D niet mogelijk. Er zijn immers geen bedrijven of combinaties van bedrijven te vinden die met minder inzet van middelen een bepaalde productie te realiseren. We zeggen in dat geval dat B, C en D de *beste praktijk* of de *frontier* vormen. De beste praktijk wordt bepaald door wat we empirisch waarnemen. We hopen daarmee zo dicht mogelijk de technisch meest optimale situatie te benaderen.

Naast het berekenen van de technische inefficiëntie, kan de DEA-methode ook worden toegepast om de inefficiëntie van de schaal waarop wordt geopereerd te bepalen (schaalinefficiëntie). Bedrijven die zonder schaalinefficiëntie opereren hebben een

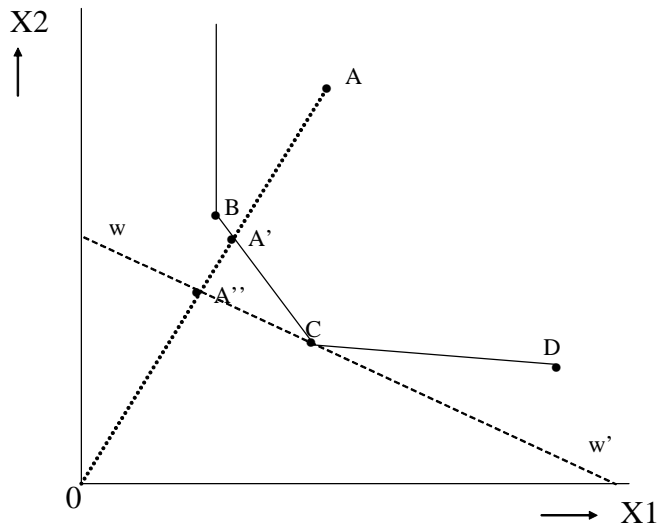
optimale omvang. Is er sprake van schaalinefficiëntie, dan zijn de bedrijven te groot of te klein. De betekenis van schaalinefficiëntie wordt verduidelijkt in figuur 2.3.

In deze figuur wordt de relatie weergegeven tussen één input en één output. De lijn die ontspringt aan de oorsprong en die loopt door het punt van bedrijf B is de productiefrontier onder constante schaalopbrengsten. Op deze curve geeft één eenheid van een input altijd dezelfde vermeerdering van de hoeveelheid output. De curve die loopt door de punten B, C en D is de productiefrontier onder variabele schaalopbrengsten. Deze productiefrontier wordt gekenmerkt door toenemende schaalopbrengsten (de lijnstukken door punt C, tot aan punt B) en variabele schaalopbrengsten (de lijnstukken rechts van punt B). Toenemende (afnemende) schaalopbrengsten houdt in dat 1% extra van een input een toename van de output geeft die hoger (lager) is dan 1%. Alleen bedrijf B opereert onder constante schaalopbrengsten. Figuur 2.3 laat een drietal inefficiëntiematstaven zien. Technische inefficiëntie onder constante schaalopbrengsten is gelijk aan de ratio $A''A'/O'A$. Ook kan de technische inefficiëntie onder variabele schaalopbrengsten worden weergegeven door de ratio $A'A'/O'A$. De schaalinefficiëntie ten slotte geeft weer in hoeverre de gerealiseerde schaalgrootte verwijderd is van de optimale schaalgrootte. In figuur 2.3 is de schaalinefficiëntie gelijk aan $O'A''/O'A'$.



Figuur 2.3 Voorbeeld schaalinefficiëntie (zie toelichting in de tekst)

Het begrip input georiënteerde economische inefficiëntie wordt verduidelijkt in figuur 2.4. In deze figuur staat de isoquant afgebeeld zoals in figuur 2.2. Daarnaast is een lijnstuk $w-w'$ dat de verhouding tussen de prijzen van x_1 en x_2 weergeeft. Het punt A'' op deze lijn geeft de mix van input 1 en input 2 die de output produceert tegen de laagste kosten. De input georiënteerde economische inefficiëntie is dus een maatstaf voor de afstand tussen de laagst mogelijke kosten en de daadwerkelijk gemaakte kosten.



Figuur 2.4 Voorbeeld van input georiënteerde economische inefficiëntie (zie toelichting in de tekst)

2.4 Analogie milieuefficiëntie

Om de mogelijkheden van efficiëntiemeting voor bosbedrijven te illustreren wordt in deze paragraaf een korte samenvatting gegeven van het onderzoek van Reinhard (1999) naar de milieuefficiëntie van melkveehouderijbedrijven. Met de toenemende aandacht voor het milieu zijn ook de prestaties van het melkveebedrijf op milieugebied belangrijker geworden. Hoewel er indicatoren zijn die òf de economische prestaties òf de milieuprestaties van een landbouwbedrijf in beeld brengen, was er geen maatstaf voorhanden die beide op een consistente wijze combineert in een kengetal. De standaard methode om de milieubelasting en het productieproces in een getal te vangen is een partiële maatstaf, zoals stikstofoverschot per ha. Het nadeel van deze eenvoudige kengetallen is dat ze slechts een klein deel van het relevante productieproces beschrijven. Beleidsaanbevelingen op basis van dergelijke partiële maatstaven leiden dan vaak tot buitensporig gebruik van productiefactoren die niet zijn opgenomen in de partiële maatstaf.

In de literatuur is de efficiëntiemethodologie de laatste jaren ook ingezet voor milieuproblemen. Milieuefficiëntiescores waren echter alleen nog via mathematische programmering berekend. Om de milieuefficiëntie econometrisch te kunnen bepalen, moeten de milieubelastende stoffen op een correcte wijze worden opgenomen in het standaard neoklassieke economische raamwerk.¹ De hoeveelheid stikstofvervuiling is bepaald door middel van de materiaalbalans als het verschil tussen stikstof in productiemiddelen en stikstof uit de gewenste producten. Uit het Bedrijven-Informatienet van het LEI zijn de sterk gespecialiseerde melkveehouderijbedrijven geselecteerd. Van

¹ Door bijvoorbeeld een productie- of een winstfunctie die qua vorm en dergelijke voldoet aan de gangbare neoklassieke richtlijnen.

deze bedrijven is vanaf 1991 gedetailleerde informatie beschikbaar over de mineralenboekhouding.

De stochastische productiefrontier methode (SFA) is gebruikt om milieuefficiëntie te berekenen. Stikstofoverschot is gemodelleerd als een productiemiddel in het productieproces. Milieuvervuilende stoffen en productiemiddelen werken op dezelfde manier in op de productiefrontier. Standaard schat SFA hoeveel de productie kan toenemen totdat de frontier is bereikt, gegeven de gebruikte productiemiddelen. Om milieuefficiëntie te kunnen berekenen is deze outputoriëntatie van SFA getransformeerd in een inputbesparende oriëntatie (het stikstofoverschot is immers als input opgenomen). Milieuefficiëntie is gedefinieerd als de verhouding van het minimaal mogelijke stikstofoverschot tot het geobserveerde stikstofoverschot.

De gemiddelde milieu-efficiëntiescore van de onderzochte melkveehouderijbedrijven is 0,44. Volgens dit model kan de uitstoot van stikstofoverschot met 56% worden gereduceerd bij een gelijkblijvende productie.

Het bepalen van de milieuefficiëntiescores is de eerste stap van de analyse. In de tweede stap worden deze scores gerelateerd aan verklarende variabelen. De schatting van de parameters met bijvoorbeeld regressieanalyse geeft de invloed van deze variabelen op de milieuefficiëntie weer.

Het voordeel van deze ontwikkelde milieuefficiëntie-indicator boven de bestaande (partiele) indicatoren is dat het complete productieproces van het bedrijf in beschouwing wordt genomen. Zo worden bedrijven niet alleen beoordeeld op het stikstofoverschot per hectare, maar ook op de grootte van de productie. Ook kan bijvoorbeeld een bedrijf met een klein stikstofoverschot per hectare minder milieuefficiënt zijn dan een bedrijf met een iets groter stikstofoverschot per hectare, maar met een veel grotere productie van melk. Een ander voordeel is dat de milieuefficiëntie en de economische efficiëntie op een vergelijkbare wijze worden berekend. Zo kan de afweging tussen milieu en economie beter in kaart worden gebracht. De bedrijven die zowel milieu- als economisch efficiënt zijn, leveren een positieve bijdrage aan de Nederlandse landbouw; ze produceren concurrerend en ze springen zuinig om met het milieu.

2.5 Conclusies

Voor het bepalen van de efficiëntie van bedrijven kunnen zowel de SFA als de DEA-methode gebruikt worden.

Voor toepassing van de parametrische (SFA) benadering is het nodig dat de nog onbekende functievorm van te voren moet worden gespecificeerd. Een tweede nadeel is dat er slechts sprake kan zijn van één output. Vandaar ook dat in de voorlaatste paragraaf een truc is bedacht om de output van teveel stikstof in het SFA raamwerk op te nemen. In recentere jaren wordt daarom meer en meer gebruik gemaakt van methoden die meerdere outputs toestaan (input- of outputafstandsfuncties). Naast de economische prestatie als output is de milieuprestatie (mate van stikstofoverschot en dus eigenlijk ook een output) als input aangemerkt. Een derde nadeel is dat er relatief veel waarnemingen nodig zijn; dit geldt zeker wanneer er meerdere outputs en meerdere inputs worden onderscheiden. Een

vierde nadeel is dat de geschatte functies meestal niet voldoen aan de theoretische veronderstellingen die de grondslag vormen van de methode.

