



TNO-rapport

94-364 A

Kosteneffectiviteit van milieumaatregelen in de industrie
- Beschrijving van de methodiek -

Eindrapport

Referentienummer 94-364.A
Dossiernummer 112326-25212
Datum april 1995
NP

Auteur
Ir. J. Oonk (TNO-ME)
Ir. A. Jol (DHV-MI)

Bestemd voor
Ministerie van VROM
DGM/Afdeling bedrijven
t.a.v. Ing. L. de Jonge
Postbus 30945
2500 GX Den Haag

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de 'Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO', dan wel de betreffende terzake tussen partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© TNO

Deze studie is inhoudelijk begeleid door een commissie, bestaand uit:
Mw.Drs. A.M.C. Beyerman (VROM)
Drs. H. van Dijkman (VROM, tot december '94)
Dr. C.E. Dutilh (BMRO)
Ir. B.W. Hoekstra (VROM, tot augustus '94)
Ir. L.C. van Holk (VNCI, tot augustus '94)
Ing. L. de Jonge (VROM)
Ir. J.P.M.H. Knippels (IPO)
Ing. A. de Lange (IPO)
Mw. Ir. A. van der Rest (VNCI, na augustus '94)
Mw.Ir. A.H. Paardekooper (VROM, na december '94)
Dr. M.S.A. Vrijland (Universiteit Twente)
Ir. C. Welvaadt (FME)
Ir. K. de Winkel (Stafbureau NER)



Samenvatting

In het overleg tussen vergunningverlener en bedrijfsleven over de te treffen maatregelen spelen kostenaspecten een grote rol. Naast de discussie over de absolute hoogte van de kosten, speelt de vraag of de kosten *gangbaar* zijn. Dat wil zeggen, of de inspanning die van het bedrijf gevraagd wordt overeenkomt met de inspanningen die elders worden gevraagd. Voor dit laatste kan de kosteneffectiviteit van de te nemen maatregel als toetssteen worden gebruikt.

Hiervoor is een instrument ontwikkeld, waarmee een te nemen maatregel op zijn kosteneffectiviteit kan worden getoetst. Voorsnog is dit alleen gebeurd voor *end-of-pipe* maatregelen voor VOS, stof, NO_x en SO₂. Het instrument bestaat uit twee onderdelen:

- een methodiek, waarmee de kosteneffectiviteit van een te nemen maatregel kan worden berekend;
- een overzicht van kosteneffectiviteiten van in Nederland reeds gerealiseerde maatregelen: het referentiekader. Dit referentiekader is op dit moment nog niet vastgesteld.

Uitgangspunt voor de toetsing is een verkennend ontwerp van de te realiseren techniek, waarbij de belangrijkste kostenposten al zijn gekwantificeerd. Resultaat is een indicatie of de te verwachten kosteneffectiviteit overeenkomt met die van de in Nederland reeds gerealiseerde maatregelen.

De toetsing op kosteneffectiviteit is slechts één van meerdere stappen in het besluitvormingsproces. Een aantal andere factoren, zullen ook een rol spelen in de beslissing of een maatregel zal worden doorgevoerd. Voorbeelden van deze andere factoren zijn de draagkracht van een bedrijf, haar concurrentiepositie, de economische situatie, de specifieke emissie- of immissiesituatie en mogelijke prioriteitstelling van alle milieu-maatregelen, die een bedrijf dient te nemen.

Summary

In the deliberations about environmental measures between government and industry, costs play an important role. Besides the discussion about the absolute height of the costs, it is of importance that the costs are comparable with expenses, that other companies with similar emissions have to make. A judgement of this may be based on cost-effectiveness of the proposed measure.

For this purpose an instrument is developed, which can be used to evaluate a proposed measure on the basis of its cost-effectiveness. This instrument is developed, only for *end-of-pipe* measures for volatile organic compounds (VOC), particulates, NO_x and SO₂. The instrument consists of two parts:

- a methodology, which can be used to calculate the cost-effectiveness of a proposed measure;
- an overview of the cost-effectiveness of measures, that are already implemented in the Netherlands: the reference value.

Starting point is a preliminary design of the proposed technique, in which the investments and operational costs already are quantified. The result is an indication whether the proposed measure is comparable with measures that already are implemented, with regards to cost-effectiveness.

This cost-effectiveness is only one of many aspects, that play a role in decision-making. A number of other factors have to be considered as well. Examples are the financial strength and competitiveness of the company, the economic situation, the specific emission or immission situation and to set priorities for all environmental measures, a company has to take.

Leeswijzer

Dit rapport bestaat uit twee delen:

Het eerste deel bevat een beknopte beschrijving van de methodiek, met een korte beschrijving van het gebruik en een toelichting op de interpretatie van de resultaten. Dit eerste deel bevat voldoende informatie om in de meeste voorkomende gevallen de kosteneffectiviteit te bepalen en vervolgens te toetsen aan het referentiekader.

In het tweede deel worden de achtergronden van de methodiek weergegeven. Allereerst worden de uitgangspunten gedefinieerd, en wordt beschreven op welke wijze de bepalende factoren bepaald kunnen worden. Daarna wordt aangegeven hoe de methodiek in bijzondere gevallen gehanteerd kan worden.

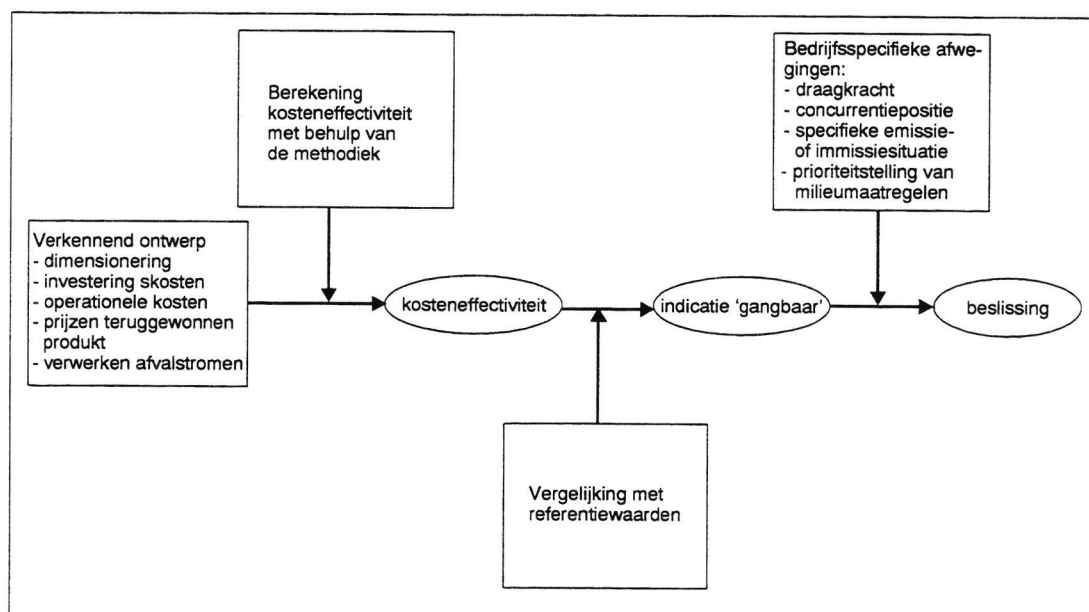
In een separaat rapport [Jol, 1995] wordt beschreven op welke wijze het referentiekader is bepaald van kosteneffectiviteiten van in Nederland reeds gerealiseerde maatregelen. De methode en resultaten van deze inventarisatie wordt hier weergegeven en vervolgens wordt beschreven op welke wijze deze inventarisatie is omgewerkt tot een referentiekader.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
Summary	5
Leeswijzer	7
Deel 1: Beknopte beschrijving van de methodiek	
I Toetsing op de kosteneffectiviteit	11
II Berekening van de kosteneffectiviteit	15
III Het referentiekader	19
IV Omgaan met onzekerheden	21
Deel 2: Achtergronden van de methodiek	
1 Inleiding	23
1.1 Toetsing op kosteneffectiviteit	23
1.2 Methodiek voor berekening kosteneffectiviteit	25
2 Definities	27
3 Beschrijving van de methodiek	29
3.1 Standaardmethodiek	29
3.2 Afschrijvingstermijn, rentevoet	29
3.3 Definitie en toelichting van de begrippen	31
4 Rekenen in bijzondere gevallen	35
4.1 Veiligheidsmaatregelen	35
4.2 Aanvullende en vervangingsinvesteringen	35
4.3 Meerdere effecten	39
4.4 Simultaan milieu-effect en ander effect	42
4.5 Capaciteitsaanpassing tijdens implementatie van de milieumaatregel	42
4.6 Opening nieuwe produktielijn	43
4.7 Procesgeïntegreerde maatregelen	43
5 Referenties	45
6 Verantwoording	47
Bijlagen:	
1 <i>Invloed van de rentevoet</i>	
2 <i>Berekeningsvoorbeelden</i>	
3 <i>Uitgangspunten berekening operationele kosten</i>	
4 <i>Mogelijkheden voor opbrengsten en besparingen</i>	
5 <i>Toelichting op aanvullende en vervangende investeringen</i>	
6 <i>Overzicht kostenstudies</i>	

I Toetsing op de kosteneffectiviteit

In het overleg tussen vergunningverleners en bedrijfsleven over te nemen milieumaatregelen, speelt de vraag of de maatregel gangbaar is. Gangbaar wil zeggen dat de inspanning, die van een bedrijf wordt verwacht, overeenkomt met de inspanningen die elders worden gevraagd. Een mogelijkheid om dit te toetsen is gebaseerd op de kosteneffectiviteit van een te nemen maatregel. De methodiek van toetsing is in deze studie verder ontwikkeld voor bestrijding met 'end-of-pipe'-technieken van emissies van VOS, stof, SO₂ en NO_x. De wijze waarop zo'n toetsing kan plaatsvinden, is schematisch weergegeven in figuur I. Uitgangspunt hierbij is een verkennend ontwerp van een reeds geselecteerde techniek. De kosten in zo'n verkennend ontwerp kunnen gebaseerd zijn op een voorontwerp, gemaakt door het bedrijf, maar kunnen ook volgen uit een eigen berekening van een vergunningverlener. Om de kosteneffectiviteit te kunnen berekenen, dienen de kostenaspecten uit tabel I bekend te zijn¹⁾. De diverse begrippen worden in hoofdstuk 3 van deel 2 nader gedefinieerd.



Figuur I Toetsing aan de kosteneffectiviteit

¹⁾ N.B. Het dimensioneren van de benodigde apparatuur en het vervolgens bepalen van de kostenaspecten ervan maakt geen onderdeel uit van de methodiek. Een overzicht van enkele methoden voor 'cost-engineering' wordt gegeven in bijlage 6.

Tabel I Eisen verkennend ontwerp

Een indicatie moet beschikbaar zijn van:

- de aanschaffingsprijs
- de bijkomende investeringen
- de bouwkundige investeringen, voor zover niet installatiespecifiek
- de vaste operationele kosten
- de variabele operationele kosten
 - utility-verbruik
 - kosten reststofverwerking
 - overige variabele operationele kosten
- de opbrengsten en besparingen
- de teruggehouden hoeveelheid verontreiniging

De kosteneffectiviteit kan vervolgens worden bepaald met behulp van de methodiek, welke wordt beschreven in het volgende hoofdstuk. De kosteneffectiviteit kan worden getoetst door ze te vergelijken met de kosteneffectiviteit van in Nederland reeds gerealiseerde milieumaatregelen, als gegeven in hoofdstuk III: het referentiekader.

Hierbij wordt per component een referentiekader gegeven. Dit referentiekader geeft aan welke kosten in Nederland zijn uitgegeven voor de reductie van bijvoorbeeld 1 kg VOS.

Het referentiekader levert in principe een onder- en een bovengrens voor de kosteneffectiviteit. De vergelijking van de berekende kosteneffectiviteit met het referentiekader heeft als resultaat één van de volgende conclusies:

- de kosteneffectiviteit is ongunstiger dan de bovengrens van het referentiekader. De maatregel is zo weinig gangbaar, dat deze niet meer als redelijk is te beschouwen. Er dienen buitengewone redenen of omstandigheden te zijn om die voorziening desondanks te laten treffen;
- de kosteneffectiviteit is gunstiger dan de bovengrens: de maatregel is in het algemeen gangbaar en dus in beginsel wel redelijk. In een discussie tussen vergunningverlener en bedrijf dient te worden afgewogen of er bedrijfsspecifieke omstandigheden zijn, waardoor implementatie niet wenselijk wordt.

Het eindresultaat bevat een zekere onnauwkeurigheid, aangezien de kosten en effecten van een techniek in de fase van een verkennend ontwerp niet nauwkeurig bekend zijn. Op welke wijze deze fouten doorwerken in het eindresultaat en hoe hiermee kan worden omgegaan, wordt beschreven in hoofdstuk IV.

Hierboven is al genoemd dat naast de kosteneffectiviteit ook andere aspecten van belang zijn bij de beslissing of een maatregel al dan niet moet worden doorgevoerd. Een aantal voorbeelden hiervan is:

- de kosten van een maatregel, zoals een bedrijf ze ervaart. Deze bedrijfsspecifieke kosten kunnen afwijken van de hier berekende kosten, bijvoorbeeld wanneer subsidie wordt verleend, of wanneer utilities tegen een goedkoop tarief worden verkregen;
- de draagkracht van een bedrijf. Een bepaalde milieumaatregel zal eerder worden gerealiseerd, wanneer ze geïmplementeerd dient te worden bij een financieel gezond bedrijf met een goede marktpositie;

Kosteneffectiviteit van milieumaatregelen in de industrie - Beschrijving van de methodiek - Eindrapport

- de bedrijfsspecifieke emissie- c.q. immissiesituatie, welke in bepaalde gevallen een reden kan zijn om maatregelen met een ongunstige kosteneffectiviteit toch door te voeren. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn bij het overschrijden van milieukwaliteitseisen (bijvoorbeeld van carcinogene stoffen);
- het met prioriteit doorvoeren van een andere milieumaatregel voor bijvoorbeeld een ander compartiment kan een reden zijn om de bestudeerde milieumaatregel pas in een later stadium door te voeren.

Om deze redenen dient het resultaat van deze toetsing met de nodige omzichtigheid te worden geïnterpreteerd, en dient het te worden beschouwd als slechts één van de factoren die een rol spelen in de uiteindelijke besluitvorming.

II Berekening van de kosteneffectiviteit

In de hoofdstukken 3 en 4 van deel 2 wordt beschreven op welke wijze de kosteneffectiviteit van een milieumaatregel kan worden bepaald. Deze methodiek wordt in dit hoofdstuk verder uitgewerkt en deels vereenvoudigd voor het geval van een nog te nemen maatregel. Uitgangspunt hierbij is dat een verkennend ontwerp is gemaakt, dat beantwoordt aan de criteria, weergegeven in tabel I.

De kosteneffectiviteit kan worden berekend aan de hand van het schema in figuur II. De afzonderlijke onderdelen hieruit worden gedefinieerd in § 3.3. Hieronder wordt beschreven hoe deze onderdelen kunnen worden bepaald. Voor een aantal onderdelen worden default-waarden gegeven in figuur II. Gebruik van deze default-waarden leidt echter wel tot een minder nauwkeurige schatting van de kosteneffectiviteit. De onderdelen kunnen als volgt worden bepaald:

Aanschaffingsprijs: de kosten van het kale apparaat
Uit verkennend ontwerp

Bijkomende investeringen: extra kosten van 'hard-ware' om van het apparaat een werkende eenheid te maken

Uit verkennend ontwerp. Deze investeringen zijn bedrijfsspecifiek. De som van de bijkomende en de éénmalige investeringen variëren in de praktijk tussen de 30 en 250% van de aanschaffingsprijs. Dit percentage wordt voornamelijk bepaald door de mate waarin de bestaande apparatuur en overige voorzieningen (bijvoorbeeld gebouwen) dienen te worden aangepast aan de nageschakelde techniek en de complexiteit van de installatie (meet- en regelapparatuur, en dergelijke). Bij nieuwbouw zullen de bijkomende investeringen in de regel laag zijn, terwijl ze hoog kunnen zijn, wanneer toepassing van de techniek het noodzakelijk maakt om een aantal aanpassingen van het productieproces door te voeren. Daarnaast geldt dat bij complexe situaties de investeringen vaak hoog zijn, omdat het systeem aan de specifieke situatie moet worden aangepast (in tegenstelling tot min of meer standaard toepassingen).

De bijkomende investeringen zijn in de praktijk moeilijk te voorspellen, terwijl ze de kosteneffectiviteit significant kunnen bepalen. Tabel II geeft een mogelijke indicatie. In deze tabel staat een overzicht van de bijkomende investeringen als percentage van de aanschaffingsprijs voor enkele karakteristieke situaties, als verkregen bij de bedrijfsbezoeken [Jol, 1995].

Tabel II Overzicht van bijkomende kosten in 'representatieve' situaties

Nieuwbouw/ bestaande situatie ¹⁾	Complexe/eenvoudige installatie ²⁾	Bijdrage van de bijkomende kosten t.o.v. de 'basis'-kosten ³⁾ (%)
Nieuwbouw	Eenvoudig	+ 30 tot 50
Nieuwbouw	Complex	+ 50 tot 100
Bestaand	Eenvoudig	+ 50 tot 100
Bestaand	Complex	+ 100 tot 250

- 1) Aanname: nieuwbouw betekent relatief lage kosten voor procesaanpassingen, bouwkundige voorzieningen en afgaskanalen (inclusief ventilator en schoorsteen).
- 2) Aanname: een complexe installatie betekent relatief hoge kosten voor studie, voorbereiding, engineering, bouw- en montagetoezicht, opstart, instrumentatie en elektrotechnische voorzieningen.
- 3) Het betreft feitelijk de som van de 'bijkomende' en eenmalige investeringen als fractie van de aanschaffingsprijs.

Eénmalige investering: overige kosten om een goed werkend apparaat te krijgen

Uit het verkennend ontwerp. Indien dit niet nader gekwantificeerd is, kunnen de éénmalige investeringen worden geschat op 25% van de aanschaffingsprijs van de 'kale' nageschakelde voorziening. Wanneer ook de bijkomende investeringen onbekend zijn, kan de som van de bijkomende en éénmalige investeringen worden geschat, als hiervoor beschreven.

Kapitaalvernietiging door desinvesteringen: vroegtijdige afschrijving van apparatuur

Dit geldt alleen voor voortijdige afschrijvingen van niet-milieuinvesteringen. De algemene rekenwijze bij voortijdige vervanging van milieumaatregelen wordt beschreven in § 4.2.

De totale investeringen (I_0 : som van aanschaffingsprijs, bijkomende investeringen en eenmalige investeringen) en de ouderdom (n) van de afgeschreven kapitaalgoederen dienen te worden achterhaald. Indien de investering ouder is dan 10 jaar zijn de desinvesteringen nul. Indien de afgeschreven kapitaalgoederen jonger zijn dan 10 jaar wordt de kapitaalvernietiging door desinvesteringen bepaald door:

$$I_{des} = I_0 * \text{nog niet afgeschreven deel}$$

Het nog niet afgeschreven deel is afhankelijk van de ouderdom en wordt gegeven in tabel III.

Tabel III Het nog niet afgeschreven deel

Ouderdom (jaar)	Nog niet afgeschreven deel	Ouderdom (jaar)	Nog niet afgeschreven deel (%)
1	0.939	6	0.517
2	0.870	7	0.405
3	0.794	8	0.283
4	0.710	9	0.148
5	0.618	10	0

Bouwkundige investeringen: niet installatiespecifieke voorzieningen

Uit verkennend ontwerp.

Vaste operationele kosten: onderhoud en bediening

Uit verkennend ontwerp; in de praktijk bedragen deze kosten ongeveer 3 tot 5% van de som van de aanschaffingsprijs en bijkomende investeringen.

Variabele operationele kosten: hulpstoffen, utilities en reststofverwerking

- het 'utility'-verbruik worden bepaald bij het verkennend ontwerp. De 'utility'-kosten worden vervolgens berekend, door gebruik te maken van de standaardtarieven, als gegeven door DACE [1994 of later]. Bijlage 3 geeft een overzicht van de standaardprijzen voor 1993, die zijn gebruikt bij de inventarisatie;
- reststofverwerking uit verkennend ontwerp;
- overige variabele kosten uit verkennend ontwerp.

Opbrengsten en besparingen

Uit verkennend ontwerp

Ongereinigde vracht

- Jaargemiddelde op basis van metingen;
- Indien geen recente metingen voorhanden op basis van momenteel vergunde emissies (indien zonder maatregel);
- Indien niet bekend of bij nieuwe installaties, vaststellen in overleg met het bedrijf. Hierbij kan een schatting van de emissies worden gebaseerd op een vergelijkbare installatie, welke elders geplaatst is.

Restemissie

Jaargemiddelde restemissie, als beoogd door vergunningverlener na realisatie van de maatregel, gecorrigeerd voor eventuele emissies tijdens onderhoud en storingen.

Emissies tijdens onderhoud en storingen

Indien volgens de vergunning de productie tijdens onderhoud moet worden stilgelegd, dan de emissie tijdens onderhoud gelijk aan nul (dit is meestal het geval bij maatregelen voor VOS en stof-emissiebeperking);

Indien de productie tijdens onderhoud en storingen niet hoeft te worden stilgelegd, is de emissiereductie tijdens onderhoud gelijk aan nul (dit kan het geval zijn bij SO₂- en NO_x-emissiereductie). De emissie tengevolge van onderhoud en storingen wordt in dat geval dan gelijk aan het produkt van de ongereinigde emissie (in kg per uur) maal de tijdsduur van het onderhoud en de storingen (in uur).

Tijdsduur onderhoud en storingen

Als vastgelegd in de vergunningen, of op basis van ervaring/inschatting leverancier. Indien hier niets over bekend is kan een waarde van 2% van de bedrijfstijd worden aangenomen.

N.B. Dit is alleen relevant als bij onderhoud of storting mag worden doorgedaan met productie.

III Het referentiekader

Om te kunnen bepalen of de kosteneffectiviteit gangbaar is zal ze vergeleken moeten worden met een referentie van in Nederland reeds gerealiseerde maatregelen. Dit referentiekader is gegeven in tabel IV en geeft weer, welke kosten in Nederland in de praktijk aanvaard zijn voor de bestrijding van bijvoorbeeld VOS.

Het referentiekader voor de kosteneffectiviteit wordt gekarakteriseerd door zijn bovengrens, zoals is beschreven in hoofdstuk I.

Tabel IV Bovengrens referentiekader (1993)

Component	Kosteneffectiviteit (f/kg)
VOS	xxx ¹⁾
stof	xxx
SO _x	xxx
NO _x	10

¹⁾ De bovengrens van het referentiekader dient nog te worden vastgesteld.

Het referentiekader gebaseerd op een inventarisatie van in Nederland toegepaste technieken, waarbij de kostenaspecten en effecten zijn verzameld [Jol, 1995]. De inventarisatie richtte zich op een representatieve doorsnede van 'end-of-pipe' technologieën voor de bestrijding van VOS-, stof-, SO₂- en NO_x-emissies, zoals ze geïmplementeerd zijn in onder meer de chemische industrie, de voedingsmiddelenindustrie, metaal- en elektrotechnische industrie, de kunststof- en rubberfabricage en -verwerking, op- en overslagbedrijven en verf- en drukinktfabrikanten. Hierbij is ervoor gezorgd dat verschillende technieken in de inventarisatie zijn meegenomen. Voor VOS zijn dit bijvoorbeeld cryogene installaties, biofilters, naverbranders en koolfilters. Al deze technieken leveren één referentiekader. De technieken zijn alle recent geïnstalleerd (minder dan 10 jaar oud) en kunnen worden beschouwd als behorend tot 'stand der techniek' als bedoeld in de NeR:

'Behorend tot 'stand der techniek' worden die maatregelen gerekend die ter beperking van emissies van een bron, procesgeïntegreerd dan wel als nageschakelde techniek, in een gemiddeld en financieel gezond bedrijf van de betreffende branche in binnen- of buitenland met succes worden toegepast, dan wel overeenkomstig de regels der techniek vanuit andere processen of op basis van succesvolle, op industriële schaal uitgevoerde demonstratieprojecten op de betreffende bron kunnen worden toegepast.'

Op basis van de methodiek, welke hiervoor beschreven is, is voor iedere techniek de kosteneffectiviteit van emissiereductie bepaald. Gebruik van deze methodiek is noodzakelijk om een eerlijke vergelijking met de kosteneffectiviteit van een te nemen maatregel mogelijk te maken.

De berekende kosteneffectiviteit is geïnterpreteerd in de vorm van een referentiekader, als gepresenteerd in tabel IV. Bij deze interpretatie is rekening gehouden met het feit dat kosten en effecten in deze inventarisatie niet altijd even nauwkeurig konden worden achterhaald. Bij het vaststellen van het referentiekader is tevens rekening gehouden met buitengewone omstandigheden. Wanneer een maatregel bijvoorbeeld onder sterke politieke druk is genomen, is ze niet in beschouwing genomen bij het vaststellen van het referentiekader.

Dit referentiekader is gebaseerd op de situatie in het jaar 1993. Dit houdt in, dat het prijspeil van 1993 is gehanteerd en dat ook het begrip 'stand der techniek' gerelateerd is aan het jaar 1993. In de loop van de tijd, zal het referentiekader door inflatie, door technische ontwikkelingen en veranderende emissie-eisen verschuiven. Om deze reden zal het referentiekader periodiek worden herzien. Het meest actuele referentiekader valt op te vragen bij InfoMil¹⁾.

1) InfoMil
Postbus 30732
2500 GS Den Haag
tel.: 070 - 361 05 75
fax: 070 - 363 33 33

IV Omgaan met onzekerheden

De werkelijke kosteneffectiviteit van een maatregel zal in de praktijk vaak afwijken van de raming vooraf. Dit kan twee oorzaken hebben:

- in de eerste plaats zijn de werkelijke kosten van een maatregel vaak anders dan men op basis van het voorontwerp heeft geschat;
- anderzijds kunnen de effecten worden beïnvloed door verandering in procesvoering, na vaststelling van de ontwerpgegevens.

Tabel V geeft een overzicht van de relevante factoren voor de kosteneffectiviteit.

De nauwkeurigheid, waarmee een bepaalde factor kan worden bepaald hangt af van het stadium waarin en de nauwkeurigheid waarmee het verkennend ontwerp wordt gemaakt. Wanneer het een schetsontwerp betreft (een globale dimensionering en kostencalculatie) op basis van een 'cost-engineering' methode (waarvoor een aantal referenties wordt gegeven in bijlage 6), dan zijn de nauwkeurigheden minder groot, dan wanneer het een voorontwerp betreft.

De noodzaak van kennis van de specifieke parameters is afhankelijk van het stadium in het besluitvormingsproces. De invloed kan op zich groot zijn, maar kan bijvoorbeeld bij het onderling vergelijken van opties wegvallen

Tabel V Voorspelbaarheid en invloed van de verschillende parameters

	Voorspelbaarheid ¹⁾		Invloed ²⁾
	Schetsontwerp	Voorontwerp	
Aanschaffingsprijs	+	++	++
Bijkomende investeringen	-	0	++
Eénmalige investeringen	-	0	++
Desinvesteringen	0	0	+
Bouwkundige investeringen	0	+	0
Vaste operationele kosten	0/+	+	++
Variabele operationele kosten	0/+	+	++
Opbrengsten en besparingen	-/0	-/0	0/+
Ongereinigde vracht	++/-- ³⁾	++/-- ³⁾	+++
Restemissie	+	+	-
Emissies tijdens onderhoud en stringen	+	+	-

1) + = goed voorspelbaar; - = slecht voorspelbaar;

2) + = grote invloed op het eindresultaat; - = geringe invloed op het eindresultaat

3) Afhankelijk van de situatie: zijn emissies bekend uit metingen, of is helemaal niets bekend, omdat het een maatregel achter een nieuw te bouwen productie-installatie betreft.