De meeste van de hierboven genoemde nadelen gelden niet voor de lineaire of kwadratische programmeringbenadering (DEA). Natuurlijk kent die benadering ook zijn beperkingen. Een nadeel van het hanteren van DEA is dat er impliciet wordt verondersteld dat alle variatie in de prestaties van verschillende bedrijven het gevolg is van inefficiënties. De SFA-methode onderscheidt nog een storingsterm die variatie oppikt die het gevolg is van toeval (bijvoorbeeld door uitzonderlijke weersomstandigheden) of meetfouten in de data. In DEA worden eventuele onzuiverheden (meetfouten) in de empirische gegevens evenals verschillen in kwaliteit van de productie als inefficiënties geïnterpreteerd. Dat kan het beeld aanzienlijk vertekenen. Niet alleen voor het afwijkende bedrijf zelf, maar ook voor de andere bedrijven kunnen hierdoor de inefficiëntiescores fors afwijken. Een ander nadeel van DEA is dat in de meeste varianten de methode alleen bedrijven met vergelijkbare productieniveaus tegen elkaar afzet. De methode staat of valt daardoor met de aanwezigheid van vergelijkbare bedrijven.

Omdat bij bos- en natuurbedrijven sprake is van beperkt aantal waarnemingen en omdat er meerdere, vaak niet in geld uit te drukken, outputs zijn, is in dit onderzoek voor de DEA-methode gekozen.

3. DEA efficiëntie studies in de bosbouwsector

3.1 Inleiding

Uit het vorige hoofdstuk is duidelijk geworden dat in de literatuur twee methoden worden gehanteerd om efficiëntie te meten, namelijk econometrische methoden (Stochastische Frontier Analyses: SFA) en mathematische programmering (Data Envelopment Analyse: DEA). Voor het onderzoek naar de efficiëntie van bos- en natuurbedrijven bleek de laatste de beste papieren te hebben. We hebben immers te maken met een beperkt aantal waarnemingen en nogal wat en soms moeilijk in geld uit te drukken outputs. Vandaar dat in dit hoofdstuk nadrukkelijk gebruik gemaakt wordt van een recente (2005) overzichtstudie 'Efficiency studies in forestry using data envelopment analysis' van Taraneh Sowlati, waarin alleen het belangrijkste DEA-onderzoek naar de efficiëntie van het bosbeheer is samengevat. De relevante onderzoeken worden in dit hoofdstuk behandeld.

3.2 Kao en Yang (1991)

Kao en Yang gebruikten in 1991 als eersten de DEA-methode in het bosonderzoek door de efficiëntie van het beheer van 13 bosdistricten in Taiwan mee te bestuderen. Zij hanteerden 4 inputs: hoogte van het budget, voorraad hout, aantal arbeiders en oppervlakte bos. Er onderscheiden zich ook 4 outputs: houtoogst in kubieke meters per hectare, geldopbrengst van de bijproducten van het bos, aantal kubieke meters geconserveerde bodem en het aantal bezoeken van recreanten. Daarmee werd de technische efficiëntie (omzetten van inputs in outputs) en de overall efficiëntie (technische-, allocatie- en schaafefficiëntie) berekend. Vervolgens ook nog de schaafefficiëntie (overall efficiëntie gedeeld door de technische efficiëntie). Onder de 13 bosdistricten waren er 5 overall inefficiënt, terwijl er 2 technisch inefficiënt bleken. Zo was voor het eerst de efficiëntie van bosdistricten gemeten met behulp van meerdere in- en outputs, zonder dat daaraan vooraf gewichten waren gehangen. Een jaar later is de analyse evenwel opnieuw uitgevoerd omdat de toepassing van K&Y nog onvoldoende robuust bleek. Volgens Pedraja-Chaparro en anderen (1999) hebben een aantal aspecten grote invloed op de resultaten, te weten:

- het aantal waarnemingen;
- het aantal in- en outputs in de analyse;
- de mate van correlatie tussen de in- en outputs onderling.

Wat betreft de verdeling van de werkelijke efficiëntie van de eenheden het volgende: volgens de relevante literatuur dient het aantal waarnemingen minimaal zo groot te zijn als 3-maal het totale aantal in- en outputs. K&Y hadden dus minimaal 24 waarnemingen

moeten gebruiken of het aantal in- en outputs moeten reduceren. Dat hebben ze in 1992 ook gedaan.

3.3 LeBel en Stuart (1998)

LeBel en Stuart maakten gebruik van DEA om de efficiëntie te meten van 23 houtkapbedrijven van 1988 tot 1994. Zowel de technische-, de overall- en de schaafefficiëntie werden berekend. Als inputs koos men kapitaal, variabele inputs en arbeid (alles in dollars) en hout (in tonnen) als output. Een waarneming zijn de in- en outputs van een bedrijf in een jaar, wat meer dan 100 waarnemingen opleverde. Evenwel zonder de financiële data te corrigeren voor de in die 6 jaren opgetreden inflatie. De bedrijven werden gerangschikt met behulp van hun efficiëntiescore: de hoogste werden model voor de minder efficiënte. Gemiddeld kon een kwart van de inefficiëntie in verband gebracht worden met de bedrijfsomvang. Er werden ook partiele inefficiënties (elke input ten opzichte van de output) berekend. Gemiddeld was de kapitaalinefficiëntie het hoogst, terwijl de arbeidsefficiëntie beter bleek.

3.4 Viitala en Hanninen (1998)

Viitala en Hanninen evalueerden de efficiëntie van 19 publieke bosraden in Finland. Zij berekenden de efficiëntie van elk van de hoofdactiviteiten van de bosbesturen om vervolgens per bosbestuur een samengestelde efficiëntiemaat (de gewogen som van de efficiëntiescores van de belangrijkste activiteiten van elk van de bosraden) vast te stellen. Veel moeite werd gestoken in het bepalen van de in- en outputs van elke activiteit. De belangrijkste activiteiten zijn: planning en toezicht bij de aanleg van boswegen, planning en toezicht bij het graven van sloten in het bos, het voorbereiden van beheersplannen, het vormgeven aan het personeelsbeleid, het bijhouden van wijzigingen in het bosbeleid en het administratief faciliteren van bosverbeteringen. Vervolgens werden de gevonden efficiëntiescores in verband gebracht met diverse omgevingsvariabelen. Er bleek veel verschil in efficiëntie tussen de bosraden; de gemiddelde input zou met ongeveer 20% kunnen worden gereduceerd.

3.5 Yin (1998)

Auteur Yin onderzocht met de DEA-methode de efficiëntie van 44 'linerboard' producenten in Noord Amerika. Hier werd de technische-, de schaal en de allocatie-efficiëntie (optimale mix van inputs) berekend. Er werden 7 inputs onderscheiden: fiber, brandstof, elektriciteit, arbeid, toezicht, materiaal en chemicaliën. De technische efficiëntie bleek goed, maar de allocatie-efficiëntie minder goed.

3.6 Fotiou (2000)

Fotiou heeft met behulp van DEA de productie efficiëntie van 17 houtzagerijen in Griekenland gemeten. De output georiënteerde technische efficiëntie werd gemeten met kapitaal en arbeid als inputs en de totale productie als output. Vervolgens werd met variantie analyse het effect van twee bedrijfsactiviteiten gemeten: aandacht voor de markten van ruw materiaal en wijze van behandeling van het ruwe materiaal. Daaruit bleek dat houtzagerijen die veel aandacht besteden aan de inkoopmarkten voor ruw materiaal efficiënter opereren dan de anderen.

3.7 Nyrud en Baardsen (2003)

Nyrud en Baardsen onderzochten de productie-efficiëntie van houtzagerijen in Noorwegen. Zowel de technische- als de schaalefficiëntie werden gemeten met behulp van 2 panels: (1) het volledige panel van 220 houtzagerijen in de periode 1974 tot 1991 en (2) een meer uitgebalanceerd, evenwichtig panel van 66 houtzagerijen in 6 perioden van 3 jaar. Er werden 6 inputs onderscheiden: arbeid, kapitaal, elektriciteit, brandstof, schaafhout en zaaghout. En 3 outputs: ruwe planken, geschaafde planken en spaanhout en afval. Vooral het evenwichtige panel werd gebruikt om efficiëntie veranderingen (dus in de tijd) vast te stellen. Het bleek echter dat een 'window analysis'¹ beter in staat was om dergelijke veranderingen te meten.

Nyrud en Baardsen maakten ook gebruik van de Malmquistindex om de productiviteitsgroei uiteen te rafelen in efficiëntieverbetering en technologische verbetering. Het bleek dat grote houtzagerijen efficiënter waren dan kleine en gemiddelde. En ook dat langer bestaande zagerijen efficiënter produceerden.

3.8 Conclusies

De toepassingen van de DEA-methode op bedrijven in de bosbouwketen bleken succesvol. Of het nu om 1 output ging of om meerdere. Ook werden verschillende soorten in- en outputs onderscheiden. Viitala en Hanninen (1998) kozen onder meer: planning en toezicht bij de aanleg van boswegen, planning en toezicht bij het graven van sloten in het bos, het voorbereiden van beheersplannen, het vormgeven aan het personeelsbeleid, het bijhouden van wijzigingen in het bosbeleid en het administratief faciliteren van bosverbeteringen.

Dat is heel wat anders dan de in- en outputs waar bijvoorbeeld Kao en Yang (1991) mee werkten. Zij kozen als inputs de hoogte van het budget, de voorraad hout, het aantal arbeiders en de oppervlakte bos. En als outputs de houtoogst in kubieke meters per hectare, de geldopbrengst van de bijproducten van het bos, het aantal kubieke meters geconserveerde bodem en het aantal bezoeken van recreanten.

¹ Zie Charnes et al. (1985).

Tot slot bleek er veel verschil in het type waarneming. Meestal ging het om bedrijven, maar in sommige gevallen om bosraden of zelfs regio's.