Een parameter wordt een knelpunt, wanneer ze minder goed te voorspellen is, terwijl deze in belangrijke mate de nauwkeurigheid van het eindresultaat bepaalt. Uit tabel V blijkt dat met name de bijkomende investeringen en de ongereinigde emissie de belangrijkste knelpunten zijn bij het nauwkeurig vaststellen van de kosteneffectiviteit.

Bij de toetsing op de kosteneffectiviteit dient terdege rekening te worden gehouden met de mogelijke onzekerheden. Dit geldt met name als de berekende kosteneffectiviteit op de rand van het referentiekader ligt. Als dit het geval is, kan in een gevoeligheidsanalyse worden vastgesteld hoe hard het eindresultaat is. In zo'n gevoeligheidsanalyse wordt allereerst van relevante parameters de nauwkeurigheid geschat, waarna kan worden berekend wat de kosteneffectiviteit is voor het meest gunstige en meest ongunstige geval.

1 Inleiding

1.1 Toetsing op kosteneffectiviteit

De kosten van milieumaatregelen worden doorgaans niet door bedrijfseconomische baten gecompenseerd. Een dergelijke maatregel wordt dan toch overwogen, omdat ze in vergunningvoorschriften op basis van milieuwetgeving verplicht kan worden gesteld. In relatie tot de 'redelijkheidstoets' spelen tijdens het overleg tussen vergunningverlener en bedrijfsleven over de te treffen maatregelen kostenaspecten een grote rol. Naast de discussie over de absolute hoogte van de kosten, speelt de vraag of de kosten *gangbaar* zijn. Dat wil zeggen, of de inspanning die van het bedrijf wordt gevraagd overeenkomt met de inspanningen die elders worden gevraagd. Om dit te bepalen kan de kosteneffectiviteit als toetssteen worden gebruikt.

De kosteneffectiviteit is de verhouding tussen kosten en effecten van een maatregel en wordt uitgedrukt in bijvoorbeeld gulden per ton vermeden afvalproductie, gulden per kilo vermeden stofemissie, etc. De kosteneffectiviteit wordt gunstiger, als bij een maatregel per uitgegeven gulden meer effect wordt bereikt.

Het begrip kosteneffectiviteit wordt steeds belangrijker bij de keuze van milieumaatregelen. Zo wordt het op bedrijfsniveau gebruikt om die maatregelen te selecteren, welke relatief het grootste milieu-effect hebben. Door een dergelijke analyse kan een uitgegeven milieugulden optimaal worden besteed [bijvoorbeeld: Brandt 1993; Weenk, 1993; de Wit, 1993].

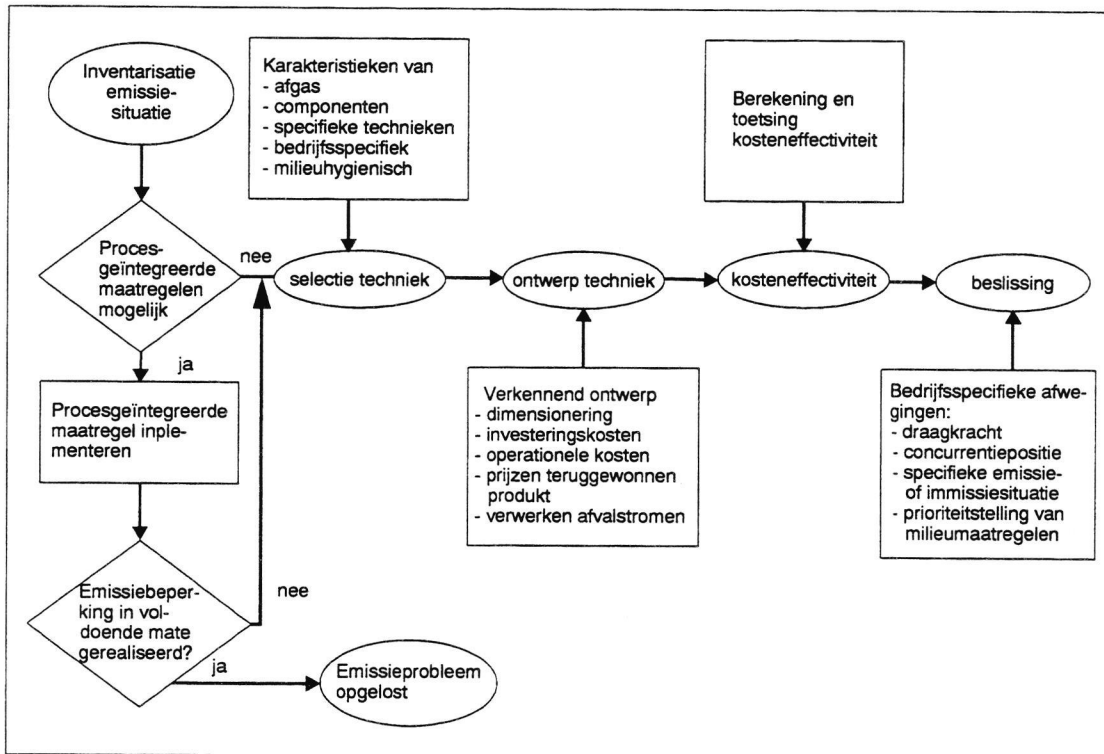
Het instrument, dat in dit rapport beschreven is, draagt ertoe bij dat in Nederland die milieumaatregelen worden getroffen die het meest kosteneffectief zijn. Immers, door het toepassen van dit instrument zal de realisatie van relatief kosteneffectieve maatregelen worden gestimuleerd, terwijl maatregelen met een ongunstige kosteneffectiviteit worden ontmoedigd.

Het instrument is een handreiking voor vergunningverleners en aanvragers. Het heeft dus een faciliterende rol en is één van de onderdelen van de totale besluitvorming.

Het instrument bestaat uit twee onderdelen:

- een methodiek, waarmee de kosteneffectiviteit van een te nemen maatregel op een eenduidige wijze kan worden berekend;
- een overzicht van kosteneffectiviteiten van in Nederland reeds gerealiseerde maatregelen: het referentiekader.

De plaats van het instrument in het vergunningoverleg is weergegeven in figuur 1. Bij wezenlijke emissies, zal allereerst onderzocht moeten worden of hiervoor op procesgeïntegreerde wijze een afdoende oplossing kan worden gevonden. Indien dit niet het geval is, zal worden gezocht naar een aanvullende maatregel. Op basis van afgaskarakteristieken, eigenschappen van de mogelijke techniek en de specifieke bedrijfssituatie kan vervolgens een bepaalde techniek worden geselecteerd en een verkennend ontwerp worden gemaakt.



Figuur 1 Besluitvorming van de keuze van een techniek voor emissiereductie [naar TAUW, 1992]

Uitgaande van de investerings- en operationele kosten en het milieu-effect van de techniek, welke zijn geraamd op basis van dit verkennend ontwerp, wordt met de methodiek de kosteneffectiviteit van de maatregel berekend. Vervolgens kan deze berekende kosteneffectiviteit worden vergeleken met de waarden in het referentiekader. Het referentiekader bestaat uit een onder- en een bovengrens voor de kosteneffectiviteit. De vergelijking van de berekende kosteneffectiviteit met het referentiekader heeft als resultaat één van de volgende conclusies:

- de kosteneffectiviteit is ongunstiger dan de bovengrens van het referentiekader. De kosteneffectiviteit is zo weinig gangbaar, dat deze niet meer als redelijk is te beschouwen. Uit een analyse van de situatie kan worden geprobeerd de oorzaken van de ongunstige kosteneffectiviteit te achterhalen: bijvoorbeeld hoge kosten doordat de techniek moeilijk in het proces valt in te passen, of lage effecten door een lage ingangconcentratie. In zo'n geval dienen er buitengewone redenen of omstandigheden te zijn om die voorziening desondanks te laten treffen;
- de kosteneffectiviteit is gunstiger dan deze bovengrens: de maatregel is in het algemeen gangbaar en dus in beginsel wel redelijk. In een discussie tussen vergunningverlener en bedrijf dient te worden afgewogen of er bedrijfsspecifieke omstandigheden zijn, waardoor implementatie niet wenselijk wordt.

De bedoeling is niet, dat de gepresenteerde kosteneffectiviteitsmarges fungeren als harde norm, waarmee in alle gevallen kan worden aangegeven of een maatregel wel of niet moet worden doorgevoerd. Voor een dergelijke afweging is de ontwikkelde methodiek niet situatie-specifiek genoeg. Bovendien spelen ook andere factoren een rol in de beslissing of een maatregel moet worden doorgevoerd. Voorbeelden van deze

andere factoren zijn de draagkracht van een bedrijf, haar concurrentiepositie, de economische situatie, de specifieke emissiesituatie en een mogelijke prioriteitstelling van alle te nemen milieumaatregelen. De toetsing op redelijkheid van kosteneffectiviteit mag daarom alleen worden gezien als één van de stappen in het besluitvormingsproces. Het is een indicatie of de gevraagde inspanning gangbaar is. In een vervolgtraject bepalen de situatie-specifieke kostenaspecten en alle andere relevante factoren uiteindelijk of een milieumaatregel zal worden gerealiseerd.

Vooralsnog is dit instrument alleen ontwikkeld voor 'end-of-pipe'-technieken voor de bestrijding van VOS (vluchtige organische stoffen), stof, SO₂ en NO_x, maar het is de bedoeling om het instrument zo mogelijk uit te breiden naar andere componenten en indien haalbaar ook naar procesgeïntegreerde maatregelen.

1.2 Methodiek voor berekening kosteneffectiviteit

De methodiek, die in dit rapport wordt gepresenteerd, is niet nieuw, maar is een praktische uitwerking van de methodiek voor de berekening van milieukosten, zoals door VROM is ontwikkeld [VROM, 1994]. Deze VROM-methodiek is echter bedoeld voor het bepalen van milieukosten op macro-niveau, terwijl in onderhavige studie de milieukosten op bedrijfsniveau relevant zijn. Om deze reden heeft een aantal aanpassingen plaatsgevonden. Daarnaast is het noodzakelijk, dat de berekeningen van de kosteneffectiviteit in het kader van toepassing van deze methodiek op uniforme wijze plaatsvindt. Dit is een voorwaarde, wil een vergelijking van de kosteneffectiviteit van een techniek met het referentiekader mogelijk zijn. Om deze redenen is de VROM-methodiek op enkele plaatsen aangepast. Zo is een vaste rentevoet gekozen en wordt uitgegaan van integrale standaardprijzen voor utilities.

Dit heeft tot echter tot gevolg dat wanneer de kosten worden bepaald met deze methodiek, ze niet overeenkomen met de kosten, zoals ze met de VROM-methodiek worden berekend. Ook hoeven deze kosten niet overeen te komen met de lasten, welke een bedrijf ervaart. Een kosteneffectiviteit, welke met deze methodiek is bepaald, heeft zijn waarde voornamelijk in een onderlinge vergelijking en in een vergelijking met de kosteneffectiviteiten in het referentiekader.

In dit deel worden de achtergronden van de methodiek weergegeven, worden de verschillende begrippen nader gedefinieerd en worden de keuzes nader toegelicht.

De methodiek is getoetst en verder aangepast aan de hand van een reeks bedrijfsbezoeken, uitgevoerd in het kader van deze studie [Jol, 1995]. Hierbij is zowel aandacht besteed aan de hanteerbaarheid en volledigheid van de methodiek, als aan eventuele 'default'-waarden voor kosteneffectiviteitsbepalende aspecten.

2 Definities

Milieumaatregel

Een maatregel, met het *expliciete* doel ongewenste effecten van menselijke activiteiten of handelingen op het milieu te voorkomen of tegen te gaan. Het milieu wordt daarbij afgebakend tot het externe milieu. Maatregelen in het kader van bijvoorbeeld de arbeidshygiëne en veiligheid vallen buiten de omschrijving van milieubeheer. Indien een maatregel zowel milieu- als andere effecten heeft (arbo-effecten), dan wordt een gewogen deel van de maatregel als milieumaatregel gezien. Een uitwerking hiervoor wordt elders in dit stuk gegeven.

Milieukosten

De jaarlijkse *kosten*, welke geassocieerd zijn met een milieumaatregel. De milieukosten bestaan onder andere uit de kosten, die een bedrijf maakt en de uren die men besteedt aan het implementeren of opereren van een milieumaatregel. De jaarlijkse milieukosten zijn de som van de op jaarbasis omgerekende kapitaalskosten op basis van annuïteiten en operationele kosten minus opbrengsten en besparingen. Bij het bepalen van de milieukosten wordt er vanuit gegaan, dat de bedrijfstijd en capaciteit van het productieproces van de maatregel overeenkomt met de vergunde bedrijfstijd en capaciteit.

In deze methodiek wordt uitgegaan van kosten in plaats van lasten. Dit gebeurt om een goede vergelijking mogelijk te maken. Uitgaan van kosten houdt in, dat subsidies niet in beschouwing worden genomen en dat voor een aantal uitgaven met standaardtarieven wordt gerekend.

Milieu-effect

De jaarlijkse milieulast (uitgedrukt in directe emissies) welke zou worden veroorzaakt als een maatregel niet geïmplementeerd zou zijn, minus de jaarlijkse milieulast met een gerealiseerde milieumaatregel. Bij het bepalen van het milieu-effect wordt er vanuit gegaan, dat de bedrijfstijd en capaciteit van het productieproces van de maatregel overeenkomt met de vergunde bedrijfstijd en capaciteit.

Kosteneffectiviteit

Milieukosten gedeeld door het milieu-effect, uitgedrukt in guldens per kg. Dit is de gangbare definitie van kosteneffectiviteit. Deze definitie houdt echter in, dat een zo laag mogelijke waarde voor kosteneffectiviteit moet worden nagestreefd, hetgeen verwarrend kan werken. Om deze verwarring te voorkomen zal daarom gesproken worden van 'gunstig'-'ongunstig' in plaats van 'laag'-'hoog'.

3 Beschrijving van de methodiek

3.1 Standaardmethodiek

De standaardmethodiek, op basis waarvan de kosteneffectiviteit wordt berekend, wordt weergegeven in figuur 2. In het volgende paragrafen wordt verder ingegaan op diverse aspecten in dit schema: hun definitie, afgrenzing en manier waarop deze kunnen worden bepaald.

De methodiek is ontwikkeld om de kosteneffectiviteit te berekenen van 'end-of-pipe' maatregelen voor bestrijding van in eerste instantie VOS-, stof-, NO_x-, en SO₂-emissies naar de lucht.

Voor de in figuur 2 beschreven algemene methodiek kan in de praktijk een aantal uitzonderingsgevallen worden onderscheiden.

- zo kan een maatregel niet alleen om milieuredenen worden geïmplementeerd;
- een techniek kan tegelijkertijd de emissies van meerdere componenten reduceren;
- een maatregel kan ter vervanging van of aanvulling op een bestaande techniek zijn bedoeld.

Hoe de methodiek in dit soort bijzondere gevallen kan worden geïnterpreteerd, wordt beschreven in hoofdstuk 4.

3.2 Afschrijvingstermijn, rentevoet

Rentevoet

In deze methodiek wordt een vaste rentevoet van 10% gehanteerd¹⁾.

Het resultaat van een kostenberekening is sterk afhankelijk van de gehanteerde rentevoet. In deze methodiek echter, worden technieken onderling met elkaar of met een referentiekader vergeleken. De onderlinge verhouding van de kosten(effectiviteit) is dan van belang. Deze verhouding, en daarmee het resultaat van de methodiek, is relatief ongevoelig voor de gehanteerde rentevoet, zoals wordt toegelicht in bijlage 1. Voorwaarde is wel, dat bij het opstellen van het referentiekader dezelfde rentevoet wordt gehanteerd als bij het berekenen van de kosteneffectiviteit van een nog te treffen maatregel. Dit is een reden om te kiezen voor een vaste rentevoet.

Afschrijvingsmethode

In de methodiek worden investeringen op annuïtaire wijze afgeschreven.

In principe kan op twee manieren worden afgeschreven: op lineaire en op annuïtaire wijze. In werkelijkheid worden investeringen vaak op lineaire wijze afgeschreven. De annuïtaire afschrijvingsmethode heeft echter als voordeel, dat constante jaarkosten worden verkregen, zodat de methodiek eenvoudiger te hanteren is.

¹⁾ Gebaseerd op de nominale kapitaalmarktrente plus opslag welke vervolgens is gestandaardiseerd op een vast percentage.

Onder het bouwkundig deel worden vaak de hallen, loodsen, funderingen, leidingbruggen en dergelijke verstaan.

De reden, dat deze bouwkundige voorzieningen over een langere termijn worden afgeschreven is, dat de levensduur veelal langer is dan 10 jaar en dat deze voorzieningen ook bruikbaar blijven als de huidige apparatuur wordt vervangen.

Aanvulling begrip 'Elektromechanisch deel'

In de praktijk zijn delen van de bouwkundige investeringen vaak installatiespecifiek. Funderingen, leidingbruggen en zelfs hallen of loodsen kunnen overbodig worden als de reinigingsinstallatie is afgeschreven, wordt ontmanteld en niet meer wordt vervangen. Indien dit wordt voorzien, dan moeten deze installatiespecifieke bouwkundige voorzieningen worden gerekend tot het elektromechanisch gedeelte en dus mee worden afgeschreven over 10 jaar.

Berekening annuïteit

De kapitaalkosten worden berekend uit de investeringen via:

$$\text{kapitaalkosten} = \text{annuïteit} * \text{investeringen}$$

De annuïteit wordt berekend uit:

$$\text{annuïteit} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

waarin i de rentevoet is (dimensieloos) en n de afschrijvingstermijn (in jaar). Voor een rentevoet van 10% ($i=0,10$) is de annuïteit bij een afschrijvingstermijn van 10 jaar gelijk aan 0,163 en bij een afschrijvingstermijn van 25 jaar gelijk aan 0,110.

Aanvang van de afschrijvingstermijn

De afschrijvingstermijn vangt aan op het moment dat de installatie in bedrijf wordt genomen. Kapitaalkosten, die worden gemaakt voor dit tijdstip vallen onder het begrip 'bouwrente' en maken onderdeel uit van de eenmalige investeringen.

3.3 Definitie en toelichting van de begrippen

Aanschaffingsprijs

De prijs die wordt betaald aan de leverancier van de techniek of leveranciers van onderdelen daarvan. Indien een maatregel nog niet gerealiseerd is, wordt de aanschaffingsprijs tezamen met de andere investeringen en de operationele kosten berekend in een 'cost-engineering'-studie. In zo'n studie wordt, uitgaande van een probleem de apparatuur gedimensioneerd en worden vervolgens de kosten berekend. In bijlage 6 zijn een aantal verwijzingen opgenomen van 'cost-engineering'-studies van technieken voor VOS-, stof-, SO₂- en NO_x-emissiereductie.

Bijkomende investeringen

De bijkomende investeringen zijn de extra kosten, welke gemaakt worden om de voorziening in het proces in te bouwen. Hieronder worden allerlei soorten 'hardware' verstaan: instrumentatie, elektrische aansluitingen en voorzieningen, voorzieningen voor overige utilities, leidingwerk, afgaskanalen, schoorsteen, isolatie en de montage. Ook de installatiespecifieke bouwkundige investeringen vallen in deze methodiek onder de bijkomende investeringen. De bijkomende investeringen zijn voor een deel situatiespecifiek en afhankelijk van het gemak, waarmee de techniek kan worden ingebouwd achter de voorgeschakelde installatie. De bijkomende investeringen mogen alleen betrekking hebben op de milieumaatregel.

Eénmalige investeringen

Dit zijn de overige kosten, benodigd om de investering gebouwd en operationeel te krijgen. Hieronder vallen onder meer de 'engineering'-kosten (met inbegrip van ontwerp en directievoering tijdens bouw), leges en onderzoekskosten voor vergunning-procedures, bouwrente, notariskosten, 'start-up'-kosten en incidentele operationele kosten in het eerste jaar.

Kapitaalvernietiging door desinvesteringen

Wanneer procesapparatuur of delen daarvan door de milieumaatregel overbodig worden kan dit leiden tot kapitaalvernietiging door desinvesteringen. De kapitaalvernietiging is gelijk aan de restwaarde van het vroegtijdig afgeschreven materiaal. Deze restwaarde wordt bepaald op basis van annuïtaire afschrijvingen over 10 jaar en een rentestand van 10% (zie tabel III, deel 1). Voor het geval dat een milieumaatregel voortijdig wordt afgeschreven, wordt verwezen naar hoofdstuk 4.2.

Bouwkundige investeringen

Onder bouwkundige investeringen verstaat men hallen, loodsen, bijgebouwen, funderingen, leidingenbruggen en dergelijke - voor zover ze niet installatiespecifiek zijn - en dus over 25 jaar worden afgeschreven. Installatiespecifieke bouwkundige investeringen (zie § 3.2) vallen onder de bijkomende investeringen.

Vaste operationele kosten

Dit zijn voornamelijk de onderhouds- en bedieningskosten (inclusief overhead) en verzekeringen.

Variabele operationele kosten

Aanbods- en concentratieafhankelijke kosten, zoals: hulpstoffen, utilities, reststofverwerking. De variabele kosten worden geëxtrapoleerd naar de maximaal vergunde bedrijfstijd en capaciteit. Omdat in deze studie wordt uitgegaan van de kosten van een milieuvoorziening, houdt dit in dat zoveel mogelijk standaardtarieven worden gebruikt voor utilities.

Vaststelling integrale standaardprijzen

De kosten voor aardgas, elektriciteit, stookolie, perslucht, stoom en water worden berekend, door gebruik te maken van de standaardtarieven, als gegeven door DACE [1994 of later]. Bijlage 3 geeft een overzicht van de standaardprijzen voor 1993, die zijn gebruikt bij de inventarisatie.

Kosteneffectiviteit van milieumaatregelen in de industrie - Beschrijving van de methodiek - Eindrapport

Opbrengsten-besparingen

Hieronder vallen de vermeden uitgaven door in gebruik nemen van de maatregel, zoals: vermeden zuiveringsheffingen¹⁾, vermeden veiligheidsmaatregelen, vermeden onderhoud, vermeden gebruik van hulpstoffen. Daarnaast kunnen bijprodukten een opbrengst leveren, bijvoorbeeld: stoom bij naverbranding; gips of zwavel uit ontzwavelingsinstallaties. Een uitgebreider overzicht van mogelijkheden voor besparingen bij de verschillende technieken is vermeld in bijlage 4.

Ongereinigde last

De emissie in kg/jaar, wanneer een maatregel niet geïmplementeerd is of wordt. Deze emissie wordt geëxtrapoleerd naar de maximaal vergunde bedrijfstijd en capaciteit, omdat het ontwerp van de emissiebeperkende techniek hierop gebaseerd zal zijn.

In het geval dat een maatregel reeds is gerealiseerd, kan deze emissie worden gekwantificeerd, bijvoorbeeld op basis van:

- de emissie voordat de maatregel werd gerealiseerd, indien deze bekend is uit bijvoorbeeld metingen en de procesvoering sindsdien niet veel veranderd is;
- de massastroom vóór de emissiebeperkende techniek, indien deze bekend is, bijvoorbeeld uit metingen;
- een massabalans. Het oplosmiddelgebruik kan bijvoorbeeld een indicatie zijn van de VOS-emissie indien geen maatregel getroffen zou zijn, het zwavelgehalte van de brandstof is een indicatie voor de ongereinigde SO₂-emissie;
- benodigde hoeveelheid hulpchemicaliën. Zo kan de hoeveelheid gebruikte kalk een indicatie geven van de hoeveelheid verwijderde SO₂;
- hoeveelheid afgescheiden reststoffen, bijvoorbeeld de hoeveelheid afgevangen stof.

In het geval dat een maatregel nog geïmplementeerd moet worden kan de emissie zonder maatregel worden geschat op basis van:

- recente metingen van emissies;
- de momenteel vergunde emissies;
- uit vergelijkbare procesinstallaties, die elders geplaatst zijn (met of zonder emissiebeperkende techniek);
- (indien niet voorhanden of bij nieuwe installaties) vaststellen in overleg met het bedrijf.

Restemissie

De emissie in kg/jaar, wanneer een maatregel is geïmplementeerd. Deze emissie wordt bepaald op basis van de vergunde restemissie bij maximaal vergunde bedrijfstijd en capaciteit of op basis van meetresultaten (indien deze lager zijn dan de vergunde restemissie). Indien de produktie door mag blijven gaan bij uitval van de milieutechniek, wordt de emissie met maatregel gecorrigeerd voor emissies tijdens onderhoud en storingen.

¹⁾ De Wvo-heffing wordt in dit onderzoek op micro-niveau meegenomen bij de berekening van de milieukosten, omdat er hier sprake is van een mogelijke verandering in de betalen heffing, die intrinsiek is aan de geïmplementeerde maatregel. In meso- en macro-overzichten behoren de betaalde heffingen en verkregen subsidies echter tot de milieulasten en niet tot de milieukosten.

4 Rekenen in bijzondere gevallen

4.1 Veiligheidsmaatregelen

Zoals in hoofdstuk 2 is beschreven, vallen veiligheidsmaatregelen in zijn algemeenheid niet onder de noemer 'milieumaatregel'. Als de veiligheidsmaatregelen echter noodzakelijk worden omdat een milieumaatregel wordt ingevoerd, worden ze wel als onderdeel van de milieumaatregel beschouwd. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn bij VOS-emissiebeperking, wanneer extra veiligheidsmaatregelen noodzakelijk worden omdat VOS-houdende afgasstromen worden getransporteerd en behandeld. Indien veiligheidsmaatregelen overbodig worden door een milieumaatregel, kan dit voor een deel leiden tot besparingen. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer bij procesgeïntegreerde emissiebestrijding van VOS overgegaan wordt op VOS-arme grond- of hulpstoffen en veiligheidssystemen overbodig worden. Overbodig worden van nog niet afgeschreven 'hardware' leidt tot kapitaalvernietiging door desinvesteringen; afname van de operationele kosten van de veiligheidsmaatregel leidt tot besparingen.

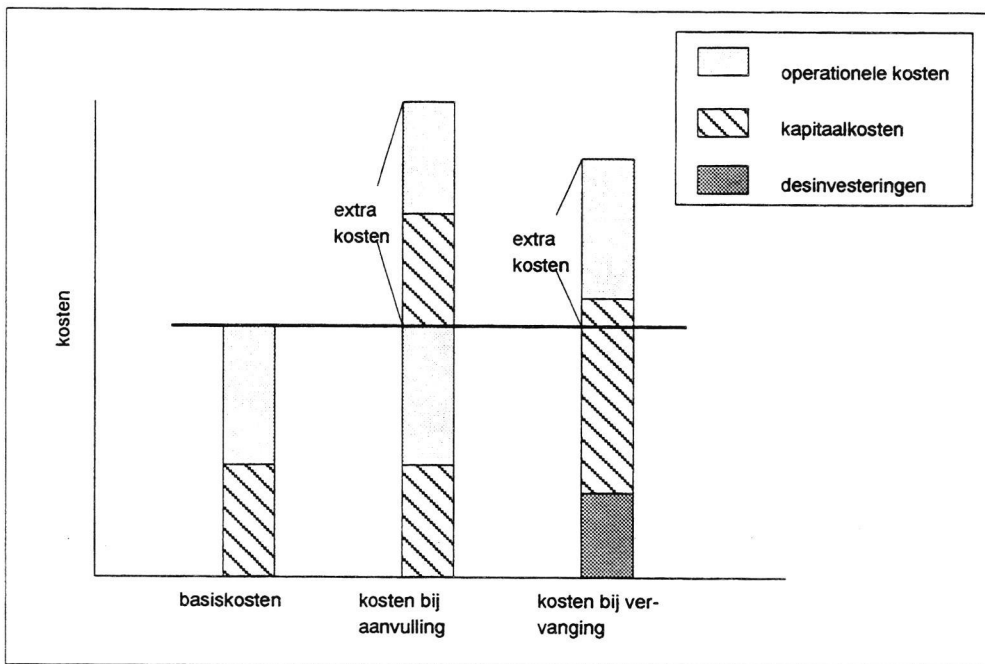
4.2 Aanvullende en vervangingsinvesteringen

Het wettelijk verankerde voorzorgprincipe leidt ertoe dat periodiek moet worden nagegaan of de eisen gesteld aan de processen en milieuvorzieningen nog in overeenstemming zijn met de laatste inzichten en mogelijkheden die ontwikkelingen van de stand der techniek bieden.