Kortom, de DEA-methode is met succes toegepast in de bosbouwketen en daarbij werden niet alleen zeer verschillende soorten in- en outputs onderscheiden, maar ook verschillende typen waarnemingen. De methode lijkt daarmee voldoende flexibel om de efficiëntie van het bos- en natuurbedrijf te meten.

4. Beschikbare gegevens in het Bedrijven-Informatienet van het LEI

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt nagegaan welke in- en outputs in het Bedrijven-Informatienet voorkomen en welke daarvan in de productiefrontier analyse kunnen opgenomen. Tevens geven we aan hoe een waarneming wordt gedefinieerd. Ten slotte een voorzet voor de keuze van de gegevens die later eventueel als verklaring voor de gevonden inefficiëntiescores kunnen worden gebruikt.

4.2 Het productiemodel van bosbedrijven

Om de efficiëntie analyse toe te kunnen passen op het bosbedrijf moet het bosbedrijf als een bedrijf worden beschreven. Daarbij is vooral de definitie van inputs en outputs van belang, maar ook de wijze waarop deze worden gemeten.

Het bosbedrijf zet vooral arbeid, loonwerk en bosgrond (tabel 4.1) in om 'bos' te produceren. Bij arbeid gaat het enerzijds om lonen van eigen personeelsleden en anderzijds om niet-betaalde, berekende arbeid van de eigenaar zelf (tabel 4.2). Bij loonwerk gaat het voornamelijk om betaalde arbeidskosten en voor een beperkt deel om de kosten van werktuigen. Het verschil met betaald loon voor eigen personeel is dat loonwerk al dan niet kan worden ingehuurd, terwijl het eigen personeel het gehele jaar door dient te worden ingezet. De kosten van de grond en van de daarop voorkomende vaak verschillende opstanden zijn niet in geld uitgedrukt.

De producten van het bos onderscheiden we in (1) natuurwaarden en (2) recreatiewaarden die weliswaar door de maatschappij worden gevraagd, maar waar geen of maar ten dele een private markt voor is. Daarnaast zijn er goederen, zoals hout (3), die op een private markt worden aangeboden. De DEA-methode staat toe dat meerdere outputs worden meegenomen in de analyse.

Daarbij is het niet noodzakelijk dat deze in geld worden uitgedrukt. Een en ander leidt tot de volgende transformatiefunctie

(= productiefunctie met meerdere inputs en meerdere outputs) voor het bosbedrijf:

$$f(EA, LW, BA, HA, PH, PO, NW, RW) = 0 \quad (4.1)$$

Waarbij:

Inputs

EA = Eigen arbeid (berekend loon); in euro per jaar

LW = Loonwerk; in euro per jaar

BA = Betaald loon voor eigen personeel in euro per jaar

HA = Oppervlakte bosbedrijf in hectaren

Tabel 4.1 Bedrijfsresultaat (euro per ha bos) particuliere bosbedrijven naar bosareaal, 2003

Kosten	5-25 ha	25-50 ha	50-100 ha	100-250 ha	>=250 ha	Totaal 2003	Totaal 2002
Arbeid:							
- loon eigen personeel	18	26	42	63	65	46	44
- diverse berekende lonen	140	59	40	15	8	47	37
	<u>158</u>	<u>85</u>	<u>82</u>	<u>78</u>	<u>73</u>	<u>94</u>	<u>84</u>
Werk door derden:							
- loonwerker	121	37	62	59	52	66	81
- rentmeester en overig	15	29	34	34	15	23	26
	<u>136</u>	<u>67</u>	<u>96</u>	<u>93</u>	<u>67</u>	<u>90</u>	<u>107</u>
Werktuigen:							
- rente en afschrijving	20	1	3	5	3	7	6
- overige werktuigkosten	12	2	5	8	6	7	7
	<u>32</u>	<u>3</u>	<u>7</u>	<u>13</u>	<u>9</u>	<u>13</u>	<u>13</u>
Grond- en hulpstoffen:							
- plantsoen en zaad	1	0	1	2	2	1	2
- mest en bestrijdingsmiddel	0	0	0	0	0	0	0
- overige grond- en hulpstof	11	0	0	1	1	3	3
	<u>11</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
Bosinstandhouding:							
- gebouwen en infrastructuur	11	4	2	2	1	4	5
- grond/waterschapslasten	37	34	28	28	23	29	28
- heffing boschap	4	3	3	2	2	3	3
- bosbrandverzekering	3	3	4	4	2	3	3
	<u>55</u>	<u>44</u>	<u>37</u>	<u>36</u>	<u>28</u>	<u>38</u>	<u>38</u>
Overige bedrijfskosten	20	13	14	12	13	14	13
Totaal exploitatiekosten:	413	212	239	236	193	253	261
Positief bedrijfsresultaat					5		
Totaal	<u>413</u>	<u>212</u>	<u>239</u>	<u>236</u>	<u>198</u>	<u>253</u>	<u>261</u>

Tabel 4.1 *Bedrijfsresultaat (euro per ha bos) particuliere bosbedrijven naar bosareaal, 2003 (vervolg)*

Opbrengsten	5-25 ha	25-50 ha	50-100 ha	100-250 ha	>=250 ha	Totaal 2003	Totaal 2002
Houtopbrengsten:							
- op stam, dunning	19	37	41	35	29	31	28
eindkap	6	0	0	7	0	2	2
- geveld, dunning	22	2	0	4	18	12	9
eindkap	2	0	0	0	0	0	0
- overige houtopbrengsten	0	2	0	1	1	1	1
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	50	41	42	46	47	46	39
Overige bedrijfsopbrengsten:							
- jachthuur	5	4	12	13	16	11	12
- kerstbomen en -groen	30	2	1	4	2	8	5
- recreatie, boscamping	8	0	16	11	3	7	6
- recreatie, overige opbrengst	9	0	3	9	8	7	11
- overige	0	0	2	7	24	10	9
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	52	7	35	44	54	43	42
Incidentele nevenopbrengsten							
Subsidies en bijdragen:							
- Regeling Functiebel./Beheer	54	58	70	70	77	68	69
- bijdrage OBN	0	9	11	3	5	5	15
- overige subsidies	32	4	8	18	15	16	22
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	86	71	88	91	97	89	106
Totaal bedrijfsopbrengsten	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	188	119	165	181	198	178	188
Negatief bedrijfsresultaat	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	225	93	74	55		75	73
Totaal	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	413	212	239	236	198	253	261

Tabel 4.2 *Kosten arbeid en loonwerk (euro per ha bos) alle bedrijven naar omvang bosareaal, 2003*

Kosten	5-25 ha	25-50 ha	50-100 ha	100-250 ha	>= 250 ha	Totaal 2003	Totaal 2002
Arbeid:							
Betaald loon eigen personeel:							
- beheer en leiding	1	1	2	9	11	6	6
- toezicht	3	16	22	25	27	20	18
- maatregelen OBN							
- bosverjonging	0	0	0	5	2	2	2
- bosverzorging	1		3	8	9	5	5
- houtoogst	6		1	4	6	4	6
- infrastructuur	5	5	5	9	8	7	6
- jacht en overig overhead	2	5	9	2	1	3	1
	<u>18</u>	<u>26</u>	<u>42</u>	<u>63</u>	<u>65</u>	<u>46</u>	<u>44</u>
Berekend loon:							
- beheer en leiding	21	12	18	9	5	12	11
- toezicht	28	21	12	5	2	12	10
- maatregelen OBN							
- bosverjonging	4	0	1			1	1
- bosverzorging	45	4	5	0	0	10	11
- houtoogst	28	6	2		0	7	3
- infrastructuur	14	17	2	1	0	6	5
- jacht en overig overhead							
	<u>140</u>	<u>59</u>	<u>40</u>	<u>15</u>	<u>8</u>	<u>47</u>	<u>41</u>
Loonwerk:							
- beheer en leiding	17	32	36	37	17	25	28
- toezicht	5	1	4	3	3	3	4
- maatregelen OBN		8	10	3	6	5	17
- bosverjonging	5	1	2	8	4	4	6
- bosverzorging	5	5	7	11	8	7	17
- houtoogst	15	2	4	4	6	7	6
- infrastructuur	89	19	35	31	15	36	30
- jacht en overig overhead	2	1	1	0	10	4	2
	<u>138</u>	<u>68</u>	<u>100</u>	<u>97</u>	<u>69</u>	<u>92</u>	<u>109</u>
Overige kosten:							
	117	59	57	61	51	68	68
Totaal	<u>413</u>	<u>212</u>	<u>239</u>	<u>236</u>	<u>193</u>	<u>253</u>	<u>261</u>

Outputs

PH = Private houtopbrengst; in euro per jaar

PO = Private Overige Opbrengsten; in euro per jaar

NW = Natuurwaarde

RW =Recreatiewaarde

Het probleem is echter dat voor natuurwaarden geen goede eenheid bekend is. Voor het meten van recreatiewaarden (bijv. aantal bezoeken) zijn de gegevens niet beschikbaar.

4.3 Welke efficiëntie willen we eigenlijk meten?

Eerst dient zich de vraag aan wat we nu precies willen meten. Zowel de technische efficiëntie, de allocatie-efficiëntie, de overall efficiëntie als de schaafefficiëntie kunnen worden gemeten. Pas wanneer we weten wat we willen, kunnen we de relevante in- en outputs kiezen.

In dit verband houdt de boscijneraar zich onder andere bezig met wat hij of zij wil met het bosbezit, welk natuurtype voor hem of haar het meest winstgevend is. De allocatie-inefficiëntie kan antwoord geven op de vraag of een multifunctioneel bos, een bos met verhoogde natuurwaarde of een natuurbos, de laagste inefficiëntie oplevert. Het gaat immers om de prijsverhouding tussen de diverse subsidies.