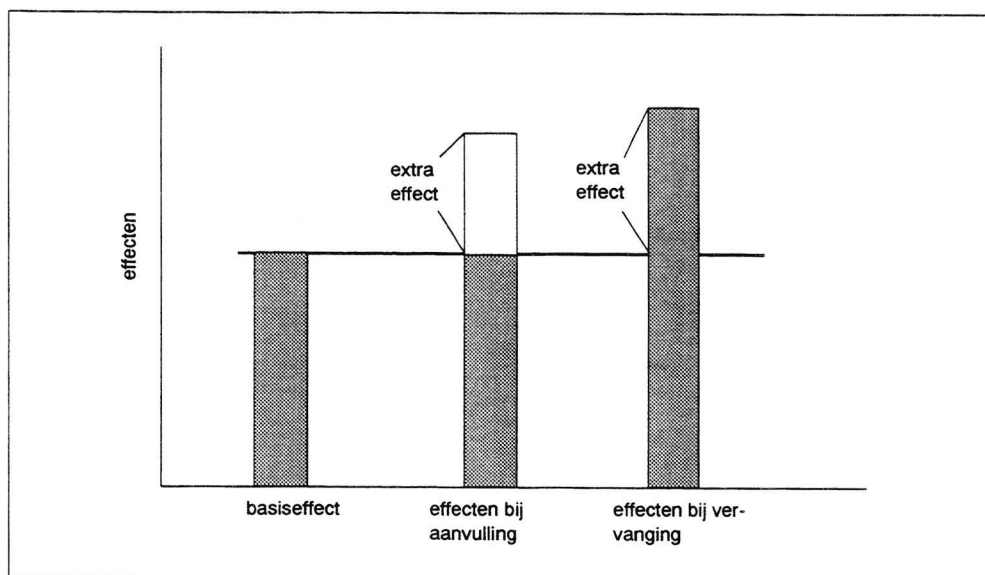
Wanneer een bestaande milieumaatregel naar het oordeel van het bevoegd gezag niet meer voldoet, dan kan worden overwogen om de bestaande maatregel uit te breiden of om deze te vervangen door een redelijke maatregel.

In dit soort gevallen kan een marginale en een totale kosteneffectiviteit worden berekend. De marginale kosteneffectiviteit wordt bepaald uit de extra kosten en de extra effecten; de totale kosteneffectiviteit kan worden bepaald uit de totale kosten en de totale effecten.

Dit wordt voor zowel een vervangings- als een aanvullende investering geïllustreerd in de figuren 3 en 4.



Figuur 3 Totale en marginale kosten van een maatregel



Figuur 4 Totale en marginale effecten van een maatregel

Bestaande maatregel

De kosten van de reeds bestaande maatregel worden gevormd door de som van de operationele kosten en de kapitaalkosten. Wanneer de bestaande maatregel jonger is dan tien jaar, dan kunnen de kapitaalkosten worden berekend als het produkt van de annuïteit (zie § 3.2) en de oorspronkelijke investering, gecorrigeerd voor inflatie met

Kosteneffectiviteit van milieumaatregelen in de industrie - Beschrijving van de methodiek - Eindrapport

behulp van de prijsindices uit het DACE-prijzenboekje. Wanneer de bestaande maatregel ouder is dan tien jaar, dient te worden ingeschat of de maatregel op afzienbare tijd moet worden vervangen. Is dit niet het geval dan zijn de kapitaalskosten gelijk aan nul (in zo'n geval is de maatregel nog steeds niet gratis, omdat nog operationele kosten aan de maatregel verbonden zijn). Is een herinvestering wel aan de orde, dan dient bij het berekenen van de kapitaalskosten rekening te worden gehouden met een hernieuwde investering.

Aanvullende investering

Bij een aanvullende investering zijn de marginale kosten gelijk aan de som van de kapitaalskosten en de operationele kosten tengevolge van de aanvulling. De marginale effecten zijn gelijk aan het effect van de extra maatregel. De marginale kosteneffectiviteit is het quotiënt van deze twee.

De totale kosten kunnen worden berekend als de som van de kosten van de reeds bestaande maatregel en de kosten van de extra maatregel.

De totale effecten worden gevormd door de som van de effecten van de bestaande en van de aanvullende maatregel. De totale kosteneffectiviteit is het quotiënt van de totale kosten en de totale effecten.

Vervangende maatregel

Bij een vervangende maatregel kunnen de totale kosten worden berekend uit de som van de kapitaalskosten van de vervangende maatregel, de kosten van kapitaalvernietiging door desinvestering en de operationele kosten van de vervangende maatregel. De wijze waarop de post kapitaalvernietiging door desinvestering kan worden berekend is beschreven in § 3.3. De totale effecten zijn de effecten, zoals met de vervangende maatregel worden gerealiseerd. De totale kosteneffectiviteit is het quotiënt van de totale kosten en de totale effecten.

De marginale kosten kunnen worden berekend als het verschil van de kosten van de vervangende maatregel en de kosten van de bestaande maatregel.

De marginale effecten zijn gelijk aan het verschil tussen de effecten van de vervangende maatregel en de effecten van de bestaande maatregel. De marginale kosteneffectiviteit is het quotiënt van de marginale kosten en de marginale effecten.

In bijlage 2.3 wordt deze berekeningswijze aan de hand van een voorbeeld verder toegelicht.

Marginale of totale kosteneffectiviteit?

Omdat het vermijden van een relatief kleine restemissie relatief duur is, zal de marginale kosteneffectiviteit in veel gevallen ongunstiger zijn dan de totale kosteneffectiviteit. Wanneer zo'n maatregel wordt getoetst aan een referentiekader, kan het dus voorkomen dat van een maatregel de marginale kosteneffectiviteit niet gangbaar is, terwijl de totale kosteneffectiviteit wel gangbaar is.

Zowel de marginale als de totale kosteneffectiviteit zijn grootheden waarmee in de praktijk rekening moet worden gehouden. Een ondernemer is voornamelijk geïnteresseerd in de extra kosten en de extra effecten, ongeacht het tijdstip waarop een maatregel genomen wordt. Een vergunningverlener kan in bepaalde gevallen het gehele pakket aan maatregelen willen toetsen aan de totale bedrijfsomvang en is dus geïnteresseerd in de totale kosteneffectiviteit.

Rekenwijze

Zowel de totale als de marginale kosteneffectiviteit hebben hun eigen specifieke betekenis en dienen beide een rol te spelen in de besluitvorming. De afweging, die in het geval van een aanvullende of vervangende investering dient te worden gemaakt, bestaat uit drie stappen:

1. een te nemen aanvullende of vervangende maatregel wordt getoetst op de totale kosteneffectiviteit. Deze toetsing levert als conclusie dat de totale kosteneffectiviteit van de maatregel al dan niet gangbaar is;
2. wanneer de totale kosteneffectiviteit gangbaar blijkt te zijn, kan de maatregel vervolgens worden getoetst op de marginale kosteneffectiviteit. Deze marginale kosteneffectiviteit zal in de regel ongunstiger zijn dan de totale kosteneffectiviteit. Wanneer de marginale kosteneffectiviteit acceptabel is, wordt de maatregel als gangbaar beschouwd; wanneer de marginale kosteneffectiviteit extreem ongunstig is, kan de maatregel worden beschouwd als niet gangbaar. Door de begeleidingscommissie wordt een acceptabele waarde voor een marginale kosteneffectiviteit voorgesteld van $1\frac{1}{2}$ keer de bovengrens van het referentiekader. Als extreme waarde wordt 4 keer de bovengrens van het referentiekader voorgesteld. Benadrukt dient te worden, dat deze waarden met de nodige omzichtigheid dienen te worden geïnterpreteerd.
3. In tussenliggende gevallen kan een aantal jaren uitstel worden verleend, waarmee het bedrijf schadeloos wordt gesteld, voor het overbodig worden van bestaande apparatuur. Het aantal jaren uitstel is afhankelijk van de ouderdom van de bestaande maatregel en wordt berekend op de wijze, beschreven in bijlage 5. Als praktisch voorbeeld kan de volgende tabel gebruikt worden.

Tabel VI Bepaling aantal jaren uitstel

Ouderdom bestaande maatregel	Aantal jaren uitstel
2	9
4	7
6	6
8	5
10	3
15	1
20+	0

Het aantal jaren uitstel wordt gerekend vanaf het moment, dat een maatregel als stand-der-techniek (in de betekenis als beschreven in de NeR) kan worden aangemerkt. Dit tijdstip zal voor de verschillende technieken centraal worden geregistreerd en kan daar worden opgevraagd (InfoMil).

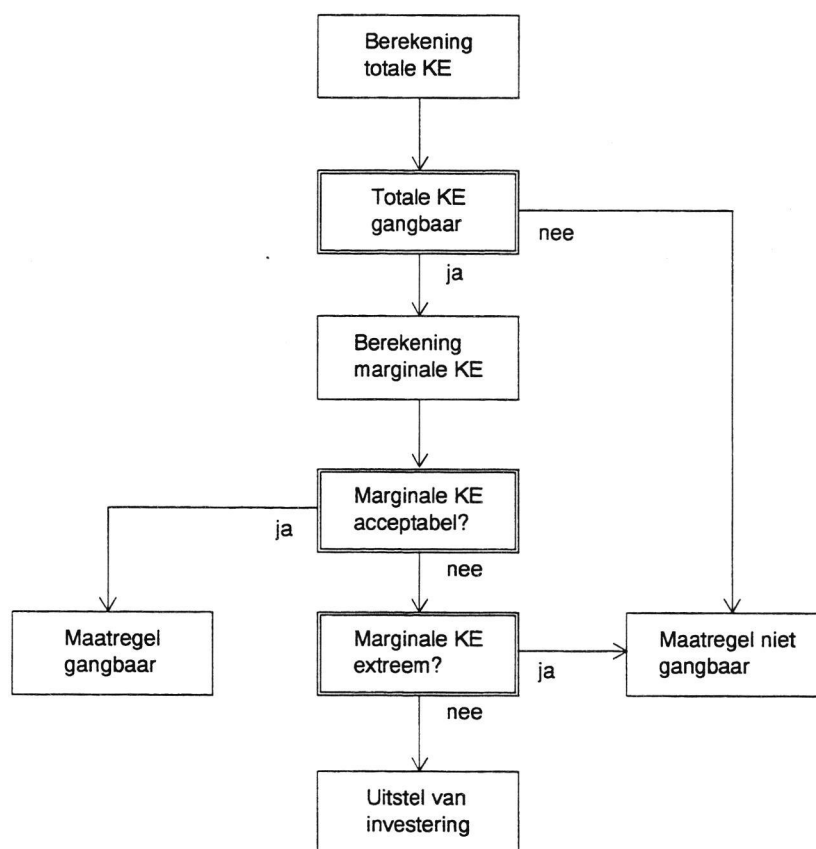
Voorbeeld:

Een maatregel is genomen in 1984. In 1990 werd een verbetering van de stand der techniek bereikt. In 1992 werd een vervangende maatregel door de vergunningverlener aan de orde gesteld. Het peiljaar is dus 1990. Op dat moment was de installatie 6 jaar oud, en wordt dus nog 6 jaar uitstel verleend. De vervangende maatregel zal dus in 1996 moeten worden gerealiseerd.

Kosteneffectiviteit van milieumaatregelen in de industrie - Beschrijving van de methodiek - Eindrapport

In de onderstaande figuur 5 staat de afweging in drie stappen nog eens schematisch weergegeven. Uiteindelijk wordt één van de volgende drie conclusies getrokken:

- de maatregel is gangbaar; er is geen sprake van enig uitstel;
- een uitstel van vervanging wordt verleend, waarmee het bedrijf schadeloos wordt gesteld voor de kapitaalvernietiging;
- de maatregel is niet gangbaar. Vervolg van het besluitvormingsproces als in figuur 1. (N.B. ook hier is geen sprake van uitstel).



Figuur 5 Besluitvormingsproces bij aanvullende en vervangende investeringen

In alle drie de gevallen verloopt het vervolg van het besluitvormingsproces op de wijze als aangegeven in figuur 5; de definitieve beslissing of een maatregel al dan niet dient te worden geïmplementeerd (al dan niet met een uitstel) wordt uiteindelijk bepaald door een aantal bedrijfsspecifieke omstandigheden.

4.3 Meerdere effecten

De meeste milieumaatregelen hebben meer milieu-effecten, dan het effect waar ze voor zijn ontworpen en gerealiseerd. Wil men het milieu-effect van een maatregel definiëren, dan kan men proberen om in de breedte tijdens de gehele levensduur

(van grondstof tot afvalfase) alle milieu-effecten, al het grondstofverbruik en alle energieconsumptie te kwantificeren, om deze vervolgens te sommeren. Methoden hiertoe zijn elders uitgebreid beschreven [bijvoorbeeld: de Wit, 1993, DHV, 1993]. Een dergelijke brede definitie van milieu-effect is niet wenselijk in deze methodiek, die eenvoudig hanteerbaar moet zijn.

Hoofdregel in deze methodiek is, dat alleen rekening wordt gehouden met die component waarvoor een milieumaatregel getroffen wordt. Andere effecten worden niet in beschouwing genomen, tenzij een maatregel expliciet is gerealiseerd, om de emissies van meerdere componenten te reduceren.

Berekeningswijze, wanneer een maatregel wordt getroffen om meerdere effecten te realiseren: Voor het sommeren van verschillende typen componenten worden weegfactoren (wf) geïntroduceerd. Door deze weegfactoren wordt verdisconteerd, dat emissiereductie van een gram van component A meer waard is dan emissiereductie van een gram van een minder schadelijke component B.

Het deel van de totale kosten, dat aan de bestrijding van een van de meerdere componenten moet worden toegerekend kan worden berekend uit:

$$TK_A = \frac{Q_A * wf_A}{Q_A * wf_A + Q_B * wf_B} * TK$$

Waarin TK_A de totale kosten zijn, welke kunnen worden toegeschreven aan de bestrijding van component A (in guldens); TK de totale kosten van de maatregel (in guldens); Q_A en Q_B de hoeveelheden vermeden emissie van A, respectievelijk B (beide in kg); wf_A en wf_B de weegfactoren van A respectievelijk B (dimensieloos);

De kosteneffectiviteit voor emissiereductie van component A, ke_A (in guldens per kg), kan vervolgens worden berekend uit:

$$ke_A = \frac{TK_A}{Q_A}$$

Bijvoorbeeld

Er worden momenteel enkele methoden ontwikkeld om de emissie van verschillende componenten met elkaar te vergelijken VROM [1992]. De meeste methoden beperken zich echter tot enkele componenten en lijken niet toepasbaar in deze studie.

De weegfactoren in deze methodologie zijn gebaseerd op de emissiegrenswaarden, als gegeven in de NeR [1992]. Bij het vaststellen van deze waarden is rekening gehouden met toxicologische en andere milieu-effecten van deze componenten. Hierdoor weegt een component met een sterker milieu-effect zwaarder dan een component met minder effect. Voordeel van deze methode is, dat voor relevante emissies op deze wijze een weegfactor valt af te leiden. De afwegingen, die bij het opstellen van de emissie-eisen in de NeR zijn gemaakt, worden impliciet in deze methodiek gebruikt om de weegfactoren te bepalen. Dit wil niet zeggen dat toepassing van deze weegfactoren beperkt dient te worden tot NeR-achtige emissies. In de praktijk komt het er op neer, dat als stof A een emissiegrenswaarde heeft, die vier keer zo laag is, als de emissiegrenswaarde van stof B, emissiereductie van stof A vier keer zo zwaar weegt. De dimensieloze weegfactor, wf, wordt gedefinieerd als honderd gedeeld door de emissiegrenswaarde, C_{eis} , als geformuleerd in de NeR:

Kosteneffectiviteit van milieumaatregelen in de industrie - Beschrijving van de methodiek - Eindrapport

$$wf = 100 \text{ [mg m}^{-3}\text{]} / C_{\text{eis}} \text{ [in mg m}^{-3}\text{]}$$

Tabel 1 geeft een overzicht van een aantal weegfactoren.

In bijlage 2.4 wordt een voorbeeld gegeven van het gebruik van deze weegfactoren.

Tabel 1 Weegfactoren

NeR-klasse	C_{eis} (mg/m ³)	Wf
C.1	0,1	1000
C.2	1	100
C.3	5	20
stof	10/25/50	10/4/2 ¹⁾
sA.1	0,2	500
sA.2	1	100
sA.3	5	20
gA.1	1	100
gA.2	5	20
gA.3	30	3
gA.4	200	0,5
gO.1	20	5
gO.2	100	1
gO.3	150	0,6
sA.1	10	10
sA.2	50	2
sA.3	50	2
SO _x (als SO ₂)	200	0,5
NO _x (als NO ₂)	200	0,5

¹⁾ Afhankelijk van massastroom.

Foutief gebruik van deze weegmethode

De fysische of economische achtergrond van deze wijze van vaststellen van de weegfactoren is beperkt. Daardoor is het gebruik van deze weegfactoren beperkt tot alleen het beantwoorden van de vraag welk deel van de kosten gerelateerd kunnen worden aan verwijdering van component A en B. Een tweetal voorbeelden van misbruik:

- het vaststellen van de totale effecten en de totale kosteneffectiviteit. Uit het voorbeeld in bijlage 2.4 zouden abusievelijk de effecten op $4 \cdot 2 + 1 \cdot 10 = 18$ ton kunnen worden bepaald, waaruit een kosteneffectiviteit van 111 gulden per kg volgt;
- het omrekenen van het referentiekader van A naar B. Stel dat uit onderzoek blijkt dat voor emissiereductie van component A een kosteneffectiviteit van 100 tot 200 gulden per kg gangbaar is, dan is het niet toegestaan op basis van de weegfactoren voor B een vijfvoudige kosteneffectiviteit gangbaar te achten.

4.4 Simultaan milieu-effect en ander effect

In een aantal gevallen komt het voor, dat een maatregel wordt getroffen om zowel een milieu-effect als een ander effect te bereiken. Dit andere effect kan dan liggen op het gebied van de arbeidsomstandigheden of de veiligheid. In een dergelijk geval kan niet de gehele installatie als milieumaatregel worden gezien, maar zal een deel daarvan als ARBO- of veiligheidsmaatregel moeten worden beschouwd.

Om de milieuinvestering van het andere deel te scheiden kan een theoretische minimale ARBO- of veiligheidsmaatregel worden gedefinieerd, waarvan de kosten kunnen worden bepaald. Dit zijn de minimale 'andere' kosten. Wanneer men deze minimale 'andere' kosten van de totale kosten aftrekt, resteren de milieukosten, oftewel:

$$\text{milieukosten} = \text{totale kosten} - \text{minimale 'andere' kosten}$$

Een voorbeeld hiervan wordt gegeven in bijlage 2.2.

4.5 Capaciteitsaanpassing tijdens implementatie van de milieumaatregel

Een toename of afname van de capaciteit van het proces in de periode dat een maatregel wordt getroffen heeft geen invloed op de kosteneffectiviteit, zoals ze met deze methodiek berekend wordt. Immers, zowel de emissie zonder, als de emissie met maatregel wordt geëxtrapoleerd naar de maximaal vergunde capaciteit.

Wanneer tijdens de realisatie van de maatregel de vergunde capaciteit wordt aangepast, heeft dit wel een effect. In zo'n geval wordt zowel de ongereinigde emissie, als de emissie met maatregel geëxtrapoleerd naar de capaciteit, zoals ze in de vernieuwde vergunning is vastgelegd.

Wanneer de capaciteit wordt uitgebreid door het openen van een nieuwe productielijn, geldt de methodiek als beschreven in § 4.6.

4.6 Opening nieuwe produktielijn

Wanneer de productiecapaciteit wordt uitgebreid met een nieuwe produktielijn, dan kan deze lijn worden voorzien van een eigen milieumaatregel. In zo'n geval wordt de berekening van de kosteneffectiviteit van de maatregel gebaseerd op de kosten en effecten bij deze produktielijn.

4.7 Procesgeïntegreerde maatregelen

Voor procesgeïntegreerde maatregelen is het niet zo eenvoudig om de kosteneffectiviteit te bepalen. De moeilijkheden worden hier voornamelijk veroorzaakt doordat de afzonderlijke kosten en effecten niet goed te kwantificeren zijn. Ook zullen de bovenbeschreven uitzonderingsregels frequenter moeten worden toegepast. Zo zal in veel gevallen sprake zijn van niet-milieuredenen om een maatregel door te voeren, of kunnen simultaan capaciteitswijzigingen worden doorgevoerd. In principe voldoet de hiervoor beschreven methodiek echter ook in het geval van een procesgeïntegreerde maatregel. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat de methodiek noch het referentiekader getoetst zijn bij dit soort maatregelen.

De kosten kunnen worden berekend uit de kapitaalskosten, de operationele kosten en de besparingen. De kapitaalskosten zullen in zo'n geval voor een relatief groot deel door desinvesteringen worden bepaald. Daarnaast zullen de besparingen aanzienlijk zijn en bestaan uit vermeden uitgaven (zoals vermeden onderhoud, vermeden grond- en hulpstoffen, vermeden reinigingsheffingen, etc.).

5 Referenties

- [1] Brandt A., Deenen F., Feberwee P., Graaf N. de, Laan P., Stoffers M., Visser J.M.:
1993, *Milieurendement als instrument voor gemeentelijk milieubeleid*, Instituut voor Milieuvraagstukken VU Amsterdam, studierapporten UBM no. 1993/5.
- [2] DACE:
1993, *DACE-Prijzenboekje*, Dutch Association of Cost Engineers, Leidschendam.
- [3] DHV:
1993, *Onderzoek emissiebeperkende technieken bij puntbronnen met lage VOS-concentraties, deel 3: Milieu-effecten van de betreffende technieken*. DHV Milieu- en Infrastructuur, Amersfoort, dossiernr. G1270-82-01.
- [4] Jol A., Duesmann H., Oonk J.,
1995, *Kosteneffectiviteit van milieumaatregelen*
Vaststellen van het referentiekader, DHV-MI, Amersfoort in samenwerking met TNO-ME, Apeldoorn
- [5] NeR:
1992, *Nederlandse Emissie Richtlijnen*, Stafbureau NeR, RIVM, Bilthoven, ISBN 90-6960-023-4.
- [6] TAUW Infraconsult:
1992, *Nageschakelde technieken voor de beperking van VOS-emissies via puntbronnen*, Onderzoeksprojecten in het kader van KWS 2000, Projectbureau KWS 2000, Den Haag.
- [7] Tebodin:
1990, *Bestrijdings-mogelijkheden van verzurende procesemissies in Nederland*, Publikatiereeks Lucht nr. 101.
- [8] VROM:
1992, *Milieu-effectrapportage*, 42, Inventarisatie-onderzoek 'wegen van effecten', Ministerie VROM, Den Haag.
- [9] VROM:
1994, *Methodiek Milieukosten - Achtergronddocument*, Publicatiereeks milieubeheer, nr. 1994/1, Ministerie VROM, Den Haag.
- [10] Weenk A., Annokkée G.J., Veen van H.J.:
1993, *Een gestructureerde benadering voor het prioriteren van milieumaatregelen*, TNO-ME, Apeldoorn, TNO-rapport 93-296.
- [11] Wit R., Taselaar H., Heijungs R., Huppes G.:
1993, *REIM: LCA-based ranking of environmental investments model*, Centrum voor Milieukunde Leiden, CML-report 103.

Kosteneffectiviteit van milieumaatregelen in de industrie - Beschrijving van de methodiek - Eindrapport

6 Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever

Ministerie van VROM

Afdeling bedrijven

t.a.v. Ing. L. de Jonge

Namen en functies van de medewerkers

Ir. J. Oonk (TNO-ME)

Ir. A. Jol (DHV-MI)

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed

DHV Milieu en Infrastructuur

Postbus 1076

3800 BB Amersfoort

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad

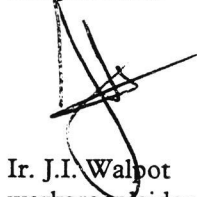
december 1993 - januari 1995

Ondertekening



Ir. J. Oonk
onderzoekleider

Goedgekeurd door



Ir. J.I. Walpot
werkgroep leider

Bijlage 1 Invloed van de rentevoet

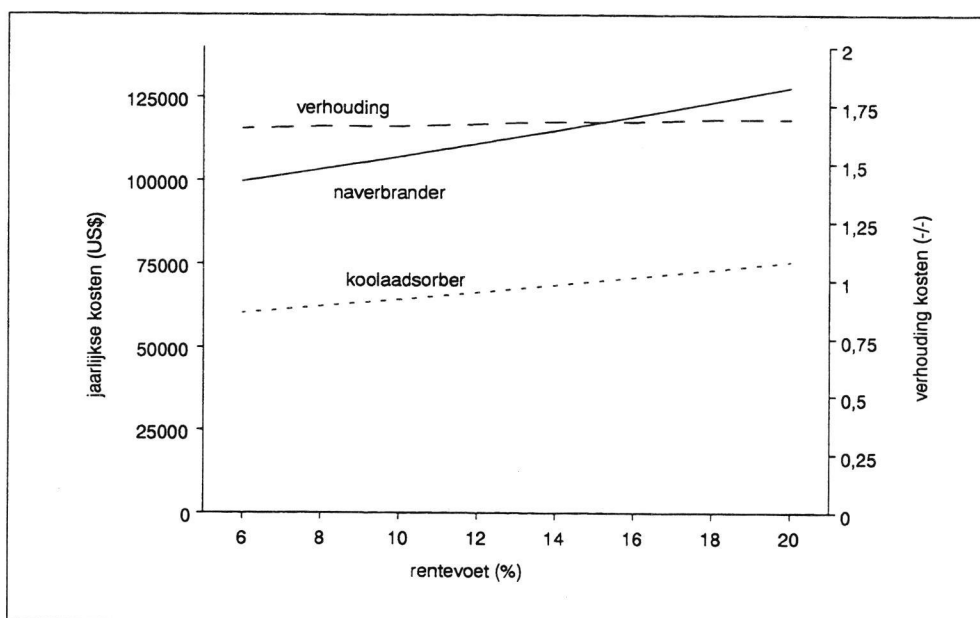
De jaarlijkse kosten van een apparaat zijn opgebouwd uit de operationele kosten en de kapitaalkosten. De laatste factor is afhankelijk van de rentevoet: hoe hoger de rentevoet, des te hoger de kapitaalkosten.

Wil men de kosten van twee apparaten vergelijken, dan is de verhouding van de kosten relatief onafhankelijk van de rentevoet, zoals blijkt uit een vergelijking van de kosten van een naverbrander met de kosten van een actief kool-filter (gebaseerd op SCAQMA [1992]).

De kapitaal- en de operationele kosten van beide technieken staan vermeld in tabel A1.1. De berekende jaarlijkse kosten en de verhouding tussen de kosten als functie van de rentevoet zijn weergegeven in figuur 1 (gerekend is met een afschrijftermijn 10 jaar).