Een andere vraag is of het bos het gehele jaar of de normale 8 of 9 maanden voor het publiek opengesteld moet worden.¹ Openstelling gedurende het gehele jaar geeft immers recht op een aanvullende recreatiesubsidie, maar brengt ook extra kosten met zich mee.

Verder is er de vraag op welke manier een boscijneraar, gezien de omvang van zijn bosareaal, het werk moet uitbesteden: aan eigen personeel of in loonwerk (bosgroepen).

Tot slot de vraag of er werkelijk sprake is van economies of scale. Uit de huidige overzichten van het Bedrijven-Informatienet blijkt een duidelijk grootte-effect op het bedrijfsresultaat. Maar is dat er ook nog indien de berekende (overhead)kosten niet mee worden geteld?

4.4 Voorstel voor toepassing van DEA op Nederlandse bosbedrijven

Voor de toegepaste DEA in deze studie kunnen verschillende inputs en outputs worden onderscheiden. Naast houtopbrengsten (niet uit een natuurbos en beperkt bij een bos met verhoogde natuurwaarden) is er voor elk van de drie natuurdoeltypen verschillende rijkssubsidie (inclusief de recreatiesubsidie) en zijn er overige opbrengsten (jacht, kerstbomen, recreatie en dergelijke).

Een belangrijke input betreft de eigen arbeid. Uit vroegere studies bleek immers dat het wel of niet hebben van eigen personeel, in combinatie met het bedrijfsoppervlak, bepalend is voor het bedrijfsresultaat. Er is mogelijk een relatie tussen de aanwezigheid

¹ Helemaal niet openstellen wordt niet als optie meegenomen. Dat komt immers nauwelijks voor.

van eigen personeel en de mate waarin er zelf hout wordt geoogst en er extra opbrengsten (kerstbomen, recreatie en dergelijke) worden gerealiseerd. Ten slotte kan de aanwezigheid van eigen personeel ertoe leiden dat er eerder wordt gekozen om het bos het gehele jaar voor het publiek toegankelijk te maken. Er is immers toch iemand het gehele jaar aanwezig om toezicht te houden. Eigen personeel in loondienst komt met name voor op de grotere bosbedrijven. In hoofdstuk 5 wordt daarom ook een vergelijking gemaakt tussen efficiënte en inefficiënte bedrijven van gelijke omvang.

Werk door derden dient vanzelfsprekend onderscheiden te worden, hoewel de kosten van de rentmeester daarbinnen een duidelijk ander karakter hebben. De allocatie-afweging is immers de prijs van eigen arbeid (inclusief werktuigen) ten opzicht van de prijs van loonwerk. Verder is hier een relatie met opbrengsten uit (subsidies voor) effectgerichte maatregelen. Men kan overwegen om die (bijdrage OBN) ervan af te trekken (broekzak/vestzak). De overige kosten, voornamelijk vaste kosten voor de instandhouding van het bosbezit, kunnen door de eigenaar niet worden beïnvloed en verschillen nauwelijks per hectare. Die zijn dan ook niet interessant voor een efficiëntieberekening.

Op basis van het bovenstaande worden 3 outputs onderscheiden. In de eerste plaats (1) private houtverkopen, vervolgens (2) de overige private opbrengsten zoals betaalde jachthuur, kerstbomen en kerstgroen, recreatieopbrengsten en dergelijke, en ten slotte (3) worden alle rijkssubsidieopbrengsten opgeteld. Dus zowel subsidies ten behoeve van het natuurbehoud als voor de recreatie.

Als inputs is gekozen voor enerzijds (1) betaalde en berekende lonen voor eigen personeel en anderzijds voor (2) werk door derden (minus de opbrengsten uit de OBN). Daarnaast is (3) het aantal hectaren bos als input gekozen.

Naast de allocatie-inefficiëntie zijn ook de technische en de overall inefficiëntie berekend onder constante en variabele schaalopbrengsten, om de schaal efficiëntie af te leiden. Het model wordt op basis van de beschikbare data als volgt aangepast:

$$f(AL, LW, HA, PH, PO, RS) = 0 \quad (4.2)$$

Waarbij:

Inputs

AL = Arbeid (loon eigen personeel en berekend loon); in euro per jaar;

LW = Loonwerk, exclusief betaalde kosten voor een rentmeester; in euro per jaar;

HA = Oppervlakte van het bosbedrijf in hectaren.

Outputs

PH = Private houtopbrengsten; in euro per jaar;

PO = Private Overige Opbrengsten (geen 'overige' subsidies van lagere overheden¹); in euro per jaar;

RS = Rijkssubsidies in euro per hectare.

¹ Niet alle provincies en gemeenten geven subsidies aan boseigenaren: daar heeft de individuele boseigenaar dus weinig invloed op.

Particuliere bosbedrijven verschillen van bijv. melkvee- of akkerbouwbedrijven doordat activiteiten nogal onregelmatig in de tijd plaatsvinden. Jaarlijks kunnen de kosten en opbrengsten daardoor flink verschillen. Om daarmee rekening te houden kiezen we ervoor om de berekening van de efficiëntie uit te voeren op basis van de gemiddelde waarden van inputs en outputs over een meerjarige periode. Dat lost het probleem van onregelmatige kosten en opbrengsten gedeeltelijk op. Die periode wordt echter ook beperkt door (1) de geldontwaarding en (2) doordat er jaren nodig zijn met informatie over de drie SN pakketten. Die informatie is er vanaf 2001. Daarom is gekozen om het gemiddelde van de inputs en output in de periode 2001 tot en met 2004 voor de berekeningen te gebruiken.

5. Toepassing van de DEA-methode

5.1 Inleiding

In hoofdstuk 2 is ervoor gekozen om de DEA-methode te gebruiken. Die methode leek het meest geschikt voor toepassing op de bos- en natuursector gezien het beperkte aantal observaties en omdat er in deze sector sprake is van meerdere en niet altijd in geld uit te drukken outputs. In hoofdstuk 3 zijn allerlei buitenlandse toepassingen op de bosbouwsector onder de loep genomen. In hoofdstuk 4 is voorgesteld om voor het Nederlandse particuliere bosbedrijf 3 inputs and 3 outputs te onderscheiden. Tevens is in dat hoofdstuk als tijdshorizon de 'Programma Beheer periode' gekozen. In dit hoofdstuk (hoofdstuk 5) worden de output- en inputgeoriënteerde inefficiëntiescores berekend op basis van de in het vorige hoofdstuk voorgestelde in- en outputs. We behandelen de volgende vragen:

- Hoe verhouden zich de bosbedrijven onderling qua output - en inputgeoriënteerde inefficiëntie?
- Wat is de bijdrage van technische, allocatie- en schaalinefficiëntie aan de totale output of inputgeoriënteerde inefficiëntie?
- Zijn er bedrijfskenmerken die verschillen in efficiëntie kunnen verklaren?

Wat de laatste vraag betreft beperkt de analyse zich tot kenmerken die in de database voor handen zijn. Dit betekent bijv. dat we het aantal recreanten niet in de beschouwing kunnen betrekken. We onderzoeken de volgende mogelijke samenhangen:

- Hoe zijn de scores verdeeld naar regio en grootteklasse?
- Scores bedrijven met relatief veel (eigen) arbeid hoger of lager dan andere bedrijven?
- Scores bedrijven die zelf vellen hoger of lager dan bedrijven die dit uitbesteden?
- Scores bedrijven gelegen bij een stad hoger of lager dan elders liggende bedrijven?

Er wordt gewerkt met twee typen modellen: output- en een inputgeoriënteerd model. Bij het outputgeoriënteerde model wordt gekeken of, bij een bepaalde input, de hoeveelheid output verbeterd kan worden. Bij het inputgeoriënteerde model wordt juist gekeken of bij een bepaalde hoeveelheid output de efficiëntie verbeterd kan worden door minder of een andere verhouding tussen de inputs te gebruiken. In paragraaf 5.2 zijn de resultaten van die twee methoden weergegeven.

In 5.3 wordt ingegaan op de kenmerken van de meest efficiënte bedrijven per grootteklasse. Deze bedrijven vormen de benchmark voor de overige bedrijven in iedere grootteklasse. Inefficiënte bedrijven kunnen met name leren van de bedrijfsvoering op deze efficiënte bedrijven.

5.2 Berekening van de efficiëntiescores

5.2.1 De beschikbare data

Het jaarlijks bedrijfsuitkomstenonderzoek particuliere bosbouwbedrijven omvat zo'n 150 bedrijven. In grootte variëren deze van 5 hectare tot 1.000 hectare en meer. Bij het kiezen van de in- en outputs is er rekening mee gehouden om zoveel mogelijk waarnemingen in het onderzoek te kunnen gebruiken. De DEA-methode vereist dat de waarnemingen van de inputs groter zijn dan nul. De reden is dat bedrijven zonder kosten of zonder opbrengsten als volledig efficiënt (er kan immers niets meer op inputs worden bespaard) of volledig inefficiënt worden aangemerkt. Om die reden zijn bedrijven met een zeer kleine waarde of een waarde van nul van een of meer inputs of outputs niet meegenomen. De efficiëntiescores zouden anders een sterk vertekend beeld geven.

Van de steekproefbedrijven die in de jaren 2001 t/m 2004 zijn uitgewerkt, zijn er 84 geschikt om in de analyse te betrekken (tabel 5.1). Dat wil zeggen dat 84 bedrijven gedurende de gehele periode waren opgenomen in de steekproef. Van deze bedrijven selecteerden we de volgende inputs:

- totale arbeidskosten (berekende eigen arbeid en betaalde arbeid). Deze post is inclusief machinekosten en overige kosten;
- kosten van loonwerk;
- bedrijfsgrootte (in hectaren).