Tabel 1 Investerings en operationele kosten in (US\$)

	Investerings	Operationele kosten
naverbrander	275.000	62.300
kooladsorber	149.000	40.000



Figuur 1 Jaarlijkse kosten en verhouding van de kosten als functie van de rentevoet

*Kosteneffectiviteit van milieumaatregelen in de industrie - Beschrijving van de methodiek -
Eindrapport*

Ondanks de gevoeligheid van de jaarlijkse kosten voor de rentevoet, is de verhouding van de kosten nagenoeg constant (in dit voorbeeld varieert deze verhouding van 1,65 tot 1,69 bij een verdisconteringsvoet, variërend van 6% tot 20%).

Bijlage 2 Berekeningsvoorbeelden

2.1 Een naverbrander - standaardberekening

Probleembeschrijving

Bedrijf A heeft een VOS-houdende afgasstroom, met een debiet van gemiddeld 75.000 Nm³ per uur en een concentratie aan de component X van 1 g Nm⁻³. Component X valt in de NeR-klasse gO.1 en conform NeR stelt de vergunningverlener een emissiegrenswaarde van 20 mg Nm³.

Op basis van de afgaskarakteristieken wordt gekozen voor een naverbrander, waarna op basis van een voorontwerp schattingen worden gemaakt van de aanschaffingsprijs, de bijkomende investeringen, de éénmalige investeringen, kosten voor onderhoud en bediening, 'utility'-verbruik en besparingen. Deze schattingen staan vermeld in tabel 1.

In de vergunning wordt uitgegaan van een productiecapaciteit met een bijbehorende afgasstroom van 100.000 Nm³ en dit gedurende 8500 bedrijfsuren per jaar. Deze gegevens vormen dus de basis van de berekening van de kosteneffectiviteit.

Volgens de vergunning dient het voorgeschakelde proces stil te worden gelegd tijdens storingen. Onderhoud van de naverbrander vindt plaats, in de periode dat het voorgeschakelde proces stilligt voor onderhoud, zodat de emissies gedurende storing en onderhoud gelijk zijn aan nul.

Uit de verkregen gegevens kan de kosteneffectiviteit worden berekend. Dit gebeurt in tabel 1.

Kosteneffectiviteit van milieumaatregelen in de industrie - Beschrijving van de methodiek - Eindrapport

Tabel 1 Berekening kosteneffectiviteit

- - aanschaffingsprijs		kf 5 000	(1)
- - bijkomende investeringen		kf 5 000	(2)
- - éénmalige investeringen	$0.25 * (1) =$	kf 1 250 +	(3)
- Totale investeringen	$(1)+(2)+(3) =$	kf 11 250	(4)
Kapitaalkosten	$0.163 * (4) =$	kf 1 834	(5)
- vaste operationele kosten	$0.05 * (1)+(2) =$	kf 500	(6)
- aardgas (Nm ³ /j)	$750\ 000 * f 0.17 =$	kf 128	(7)
- elektriciteit (kWh/j)	$1\ 000\ 000 * f 0.09 =$	kf 90 +	(8)
- besparingen (stoomproductie)		kf 200	(9)
Operationele kosten	$(6)+(7)+(8)-(9) =$	kf 518	(10)
Totale jaarlijkse kosten	$(5)+(10) =$	kf 2 353	(11)
Ongereinigde emissie	$100\ 000\ \text{Nm}^3\ \text{u}^{-1} * 8500\ \text{u}\ \text{j}^{-1} * 0.001\ \text{kg}\ \text{Nm}^{-3} =$	850000 kg j ⁻¹	(12)
Gereinigde emissie	$100\ 000\ \text{Nm}^3\ \text{u}^{-1} * 8500\ \text{u}\ \text{j}^{-1} * 0.00002\ \text{kg}\ \text{Nm}^{-3} =$	17000 kg j ⁻¹	(13)
- emissies tijdens onderhoud		0 kg j ⁻¹	(14)
- emissies tijdens storingen		0 kg j ⁻¹	(15)
Emissiereductie	$(12)-(13)-(14)-(15) =$	833000 kg j ⁻¹	(16)
Kosteneffectiviteit	$(11)/(16) =$	f 2,82 kg ⁻¹	

2.2 Stofafvangst in een productiehal - simultaan milieu- en ARBO-effect

Probleembeschrijving

Een bedrijf B heeft een proces, waarbij zonder aanvullende maatregel in de hal een hoeveelheid stofvormig tussenproduct vrij zou komen. Vanuit het oogpunt van arbeidsomstandigheden is dit niet acceptabel. Om die reden werd een afzuiginstallatie gerealiseerd, met een vervolgens een doekfilter voor afscheiding van het stof. Het stof dat wordt afgevangen kan als grondstof worden hergebruikt in het proces. Dit levert een besparing op.

In dit geval kunnen niet alle kosten van de installatie worden aangemerkt als milieu-kosten, aangezien de maatregel duidelijke ARBO-aspecten bevat. Het afzuigen van het stof kan worden aangemerkt als de minimale ARBO-maatregel. Het realiseren en opereren van het doekfilter kan worden beschouwd als de milieucomponent van de maatregel. De milieukosten zijn dan die kosten, die gemoeid zijn met dit doekfilter. Deze kosten staan weergegeven in tabel 2.

De effecten zijn niet nauwkeurig bekend. De hoeveelheid stof die wordt afgevangen kan worden geschat op basis van de massa aan stof dat wordt teruggevoerd: 500.000 kg per jaar. De onnauwkeurigheid hierin wordt geschat op 50%. Dit werkt direct en in zijn geheel door in het eindresultaat van de kosteneffectiviteitsberekening, zodat de kosteneffectiviteit daardoor ook een onnauwkeurigheid heeft van 50%.

Kosteneffectiviteit van milieumaatregelen in de industrie - Beschrijving van de methodiek - Eindrapport

In tabel 2 wordt de kosteneffectiviteit van deze maatregel berekend. Opgemerkt dient te worden dat in dit geval de maatregel al gerealiseerd is. Voor de methodiek doet dit er niet toe. Het eindresultaat wordt alleen wat nauwkeuriger, doordat de kosten en effecten achteraf beter bekend zijn.

Tabel 2 Berekening kosteneffectiviteit

- - aanschaffingsprijs stoffilter		kf 3 000	(1)
- - bijkomende investeringen		kf 3 000	(2)
- - éénmalige investeringen		kf 750 +	(3)
- Totale investeringen	(1)+(2)+(3) =	kf 6 750	(4)
Kapitaalskosten	0.163 * (4) =	kf 1 100	(5)
- vaste operationele kosten		kf 300	(6)
- elektriciteit (kWh/j) 1 100 000 * f 0.09 =		kf 99 +	(7)
- besparingen (hergebruik tussenprodukt)		kf 250	(8)
Operationele kosten	(6)+(7)-(8) =	kf 149	(9)
Totale jaarlijkse kosten	(5)+(9) =	kf 1 249	(10)
Emissiereductie		500 000 kg j ⁻¹	(11)
Kosteneffectiviteit	(10)/(11)=	f 2,50 kg ⁻¹	

2.3 VOS-bestrijding: vervanging en aanvulling

Definitie basistechniek

Een bedrijf emitteert een ongereinigde stroom met daarin op jaarbasis 100.000 kg X. Om deze emissie te reduceren heeft men een techniek A in gebruik genomen aan het begin van jaar 1. Deze investeringen bedroegen kf 600; de jaarlijkse operationele kosten bedragen kf 100. De totale jaarlijkse kosten gedurende de eerste tien jaar zijn te berekenen als $0,163 * kf 600 + kf 100 = kf 198$. De techniek A reduceert de emissie met 80% en verwijdert dus op jaarbasis 80.000 kg X. De kosteneffectiviteit van de techniek is f 2,48 per kg X.

Aanvullende investering

Na 5 jaar zijn de milieuzichten veranderd en overweegt men een verscherping van de emissie-eisen. Hieraan denkt men te voldoen door het realiseren van een tweede soortgelijke nageschakelde techniek A in serie na de reeds bestaande techniek A, met een investering van kf 600 en operationele kosten van kf 100 per jaar, zodat de jaarlijkse totale kosten hiervan eveneens kf 198 per jaar bedragen. Het effect van de aanvullende maatregel is, dat het 'overall'-rendement wordt verhoogd tot 96%.

De totale kosten zijn de totale kosten van de bestaande techniek A en de totale kosten van de aanvullende techniek A. De totale kosteneffectiviteit en de marginale kosteneffectiviteit kunnen hieruit worden berekend. De totale kosteneffectiviteit is $(kf 396 / 96.000 \text{ kg}) = 4.13 \text{ kf/kg}$; de marginale kosteneffectiviteit is $(kf 198 / 16.000 \text{ kg}) = 12.4 \text{ f/kg}$.

Kosteneffectiviteit van milieumaatregelen in de industrie - Beschrijving van de methodiek - Eindrapport

N.B. Bij een aanvullende investering is geen sprake van desinvesteringen en maakt het voor de totale kosteneffectiviteit noch voor de marginale kosteneffectiviteit iets uit, in welk jaar de aanvullende investering gerealiseerd wordt.

Vervangingsinvestering

Het alternatief voor een aanvullende maatregel is een vervangingsinvestering met een techniek B, dat een effectiviteit van 96% bereikt. Zo'n techniek B is beschikbaar: de investeringen voor deze techniek bedragen kf 900 en de jaarlijkse operationele kosten zijn kf 200.

In het geval dat de bestaande techniek A na vijf jaar hierdoor wordt vervangen is sprake van een desinvestering. De totale investering voor A was kf 600. De restwaarde is na vijf jaar nog 61.8% zie hoofdstuk II, tabel 2 hiervan, hetgeen neerkomt op kf 370.

De jaarlijkse totale kosten van de vervanging van techniek A door B bedragen kunnen worden berekend als $0,163 * (kf\ 900 + kf\ 370) + kf\ 200 = kf\ 407$. De jaarlijkse totale effecten zijn 96 000 kg, waaruit een totale kosteneffectiviteit kan worden berekend van 4,24 f/kg.

De jaarlijkse marginale kosten bedragen $kf\ 407 - kf\ 198 = kf\ 209$; de jaarlijkse marginale effecten bedragen $96.000\ kg - 80.0000\ kg = 16\ 000\ kg$, zodat de marginale kosteneffectiviteit 13,1 f/kg is.

In dit geval is na 5 jaar een vervangingsinvestering ongeveer even gunstig als een aanvullende. Omdat bij een vervangingsinvestering de post 'desinvesteringen' in de tijd afneemt, zal deze na verloop van tijd steeds gunstiger worden. Voor een aanvullende investering blijven de totale en de marginale kosteneffectiviteit constant, ongeacht het jaar waarin de maatregel getroffen wordt.

Vervanging na 10 jaar

Ook het geval dat een reeds afgeschreven techniek A wordt vervangen door techniek B, dan wordt ook dit door een bedrijf worden ervaren als extra milieukosten.

De wijze waarop in zo'n geval de marginale en totale kosteneffectiviteit kan worden berekend verloopt analoog als hiervoor beschreven: de kosten van de vervanging worden vergeleken met de kosten voor het continueren van de techniek A.

Het continueren van de techniek A brengt kosten met zich mee. Deze kosten zijn afhankelijk van de staat van de bestaande apparatuur: de mate waarin herinvesteringen (vervanging van onderdelen) nodig zijn.

Hiervoor kan een onder- en een bovengrens worden aangegeven:

- en ondergrens is het geval, dat de apparatuur in een zo goede staat verkeert, dat herinvesteringen niet nodig zijn. De jaarlijkse kosten worden in dit geval bepaald door de operationele kosten: kf 100;
- een bovengrens wordt gegeven door het geval dat het gehele herinvestering met eenzelfde techniek A dient plaats te vinden. In zo'n geval worden de herinvesteringen van kf 600 weer afgeschreven over de volgende tien jaar. De totale jaarlijkse kosten zijn dan kf 198.

De jaarkosten van de nieuwe techniek B bedragen kf 347. Het verschil tussen het continueren van techniek A en het vervangen door techniek B (dus kf 149 tot kf 247) wordt door het bedrijf ervaren als extra milieukosten.

De totale jaarkosten na vervanging bestaan alleen uit de kosten van de nieuwe techniek B: kf 347; er zijn immers geen afschrijvingen meer.

Kosteneffectiviteit van milieumaatregelen in de industrie - Beschrijving van de methodiek - Eindrapport

Stel dat met zo'n techniek de emissies met 90% kunnen worden teruggebracht, terwijl de investeringen *kf* 500 zijn en de operationele kosten *kf* 75 bedragen. Dan zijn de totale kosten van techniek C *kf* 157 per jaar, terwijl de totale effecten 90.000 kg per jaar zijn.

Bij vervanging van A door C, kunnen de marginale kosten negatief zijn (tussen de grenzen *kf* 8 per jaar en - *kf* 90 per jaar). In zo'n geval is ook de kosteneffectiviteit negatief en is het vanuit een bedrijfseconomisch oogpunt aantrekkelijk om een vervanging te plegen.

Hierbij dient te worden opgemerkt, dat de mogelijkheid bestaat, dat door technische vooruitgang een zowel efficiëntere, als goedkopere techniek C is ontwikkeld.

2.4 Emissiereductie van meerdere componenten

Een techniek heeft jaarlijkse kosten van *f* 10.000. Door deze techniek wordt een emissiereductie van component A op jaarbasis van 4 ton en van component B van 1 ton bereikt. De emissie-eis in de NeR van component A is 50 mg m⁻³ en van component B van 10 mg m⁻³. De weegfactoren zijn dan respectievelijk 2 en 10. Het aandeel van de kosten van emissiereductie, dat aan component A moet worden toegeschreven, TK_A, bedraagt *f* 4.400 Immers:

$$TK_A = \frac{2 \cdot 4}{2 \cdot 4 + 10 \cdot 1} \cdot 10000$$

De kosteneffectiviteit van emissiereductie van component A bedraagt 1,11 gulden per kg A. Op eenzelfde wijze kan het deel van de kosten en de kosteneffectiviteit voor emissiereductie van B worden bepaald op resp. 5600 en 5,60 gulden per kg. Deze 1,11 gulden per kg voor component A en de 5,60 gulden per kg voor component B kunnen worden gerelateerd aan het referentiekader voor zowel component A als B.