De outputs, waaraan de inputs gerelateerd zijn, onderscheiden we in:

- opbrengsten uit houtverkopen;
- totaal ontvangen subsidiebedrag;
- overige opbrengsten (zoals jachthuur, recreatie, kerstbomen e.d.).

Tabel 5.1 Aantal waarnemingen, naar regio en grootteklasse

Regio	Grootteklasse					Totaal
	5-25 ha	25-50 ha	50-100 ha	100-250 ha	250 ha en meer	
Zuid	1	2	5	4	4	16
Centrum	2	2	8	12	11	35
Noord	3	3	7	8	12	33
Totaal	6	7	20	24	27	84

Niet alle combinaties van grootteklassen en regio's omvatten minimaal 10 bedrijven (tabel 5.1). Wanneer er minder dan 10 waarnemingen zijn, bestaat enerzijds de kans dat de steekproefbedrijven de werkelijkheid minder betrouwbaar representeren; anderzijds bieden die uitkomsten mogelijk wel een indicatie van de werkelijke situatie, zodat weglaten de beschikbare informatie tekort zou doen.

5.2.2 Output georiënteerde efficiëntiescores

De resultaten van het outputgeoriënteerde model zijn te vinden in tabel 5.2. De totale (overall) inefficiëntie is de som van de schaalinefficiëntie, technische inefficiëntie en allocatie-inefficiëntie. Daarnaast is de inefficiëntie van individuele outputs berekend. Ook deze tellen we op tot de totale inefficiëntie. Een positieve (negatieve) waarde van de individuele outputinefficiëntie duidt op een lage (grote) hoeveelheid van de betreffende output bij de gebruikte hoeveelheid inputs. De inefficiëntiescores zijn berekend voor de volgende groepen bedrijven:

- die wel en niet zelf vellen
- grootteklassen
- regio's
- stedelijke versus niet-stedelijke bedrijven (5 respectievelijk 6 bedrijven)¹

De p-values geven aan of er sprake is van significante verschillen tussen de diverse groepen. Een p-value lager dan 0,10 duidt op een statistisch significant verschil (uitgaande van een kritische grens van 10%).

De gemiddelde inefficiënties in tabel 5.2 laten zien dat de allocatie-inefficiëntie het grootste onderdeel is van de totale inefficiëntie. Een waarde van 0,37 betekent dat de opbrengsten met 37% kunnen stijgen, indien een betere mix van de opbrengsten wordt gekozen bij gegeven hoeveelheden van de inputs en gegeven prijzen.

Het ontbreken van technische inefficiëntie zou gemiddeld tot 28% hogere opbrengsten kunnen leiden. In dit verband moeten we bedenken dat bosbedrijven gemiddeld jaarlijks minder oogsten dan wat de bijgroei toelaat; kortom: dan wat technische mogelijk is.

Een optimale schaalgrootte van de bosbedrijven kan zorgen voor 23% hogere opbrengsten. Zoals eerder aangegeven is de spreiding in bedrijfsgrootte tussen particuliere bosbedrijven enorm. In verband hiermee zijn er dan ook significante verschillen in de inefficiënties tussen grootteklassen. Kleine bedrijven hebben een hogere schaalinefficiëntie, maar een lagere technische en allocatie-inefficiëntie. De optimale schaal ligt ongeveer tussen 50 en 100 hectare. Deze groep bedrijven heeft de laagste schaalinefficiëntie.

Tabel 5.2 geeft ook inzicht in de bijdragen van individuele outputs aan de overall inefficiëntie. De inefficiëntie van hout en overige outputs is het grootst, terwijl de inefficiëntie van het subsidiegebruik gemiddeld erg laag is. Dat duidt erop dat de houtproductie en de productie van overige outputs fors kan worden verbeterd (verhoogd), terwijl een hoger subsidiebedrag nauwelijks tot de mogelijkheden behoort. Er kan iets meer subsidie worden verkregen met de pakketten “natuurbos” en “bos met verhoogde natuurwaarden” dan met het pakket “multifunctioneel bos”. De consequentie daarvan is echter dat die eerste twee pakketten de houtoogst volledig of sterk beperken.

¹ Deze groep bedrijven maakt onderdeel uit van de analyse en zijn eerder geanalyseerd door De Jong en Van Wijk (2006). De vraag is of de in die studie geconstateerde verschillen ook in deze efficiëntieanalyse zichtbaar worden.

Er blijken ook significante verschillen in de inefficiënties tussen regio's. Bedrijven in de regio Midden hebben een significant lagere schaal en allocatie-inefficiëntie en presteren gemiddeld significant beter. Dus moet dat duiden op de aanwezigheid van relatief veel middelgrote bedrijven (tussen de 50 en 100 hectare) die zich vooral richten op hout- en overige opbrengsten. Bedrijven in de regio's Zuid en Noord ontvangen naar verhouding veel subsidies; deze regio's kunnen de totale opbrengst verhogen door zich meer te gaan richten op de productie van hout en overige outputs.

Tot slot hebben stedelijke bedrijven gemiddeld een wat lagere inefficiëntie in subsidies dan niet stedelijke bedrijven. Dat wil zeggen dat bosbedrijven in een stedelijke omgeving naar verhouding veel subsidies ontvangen. Dit resultaat is echter gebaseerd op een zeer klein aantal bedrijven (11) en het verschil is net niet significant bij een kritische grens van 10%. Beide groepen van de beperkte selectie maakten overigens veel gebruik van subsidies. Er zijn geen significante verschillen in inefficiëntie gevonden tussen bedrijven die zelf vellen en bedrijven die dat niet doen.

Tabel 5.2 *Output georiënteerde inefficiëntie*

	Overall inefficiëntie	Schaal- ineffi- ciëntie	Tech- nische ineffi- ciëntie	Allocatie ineffi- ciëntie	Overall ineffi- ciëntie hout	Overall ineffi- ciëntie overige outputs	Overall ineffi- ciëntie subsidies
<i>Zelf vellen</i>							
Niet	0,91	0,21	0,31	0,38	0,51	0,36	0,04
Wel	0,83	0,26	0,22	0,35	0,43	0,38	0,02
p value	0,72	0,14	0,93	0,90	0,43	0,12	0,41
<i>Grootteklasse</i>							
5-25 ha	0,44	0,36	0,00	0,08	0,28	0,13	0,03
25-50 ha	0,77	0,23	0,08	0,45	0,48	0,08	0,21
50-100 ha	0,67	0,04	0,29	0,34	0,39	0,26	0,02
100-250 ha	1,26	0,18	0,53	0,55	0,61	0,56	0,09
> 250 ha	0,82	0,40	0,15	0,27	0,48	0,41	-0,06
p value	0,20	0,00	0,02	0,03	0,41	0,07	0,20
<i>Regio</i>							
zuid	0,97	0,26	0,26	0,46	0,48	0,52	-0,03
midden	0,71	0,16	0,26	0,29	0,41	0,21	0,09
noord	1,01	0,29	0,31	0,41	0,56	0,46	-0,01
p value	0,01	0,09	0,25	0,05	0,04	0,04	0,09
<i>Stedelijk</i>							
niet	0,85	0,37	0,12	0,36	0,52	0,47	-0,14
wel	0,99	0,57	0,20	0,22	0,54	0,49	-0,04
p value	0,83	0,52	0,82	0,34	0,67	1,00	0,39
<i>Gemiddeld</i>	0,88	0,23	0,28	0,37	0,48	0,37	0,03

5.2.3 Input georiënteerde efficiëntiescores

In het inputgeoriënteerde model is de totale (overall) inefficiëntie van de inputs berekend en gesplitst in schaalinefficiëntie, technische inefficiëntie en allocatie-inefficiëntie. De som van deze onderdelen is gelijk aan de totale inputgeoriënteerde inefficiëntie. Tevens is de inefficiëntie van de individuele inputs berekend.

De som van de individuele inputinefficiënties is eveneens gelijk aan de totale inefficiëntie. Een positieve (negatieve) waarde van de individuele inputinefficiëntie duidt op overgebruik (ondergebruik) van de betreffende input bij een gegeven output.

Tabel 5.3 *Input georiënteerde inefficiëntie*

	Overall inefficiëntie	Schaal inefficiëntie	Technische inefficiëntie	Allocatie inefficiëntie	Overall inefficiëntie arbeid + ovk	Overall inefficiëntie loonwerk
<i>Zelf vellen</i>						
Niet	0,61	0,20	0,25	0,16	0,42	0,19
Wel	0,63	0,25	0,27	0,11	0,50	0,13
p value	0,54	0,23	0,84	0,12	0,31	0,15
<i>Grootteklasse</i>						
5-25 ha	0,48	0,35	0,00	0,13	0,34	0,14
25-50 ha	0,49	0,29	0,07	0,13	0,27	0,21
50-100 ha	0,52	0,03	0,33	0,16	0,38	0,14
100-250 ha	0,70	0,10	0,35	0,25	0,55	0,15
> 250 ha	0,68	0,41	0,22	0,05	0,49	0,19
p value	0,18	0,00	0,01	0,00	0,14	0,80
<i>Regio</i>						
zuid	0,74	0,24	0,37	0,13	0,46	0,27
midden	0,54	0,19	0,21	0,14	0,44	0,11
noord	0,64	0,23	0,25	0,16	0,46	0,18
p value	0,05	0,57	0,23	0,64	0,94	0,06
<i>Stedelijk</i>						
niet	0,60	0,35	0,16	0,09	0,41	0,18
wel	0,76	0,37	0,30	0,09	0,52	0,24
p value	0,39	0,52	0,65	0,39	0,67	1,00
<i>Gemiddeld</i>	0,62	0,22	0,26	0,14	0,45	0,17

De resultaten in tabel 5.3 laten zien dat allocatie-inefficiëntie de kleinste component is van de totale inefficiëntie in inputs. De verhouding tussen de inputs draagt het minst bij aan de totale inefficiëntie. Verder zijn er significante verschillen in inefficiëntie tussen grootteklassen en tussen regio's.

Middelgrote bedrijven hebben de kleinste schaalinefficiëntie. De optimale schaal ligt ook hier tussen 50 en 100 hectare. Kleine bedrijven (< 50 ha) hebben een lagere technische inefficiëntie dan de grotere bedrijven, ofwel, ze realiseren een bepaalde output met een kleinere inzet van middelen. De grootste bedrijven (> 250 ha) hebben daarentegen de kleinste allocatie inefficiëntie, wat betekent dat ze de beste mix van inputs hebben.

Bedrijven in de regio Midden hebben gemiddeld een lagere overall inefficiëntie en presteren dus beter. Met name de schaal- en technische inefficiëntie dragen hier aan bij. Er zijn geen significante verschillen gevonden tussen bedrijven die zelf vellen en bedrijven die niet zelf vellen, evenmin als tussen stedelijke en niet stedelijke bedrijven.

Positieve waarden van de inputspecifieke inefficiënties duiden op een overgebruik van de inputs. De inefficiëntie van het gebruik van loonwerk is gemiddeld veel lager dan de inefficiëntie van vreemde arbeid en overige kosten. Dat betekent dat de inzet van eigen arbeid doorgaans minder efficiënt is dan het gebruik van loonwerk. Bedrijven in de regio midden hebben gemiddeld een lagere inefficiëntie van loonwerk dan bedrijven in de overige regio's. Er zijn geen significante verschillen in de inputgeoriënteerde inefficiënties tussen stedelijke en niet-stedelijke bedrijven.

5.3 Eigenschappen van efficiënte bedrijven

In de voorgaande paragraaf zijn verschillende (in)efficiënties weergegeven voor verschillende groepen bedrijven. Deze paragraaf geeft per grootteklasse een interpretatie van de inefficiëntiescores van efficiënte bosbouwbedrijven. Geanalyseerd wordt waarin efficiënte bedrijven verschillen van de overige bedrijven.

Het bovenste element van tabel 5.4 geeft de gemiddelde waarden weer van de outputs en inputs op de bedrijven voor de verschillende grootteklassen. De twee elementen daaronder geven voor respectievelijk het input- (bovenste) en outputgeoriënteerde model (onderste deel) de procentuele afwijkingen weer van de technisch, schaal- en allocatief-efficiënte bedrijven van de groepsgemiddelden. Als voorbeeld realiseren de bedrijven groter dan 250 ha € 30.284,- per jaar aan opbrengsten uit hout. De technisch efficiënte bedrijven van die groep realiseren 35,64% hogere opbrengsten uit hout dan het gemiddelde van de “bedrijven groter dan 250 ha”.

De resultaten in tabel 5.4 laten zien dat de gehele groep van de kleinste bedrijven technisch efficiënt produceren in zowel het output- als het inputgeoriënteerde model¹. Tabel 5.4 laat ook zien dat de efficiënte bedrijven vrijwel allemaal een hogere output behalen, waarbij de grootste winst wordt behaald in de productie van de overige output. Vrijwel alle technische efficiënte bedrijven, behalve die in de grootteklasse van 50-100 ha, gebruiken echter ook meer inputs. Vooral het grotere gebruik van arbeid en loonwerk door de efficiënte bedrijven in de grootteklasse van 100-250 ha vallen daarbij op.

De resultaten van schaalinefficiëntie laten een wisselend beeld zien. Opvallend is bij de zeer grootschalige bedrijven (> 250 ha) dat de schaal-efficiënte bedrijven minder produceren van alle outputs. Daarnaast hebben zij een minder groot areaal en minder kosten voor arbeid en machines dan de minder efficiënte bedrijven in die groep. Voor de zeer kleinschalige bedrijven (5-25 ha) geldt het tegenovergestelde: de schaal-efficiënte bedrijven binnen de groep produceren meer outputs en hebben een groter areaal en meer kosten van arbeid en machines dan de overige bedrijven van de groep. Verder valt ook op dat schaal-efficiënte bedrijven in de kleinste en de op één na grootste grootteklasse veel

¹ De inputs en outputs van de efficiënte bedrijven wijken niet af van het gemiddelde.

Tabel 5.4 Gemiddelden van in- en outputs per grootteklasse en de afwijking (%) van de technische, schaal- en allocatie-efficiënte bedrijven per grootteklasse van het groepsgemiddelde voor de input- en outputgeoriënteerde modellen. Voor zelf vellen geldt: 1=(deels) zelf vellen; 0=niet zelf vellen. Voor regio geldt: 0= zuid, 1=midden, 2=noord

Grootteklasse	Hout (euro/jr)	Overige (euro/jr)	Subsidies (euro/jr)	Areaal (ha)	Arbeid (€/jr)	Loonwerk (euro/jr)	Zelfvellen (geen dim.)	Regio (geen dim.)
5-25 ha	1.114	2.868	2.982	18	5.924	4.098	0,50	1,33
25-50 ha	1.749	452	2.826	35	3.349	1.441	0,29	1,14
50-100 ha	3.468	2.355	6.776	72	8.022	3.420	0,20	1,10
100-250 ha	6.804	7.467	12.898	144	21.497	8.729	0,25	1,17
> 250 ha	30.284	18.249	58.645	581	57.333	32.394	0,63	1,30
Input georiënteerd model								
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Technische inefficiëntie</i>								
5-25 ha	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25-50 ha	-13,53	-9,48	1,89	-2,05	2,49	5,91	40,00	-12,50
50-100 ha	29,16	105,88	8,34	5,86	-19,29	-1,18	-37,50	13,64
100-250 ha	35,99	146,90	19,41	-9,61	34,67	55,70	60,00	2,86
> 250 ha	35,64	59,62	31,30	26,29	16,14	17,57	-20,59	-22,86
<i>Schaal inefficiëntie</i>								
5-25 ha	-14,62	186,15	93,06	-19,56	71,68	163,44	0,00	-25,00
25-50 ha	201,27	-48,63	-8,62	-23,91	-37,77	127,86	250,00	75,00
50-100 ha	42,64	131,24	20,51	13,97	-0,92	31,85	42,86	-22,08
100-250 ha	71,86	410,24	-21,38	25,91	27,90	122,35	100,00	-14,29
> 250 ha	-87,11	-77,74	-64,11	-56,61	-87,65	25,10	-100,00	54,29
<i>Allocatie inefficiëntie</i>								
5-25 ha	-16,96	44,21	22,26	-12,30	13,95	44,40	0,00	12,50
25-50 ha	15,54	-12,81	27,28	-1,37	-26,29	43,32	16,67	16,67
50-100 ha	41,97	161,60	16,21	7,76	-11,31	26,96	-16,67	6,06
100-250 ha	164,25	901,03	25,96	20,23	72,61	284,48	300,00	-14,29
> 250 ha	38,34	60,91	41,33	35,80	39,00	23,65	-13,37	-8,83
Output georiënteerd model								
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Technische inefficiëntie</i>								
5-25 ha	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25-50 ha	-13,53	-9,48	1,89	-2,05	2,49	5,91	40,00	-12,50
50-100 ha	29,16	105,88	8,34	5,86	-19,29	-1,18	-37,50	13,64
100-250 ha	35,99	146,90	19,41	-9,61	34,67	55,70	60,00	2,86
> 250 ha	35,64	59,62	31,30	26,29	16,14	17,57	-20,59	-22,86
<i>Schaal inefficiëntie</i>								
5-25 ha	-14,62	186,15	93,06	-19,56	71,68	163,44	0,00	-25,00
25-50 ha	-93,91	-90,59	49,14	-12,64	-26,98	36,47	-100,00	-100,00
50-100 ha	53,71	-64,59	11,94	-3,75	-44,57	-29,28	-100,00	-9,09
100-250 ha	164,25	901,03	25,96	20,23	72,61	284,48	300,00	-14,29
> 250 ha	-87,11	-77,74	-64,11	-56,61	-87,65	25,10	-100,00	54,29
<i>Allocatie inefficiëntie</i>								
5-25 ha	4,25	45,41	15,05	-7,27	12,79	36,14	0,00	-25,00
25-50 ha	15,54	-12,81	27,28	-1,37	-26,29	43,32	16,67	16,67
50-100 ha	53,71	-64,59	11,94	-3,75	-44,57	-29,28	-100,00	-9,09
100-250 ha	164,25	901,03	25,96	20,23	72,61	284,48	300,00	-14,29
> 250 ha	36,10	99,16	29,60	43,48	18,71	-10,14	-47,06	-22,86

meer overige outputs produceren dan andere bedrijven binnen hun groep. Opvallend is ook dat de kosten van loonwerk in bijna alle gevallen groter zijn op de schaafefficiënte bedrijven. De resultaten in tabel 5.4 laten zien dat de allocatie-efficiënte bedrijven een hogere productie van alle outputs hebben en meer subsidies ontvangen. Ook hier valt op dat de allocatie-efficiënte bedrijven meer gebruik maken van loonwerk dan de inefficiënte bedrijven.

Samenvattend kunnen we stellen dat de efficiënte bedrijven in de kleinste grootteklasse overwegend meer produceren (per hoeveelheid input) en meer inputs gebruiken (per hoeveelheid output), terwijl de bedrijven in de grootste grootteklasse juist minder produceren en minder inputs gebruiken. Op vrijwel alle technische, schaal- en Allocatie-efficiënte bedrijven wordt relatief veel gebruik gemaakt van loonwerk. De efficiënte bedrijven zijn verhoudingsgewijs vaker in het Zuiden en Midden te vinden en nemen het vellen relatief vaak zelf ter hand.

5.4 Conclusies

Uit de analyses komen resultaten naar voren die doorgaans goed te verklaren zijn vanuit de bestaande kennis van bosbedrijven. Daarnaast zijn er echter ook enkele opmerkelijke resultaten. Een voorbeeld van de 1^e categorie is dat de kleinste bedrijven de laagste inefficiëntie laten zien voor wat betreft de houtopbrengst (tabel 5.2). Dit is in overeenstemming met de jaarlijkse rapportage van het Bedrijven-Informatienet, waarin de kleine bedrijven per hectare in het algemeen hogere opbrengsten uit houtverkopen laten zien. Een voorbeeld van de 2^e categorie is dat bedrijven van 50-100 ha gemiddeld de laagste schaalinefficiëntie blijken te hebben (tabel 5.2 en tabel 5.3). Dat is opmerkelijk, maar niet onmogelijk; ze hebben voor het uitvoeren van allerlei werkzaamheden schaalvoordelen ten opzichte van kleinere bedrijven, terwijl grotere bedrijven het nadeel hebben dat ze (gemiddeld) veelvuldig over eigen personeel beschikken. Eveneens een voorbeeld van de 2^e categorie is dat bedrijven in de regio Midden een lagere schaal- en allocatie-inefficiëntie blijken te hebben en daardoor beter presteren dan de andere regio's. Dit komt minder goed overeen met de jaarlijkse rapportages van het Bedrijven-Informatienet. Daarin blijkt weliswaar dat bedrijven in de regio Midden doorgaans hogere (veelal 'overige') opbrengsten hebben, maar daar staan meestal ook hogere kosten tegenover. De lagere overall inefficiëntie van overige opbrengsten bij de bedrijven van de regio Midden is te verklaren door de hogere overige opbrengsten die deze bedrijven doorgaans realiseren.

Outputgeoriënteerd model

In het outputgeoriënteerde model is de allocatie-inefficiëntie de grootste component van de totale inefficiëntie (tabel 5.2). De efficiëntie kan dus met name stijgen door een betere combinatie van opbrengsten te realiseren. Dit wordt bevestigd door de bijdrage van de verschillende opbrengsten aan de inefficiëntie. Daar blijkt de overall inefficiëntie van hout het hoogst (tabel 5.2). De reden daarvoor is dat de mogelijkheden van de houtoogst niet volledig benut worden, omdat gemiddeld minder dan de helft van de bijgroei wordt geoogst. Dit terwijl de opbrengsten door verkoop op stam eenvoudig en tegen lage kosten

verhoogd kunnen worden. De schaalinefficiëntie blijkt outputgeoriënteerd model van minder belang.

De overall inefficiëntie van subsidies is erg laag doordat de meeste bedrijven gebruik maken van dezelfde regelingen. Grote bedrijven richten zich verhoudingsgewijs vaker op het realiseren van een zo groot mogelijk subsidiebedrag. Ze realiseren daardoor een negatieve inefficiëntie, ofwel, de totale inefficiëntie kan worden verbeterd door meer houtopbrengsten en meer overige opbrengsten te generen. Dit houdt enerzijds verband met dat er tegenover subsidies ook kosten staan om te voldoen aan de voorwaarden van de subsidies (bijvoorbeeld openstelling gedurende het gehele jaar). Anderzijds leiden hogere subsidies voor bijvoorbeeld natuurbos tot gederfde houtinkomsten, omdat dat pakket voorschrijft dat het hout het bos niet mag verlaten.

Inputgeoriënteerde model

Bij het inputgeoriënteerde model blijkt de allocatie-inefficiëntie relatief laag, zodat geconcludeerd kan worden dat de mix van gebruikte arbeid en loonwerk in het algemeen vrij goed is (tabel 5.3). Kijken we naar de bijdrage van de verschillende inputs aan de inefficiëntie, dan blijkt de inefficiëntie van arbeid en overige kosten hoger dan die van loonwerk. De mogelijke verklaring hiervoor is dat in veel gevallen tegenover kosten voor loonwerk opbrengsten uit hout of effectgerichte subsidies staan, terwijl eigen arbeid mogelijk wat meer wordt ingezet voor werkzaamheden waar geen opbrengsten tegenover staan. De inefficiëntie van bedrijven in de regio Midden is lager dan die van de overige bedrijven. De technische inefficiëntie is het laagst bij de kleinste bedrijven, terwijl de allocatie-inefficiëntie het laagst is bij de grootste bedrijven. Hier is geen duidelijke verklaring voor.

Geen verschillen gevonden

Er zijn geen duidelijke verschillen gevonden tussen bedrijven die zelf oogsten en bedrijven die dat niet doen. In het algemeen wordt hout niet zelf geoogst, maar op stam verkocht. Zelf oogsten wordt in het algemeen als niet efficiënt gezien, maar dat blijkt dus niet uit de analyses. Dat kan doordat bedrijven alleen zelf oogsten als ze dit op een efficiënte wijze kunnen (laten) doen. Voorbeelden hiervan zijn oogsten door een praktijkschool, of de oogst van dikke bomen, waarvan de oogstkosten in eigen beheer per kuub hout laag zijn.

Ook tussen stedelijke en niet-stedelijke bedrijven zijn geen duidelijke verschillen gevonden. De stedelijke bedrijven hebben in het inputgeoriënteerde model wel een hogere inefficiëntie dan de niet-stedelijke bedrijven, maar het verschil is niet significant. Het komt overeen met wat De Jong en Van Wijk (2006) vonden bij een analyse van die bedrijven.

Eigenschappen van efficiënte bedrijven

Efficiënte bedrijven behalen allemaal een hogere output dan de overige bedrijven. Maar ook het gebruik van de inputs van de efficiënte bedrijven is hoger. Dit komt overeen met wat De Jong en Van Wijk vonden bij de vergelijking tussen stedelijke en niet-stedelijke bedrijven. Hoewel de stedelijke bedrijven hogere kosten hadden, was het bedrijfsresultaat beter door hogere opbrengsten. Het lijkt dus lonend om meer extra opbrengsten te genereren. In veel gevallen blijkt de extra input op efficiënte bedrijven te bestaan uit meer loonwerk.

Slot

Uit dit hoofdstuk blijkt dat de (in)efficiëntie tussen de bosbedrijven sterk verschilt. Een overall inefficiëntie van 0,88 (outputgeoriënteerd model) of 0,62 (inputgeoriënteerd model) is hoog in vergelijking met bijvoorbeeld landbouwbedrijven. Bij het outputgeoriënteerd model speelt vooral de allocatie-inefficiëntie een rol, en kunnen opbrengsten uit hout en overige opbrengsten worden verhoogd. Bij het inputgeoriënteerd model is de technische inefficiëntie groot en kunnen vooral de arbeidskosten en overige kosten verlaagd worden.

Ten slotte zijn er enkele relaties gevonden tussen (in)efficiënties en bedrijfskenmerken. Met name de regio blijkt van invloed op de overall inefficiëntie, terwijl de grootteklasse van de bedrijven verband houdt met de schaal-, technische- en allocatie-inefficiëntie.

6. Conclusies

6.1 Bespreking

Dit rapport is een verkenning van de mogelijkheid om efficiëntie van bos- en natuurbeheerbedrijven te meten. Uit het literatuuroverzicht is duidelijk dat het meten van efficiëntie ook in het buitenland met succes is toegepast op bos- en/of natuurbedrijven.

Binnen deze studie is efficiëntie gedefinieerd als het verschil tussen de feitelijke en de optimale verhouding tussen productie en inzet van middelen. Met name de DEA-methode leek op basis van de kenmerken van de methoden en de voor handen zijnde data geschikt om de efficiëntie van bedrijven te bepalen.

Met de DEA-methode wordt uit een groep bedrijven bepaald hoe efficiënt deze bedrijven zijn. Dit gebeurt door te analyseren welke combinaties van verschillende inputs leiden tot de hoogste outputs, of met welke inputs een bepaalde output behaald kan worden.

De kosten en opbrengsten van een bosbedrijf kunnen echter van jaar tot jaar sterk verschillen. Door gegevens van 1 jaar te gebruiken zou de optimale verhouding tussen inputs en outputs overschat worden, omdat deze verhouding dan gebaseerd wordt op bedrijven die in dat betreffende jaar hoge opbrengsten en lage kosten hebben. Dit effect is beperkt door te werken met gemiddelde bedrijfsresultaten over een periode van 4 jaar. Daarmee is het probleem nog niet geheel verholpen. Probleem blijft in de bosbouw dat de tijd tussen investeringen en opbrengsten erg groot kan zijn. Toepassing van de methode op langere reeksen van waarnemingen is daarom wenselijk.

De methode is toegepast op 84 bedrijven uit het Bedrijven-Informatienet van het LEI. Omdat het gaat om een selectie van bedrijven die in de periode van 2001-2004 in de database zijn opgenomen, zijn de resultaten niet geheel representatief voor het geheel aan bedrijven in het Bedrijven-Informatienet.

De toegepaste methode geeft een goed beeld van de (in)efficiëntie van de bosbedrijven. Voor ieder individueel bedrijf kan een maat van efficiëntie aangegeven worden. Daarnaast kunnen ook de verschillende soorten efficiëntie beoordeeld worden, zodat een bedrijf inzicht krijgt in de oorzaken van de inefficiëntie.

In het algemeen is de inefficiëntie groot (bijvoorbeeld in vergelijking met landbouwbedrijven). Dit kan voor een deel verklaard worden door de sterk wisselende jaarcijfers van bosbedrijven. Analyse van langere reeksen bedrijfscijfers komt de resultaten ten goede.

We verwachten dat bij andere natuurtypen, zoals grasland, de jaarcijfers minder sterk wisselen dan bij bos, doordat ze van jaar op jaar een gelijkmatig beheer kennen. Maar er zijn ook natuurtypen, zoals heide, die sterk wisselende jaarcijfers kennen, doordat maatregelen zoals plaggen met lange tussenpozen worden uitgevoerd. Afhankelijk van de typen natuur die in de analyses betrokken worden, kan de toegepaste DEA-methode meer of minder succesvol worden toegepast op gemengde natuurbedrijven.

De berekende efficiëncyscores van de bedrijven zijn gekoppeld aan een beperkt aantal kenmerken van de bedrijven (grootte, zelf vellen, stedelijkheid voor enkele bedrijven en regio). Daarnaast zijn er nog diverse andere factoren die een relatie kunnen hebben met de efficiëntie. Deze factoren hebben we niet in de analyses opgenomen, omdat de gegevens niet direct voor handen zijn. Hekhuis (1991) noemt bijvoorbeeld de samenstelling van het bos, doelen van de eigenaar en bodem.

Met name de uitgangssituatie kan relevant zijn (hoe ziet het bos er uit, welke boomsoorten, welke kwaliteiten?). Maar ook relevant is de verandering van het bos in de beschouwde periode. Wat is bijvoorbeeld de houtvoorraad aan het begin en aan het eind van die periode? Een bosbeheerder kan immers in veel gevallen gemakkelijk de output verhogen door hout (op stam) te verkopen, maar de input daarvan (verlaging van de houtvoorraad) blijft dan buiten beschouwing.

De methode kan worden toegepast op natuurbedrijven, die verschillende oppervlakten van verschillende natuurtypen als output genereren. De bedrijven moeten de volledige reeks van outputs ook daadwerkelijk produceren, anders moeten categorieën worden samengevoegd. Als de outputs erg verschillen tussen bedrijven is het beter om bijvoorbeeld twee of drie meer homogene groepen te maken en de efficiëntie per groep te bepalen. Als er analyses worden uitgevoerd van bedrijven met natuurtypen die (net als bij bos) sterk wisselende jaarlijkse kosten en opbrengsten hebben, vereist dit dat van die bedrijven gegevens van meerdere jaren beschikbaar zijn.

Bedrijven die eenzelfde soort natuur realiseren, kunnen dan met elkaar worden vergeleken. Zo kunnen bedrijven met 10 ha gras en 90 ha bos vergeleken worden met bedrijven met 10 ha bos en 90 ha gras.

6.2 Conclusies

Een vergelijking van de verschillende mogelijkheden om efficiëntie te meten resulteert in de conclusie dat de DEA-methode zinvol is voor bosbedrijven uit het Bedrijven-Informatienet van het LEI. In dit rapport is een inputgeoriënteerd en een outputgeoriënteerd model toegepast. Beide vergroten het inzicht in het functioneren van particuliere bosbedrijven. De meest opvallende resultaten zijn:

- De overall inefficiëntie van de bosbedrijven is hoog in vergelijking met bijvoorbeeld landbouwbedrijven. Een van de oorzaken hiervan kan zijn de jaarlijks wisselende bedrijfsresultaten.
- Allocatie-inefficiëntie is groter in outputs dan in inputs. Dit betekent dat de efficiëntie van een bosbedrijf eerder verbeterd kan worden door een meer optimale combinatie van de outputs dan door een andere combinatie van inputs.
- Bij de outputs is de inefficiëntie groot in houtopbrengst en overige outputs en relatief laag in subsidies.
- Grote bedrijven richten zich te veel op het binnenhalen van subsidies. De overall inefficiëntie kan bij hen worden verbeterd door zich minder op het verkrijgen van subsidies te richten.

- Inefficiëntie is lager in loonwerk dan in arbeid en machines. Met name op arbeid en machines kan de efficiëntie verbeterd worden, terwijl loonwerk relatief efficiënt wordt gebruikt.
- De optimale schaalefficiëntie wordt gevonden bij een bedrijfsgrootte van 50-100 ha.
- Kenmerken van efficiënte bedrijven zijn:
 - ze liggen vaker in de regio's Zuid en Midden
 - ze vellen vaker zelf
 - ze maken meer gebruik van loonwerk
 - ze zijn niet al te groot

De DEA-methode is geschikt om bosbedrijven naar efficiëntie te classificeren. Voor de verklaring van de scores blijft deze studie beperkt tot een eerste voorzichtige verkenning. Doordat voor ieder bedrijf een efficiëntiescore wordt bepaald, kan de relatie worden onderzocht tussen de efficiëntie en andere bedrijfskenmerken. Daarvoor is verder onderzoek nodig.

Er kunnen met de DEA-methode verschillende efficiënties gemeten worden. Uit de resultaten blijkt dat zowel de overall efficiëntie, de technische, de allocatie- en de schaalefficiëntie interessante informatie opleveren.

6.3 Perspectief

Om de efficiëntie van bos- en natuurbedrijven te meten, voldoen partiële kengetallen niet. De reden is dat er sprake is van diverse inputs en outputs die vaak ook nog eens in verschillende meeteenheden worden uitgedrukt. DEA is daarvoor wel een geschikt meetinstrument. DEA produceert voor iedere bedrijf op een integrale wijze een efficiëntiescore. Deze score geeft aan waarmee de ingezette middelen van een individueel bedrijf kunnen worden gereduceerd zonder de productie aan te tasten. Een grote hoeveelheid informatie wordt hiermee verdicht tot een eenvoudig interpreteerbaar getal. DEA is gebaseerd op de vergelijking van de totale productiviteit van bedrijven. Daarbij worden de gewichten om verschillende ingezette middelen en producten te aggregeren door de data bepaald en niet van tevoren op een arbitraire wijze vastgelegd.

Toekomstig onderzoek maakt mogelijk duidelijk wat de kenmerken zijn van bedrijven die een constant en een grillig verloop van de efficiëntiescore in de tijd hebben.

Het Bedrijven-Informatienet bevat geen gegevens over natuur anders dan bos. Er kan vraag komen naar de toepassing van de DEA-analyse op bedrijven of beheerseenheden die een breder pakket aan natuurdoeltypen kennen. Immers, ook voor dergelijke bedrijven is kennis over de efficiëntie en factoren die daar invloed op hebben relevant. De DEA-methode kan naar verwachting succesvol worden toegepast op dergelijke meer gemengde natuurbedrijven.

Het lijkt zinvol om de analyse uit te voeren op gegevens van bosbedrijven die vanaf het begin (1975) van het Bedrijven-Informatienet gegevens hebben aangeleverd, zodat investeringen in het verleden meegenomen kunnen worden. Ook lijkt het zinvol om de relatie te onderzoeken tussen de efficiëntiescores van individuele bedrijven en bedrijfskenmerken die in deze studie niet konden worden meegenomen.

Literatuur

Algemene Rekenkamer, *Efficiëntie van arbeidsbureaus*. Den Haag, 2001.

Blank, J.L.T., *Benchmarken of de kunst van het vergelijken*. Economisch Statistische Berichten 29 mei 1998.

Chiang, Kao, Pao-long Chang en S.N. Hwang, *Data Envelopment Analysis in Measuring the Efficiency of Forest Management*. Journal of Environmental Management 38. Pp. 73-83. 1993.

Charnes, A., C.T. Clark, W.W. Cooper and B. Colony, *A development study of Data Envelopment Analysis in measuring the efficiency of maintenance units in the U.S. Airforce*. Annals of Operations Research 2. Pp. 95-112. 1985.

Coelli, T., D.S.P. Rao and G.E. Battese, *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Kluwer, Dordrecht, 1998.

Dijkgraaf, E., S.A. van der Geest en M. Varkevisser, *Efficiëntie boven water*. ESB, 2005.

Hekhuis, H.J., *Oorzaken van verschillen in bedrijfsresultaat tussen particuliere bosbedrijven*. Onderzoeksverslag 82, 82 p. LEI, Den Haag, 1991.

Jong, J.J. de en M.N. van Wijk, *Bossen binnen en buiten de stedelijke invloedssfeer. Een vergelijking van kosten en opbrengsten tussen twee groepen bedrijven* Alterra-Rapport 1410. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2006.

Joro, Tarja en Esa-Jussi Viitala, *The efficiency of public Forestry Organisations: A Comparison of Different Weight Restriction Approaches*. Interim Report IR-99-059, IIASA Laxenburg, Austria, 1999.

Lighthart, S.S.H., T. van Rheenen, K.H.M. van Bommel, M.J.S.M. Reijnen, M.N. van Wijk, C.B. Bink, A. gaaff, H. Leneman, J. Latour, *Kosteneffectiviteit natuurbeleid: Methodiekontwikkeling*. Planbureau rapporten 23. MNP, Wageningen, 2004.

Sowlati, Taraneh, *Efficiency studies in forestry using data envelopment analysis*. Forest Products Journal, 1/1/2005.

Reinhard, S., C.A.K. Lovell en G. Thijssen, ' Econometric Estimation of Technical and Environmental Efficientie; An Application to Dutch Dairy Farms'. In: *American Journal of Agricultural Economics* 81:1 (February). Pp. 44-60. 1999.

Reinhard, S., Econometric analysis of economic and environmental efficientie of Dutch dairy farms. PhD thesis, Wageningen University, 1999.