Bijlage 3 **Uitgangspunten berekening operationele kosten, als gehanteerd bij de bedrijfsbezoeken**

Uitgangspunten voor berekening van de operationele kosten (prijzen in f 1992/1993, exclusief BTW)

Te hanteren tarieven voor energie, grondstoffen en dergelijke (prijzen voor 1993).
Basis : DACE 1992 (prijspeil 3e kwartaal 1992) en energiedistributiebedrijf (REMU, 1993), indien niet anders aangegeven.

Aardgas

– verbruik tot 170.000 m ³ /jr	0,48 f/m ³
– verbruik van 170.000 - 1.000.000 m ³ /jr	0,21 f/m ³
– verbruik van 1.000.000 - 10.000.000 m ³ /jr	0,18 f/m ³
– verbruik van 10.000.000 - 50.000.000 m ³ /jr	0,17 f/m ³

Elektriciteit

– Bedrijfstijd < 1000 uur/jaar	0,20 f/kWh
– Bedrijfstijd 1000 - 2000 uur/jaar	0,16 f/kWh
– Bedrijfstijd 2000 - 4000 uur/jaar	0,10 f/kWh
– Bedrijfstijd > 4000 uur/jaar	0,09 f/kWh

Opmerkingen:

- Bedrijfstijd in dit kader: quotiënt van jaarverbruik (kWh) en pieklast (kW)) prijzen inclusief brandstof toeslag en op basis van middenspanningsnet, voor grootverbruikers) uitgaande van daguren, afgerond op 2 cijfers);
- indien elektriciteit intern binnen het bedrijf wordt opgewekt, wordt bij de berekening niet met deze (veelal lagere) prijs gerekend, maar met de marktprijs.

Zware stookolie	310 f/ton
Perslucht (6-7 bar)	0,06 f/m ³
Stoom	35,00/ton
Koelwater, onbehandeld	0,10 f/m ³
Proceswater, onthard	1,00 f/m ³
Warmtelevering (als warm water)	17,00 f/GJ
Arbeid (bediening en onderhoud)	80,00 f/uur ¹⁾
Restwaarde teruggewonnen VOS	
Onzuiver mengsel	00,00 f/kg ¹⁾
Zuiver (1 of 2 componenten ²⁾)	0,50 f/kg ¹⁾
Verzekering, administratie	1% van investeringen (apparatuur) ¹⁾
Vervuild water	80 f/VE ¹⁾
Ammoniak	250 tot 400 f/kg

1) Uitgangspunt DHV

2) Indien onbekend

Bijlage 4 Mogelijkheden voor opbrengsten en besparingen

VOS:

- naverbrander stoom/warmte
- adsorptie VOS
- absorptie VOS
- cryogeen VOS, stikstof

stof:

- alle technieken stof

NO_x:

- alle technieken -

SO₂:

- alle technieken gips
 elementair zwavel
 zwavelzuur

Bijlage 5 Bepaling van het aantal jaren uitstel



AANVULLENDE EN VERVANGENDE INVESTERINGEN

M.S.A. Vrijland, Universiteit Twente

Vaak doet zich de situatie voor dat een bedrijf al wel een emissie-beperkende maatregel in werking heeft, maar dat de restemissie groter is dan 'naar de stand der techniek' mogelijk zou zijn. Een aanvullende of vervangende maatregel ter verkleining van de restemissie moet dan worden getroffen, *mits kosteneffectief*. Aan dit criterium wordt voldaan als de ratio 'Kosten/effect' niet boven een als *aanvaardbaar* bestempelde waarde (bijvoorbeeld $f 10,-/kg$) ligt.

Een vraag is hoe de kosteneffectiviteit berekend moet worden als voorgesteld wordt een nog goed werkende, maar op het punt van emissie-reductie verouderde, milieuvoorziening te vervangen.

De vergunningverlener zal in eerste instantie willen uitgaan van de Totale Kosteneffectiviteit (T.K.E. = Totale Kosten/Totaal Effect) van de vervangende installatie.

Het bedrijf kijkt liever naar de Marginale Kosteneffectiviteit (M.K.E. = Toename kosten/Toename effect).

Meestal zal de T.K.E. in het aanvaardbare gebied liggen, de M.K.E. (ver) daarboven.

De hier voorgestelde oplossing gaat er van uit dat uitstel van vervanging of aanvulling voor een aantal jaren over die periode

- een kostenbesparing voor het bedrijf, en
- een extra belasting voor het milieu betekent.

De kostenbesparing en de extra milieulast kunnen worden berekend voor het tijdstip waarop een betere techniek ter beschikking komt. Zou de nieuwe techniek op dat tijdstip geïnstalleerd worden dan is de besparing nihil. Uitstel van investeren leidt tot een besparing, dankzij de tijdwaarde van geld.

Bij onmiddellijke vervanging worden de kosten berekend op basis van:

I_0 de investering in de nieuwe installatie,

$K(t)$ de (ouderdoms-afhankelijke) kapitaalvernietiging die het gevolg is van uit bedrijf nemen van de bestaande installatie wanneer deze nog

niet geheel is afgeschreven,
 ΔOC het verschil in jaarlijkse operationele kosten tussen de bestaande en de nieuw te installeren milieu-voorziening (meestal, maar niet noodzakelijkerwijs positief).

Uitstel van vervanging betekent een kostenbesparing S [kNLG]. Deze laat zich voor een uitstel van j jaar berekenen met formule (1), die in bijlage *** nader toegelicht en afgeleid wordt:

$$S = \left(\frac{\Delta OC}{i} + I_o + K_t \right) \cdot \left(1 - \frac{1}{(1+i)^j} \right) \quad [\text{kNLG}] \quad (1)$$

De extra milieulast L [t] die voortkomt uit het verlenen van uitstel is gelijk aan het aantal jaren uitstel vermenigvuldigd met het verschil in restemissie tussen de nieuwe en de bestaande voorziening:

$$L = j \cdot \Delta(\text{emissie}) = j \cdot \Delta e \quad [\text{t}] \quad (2)$$

De cumulatieve milieulast L groeit lineair met het aantal jaren uitstel, terwijl de groei van de contante waarde van de cumulatieve besparing S degressief is. Elk jaar uitstel laat de breuk 'besparing/milieulast' of S/L , uitgedrukt in [NLG/kg] dalen.

Door nu te bepalen bij hoeveel jaar uitstel (dus voor welke waarde van j) de kosteneffectiviteit van vervanging of aanvulling (dus S/L) gedaald is tot de grens van aanvaardbaar geachte kosteneffectiviteiten, wordt in beginsel het aantal jaren uitstel dat vervanging of aanvulling kosteneffectief maakt berekend:

$$\frac{S}{L} = \frac{1}{\Delta e} \cdot \left(\frac{\Delta OC}{i} + I_o + K_t \right) \cdot \frac{(1+i)^j - 1}{j \cdot (1+i)^j} \quad [\text{NLG/kg}] \quad (3)$$

Op grond van de overweging dat meer vervuilen dan technisch noodzakelijk is niet mag, wordt uitstel van vervanging slechts node verleend.

Elk extra jaar uitstel gaat daarom zwaarder tellen.

Om hieraan concreet uitdrukking te geven wordt beleidsmatig bepaald dat de j in formule (3) staat voor het kwadraat van het aantal jaren waarvoor uitstel van vervanging verleend kan worden.

Bij het beoordelen van de vraag of, en zoja wanneer, vervanging van een goed functionerende maar verouderde techniek kosteneffectief is kan met formule (3) berekend worden of, en zoja voor hoelang, uitstel van vervanging verleend kan worden. Resulteert de berekening in een uitstel van meer dan 10 jaar, dan is vervanging op kortere termijn niet kosteneffectief, en kan 'uitstel voor onbepaalde tijd worden verleend. Is de som van leeftijd van de bestaande installatie en het te verlenen aantal jaren uitstel kleiner dan 10 (de *default*-

waarde), dan zou beleidsmatig bepaald kunnen worden dat de bestaande installatie in ieder geval toch 10 jaar gehandhaafd mag blijven.

Het moge duidelijk zijn dat 'de vergunningverlener in het veld' niet zelf met formule (3) aan het werk hoeft. Ook zal het niet nodig zijn dat hij de waarde van j bepaalt in een *trial & error* procedure. Hem of haar zal een eenvoudig computermodelletje of een tabellenboekje ter beschikking worden gesteld dat uit de tien situatie-beschrijvende invoerwaarden automatisch de duur van het te verlenen uitstel bepaalt. Wat hierna nog volgt is alleen bedoeld om inzicht te geven in de basis-elementen van het model, zodat een eventuele belangstellende zelf kan gaan rekenen. Wie daarin niet geïnteresseerd is kan alles wat hier nog volgt ongelezen laten!

Verantwoording van het gebruikte model

Uit formule (3) is gemakkelijk in te zien dat de met de aanvaardbare K.E. te vergelijken breuk S/L zal dalen als het marginale milieu-effect groter wordt, en zal stijgen als de investering in de nieuwe installatie, de desinvestering en/of het verschil in operationele kosten groter zijn. Uit de tabel hiernaast In formule (3) komt een term voor die alleen afhankelijk is van de rentevoet i en (het kwadraat van) de uitstelperiode j . Deze term, die vooral niet verward mag worden met de annuïteitenformule, wordt hier verder de 'investeringsmultiplier' genoemd.

$$\frac{(1+i)^j - 1}{j \cdot (1+i)^j} = \frac{1.1^j - 1}{j \cdot 1.1^j} = \text{INVESTERINGSMULTIPLIËR} \tag{4}$$

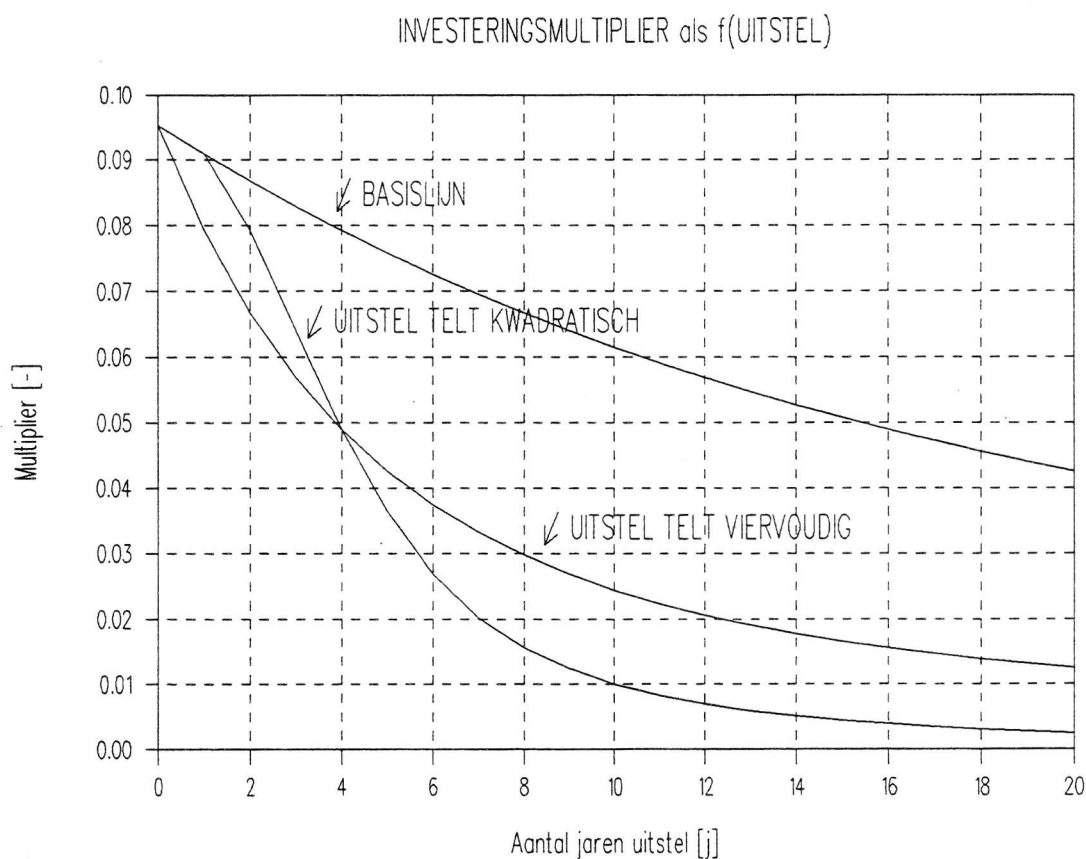
De waarde van de investeringsmultiplier is alleen afhankelijk van de rentevoet (die voor K.E. berekeningen op 10%/j bepaald is) en op de duur van het uitstel.

Tabel 1 geeft een aantal waarden van de multiplier als functie van het uitstel:

TABEL 1: Waarde van de Investeringsmultiplier I.M.:											
X = aantal jaren uitstel; j = X resp. X ² in formule (4)											
X	I.M. voor j=X	I.M. voor j=X ²									
0	.095	.095									
1	.091	.091	6	.073	.027	11	.059	.008	16	.049	.004
2	.087	.079	7	.070	.020	12	.057	.007	17	.047	.003
3	.083	.064	8	.067	.016	13	.055	.006	18	.046	.003
4	.079	.049	9	.064	.012	14	.053	.005	19	.044	.003
5	.076	.036	10	.061	.010	15	.051	.004	20	.043	.002

Worden jaren van uitstel X eenvoudig als j in formule (4) toegepast dan is de gevoeligheid van de breuk S/L voor het aantal jaren uitstel (te) laag, en gaat de waarde ervan in 10 jaar niet eens tot de helft terug. Voor de kwadratische telling van uitstel-jaren ($j = X^2$) is de gevoeligheid veel groter, en bovendien loopt de waarde van S/L in 10 jaar terug tot iets meer dan 10% van de waarde zonder uitstel.

Een en ander is duidelijk te zien, zowel in Tabel I als in Figuur 1 hieronder.



Figuur (1) laat de waarde van de investeringsmultiplier zien als functie van de periode van uitstel.

- De basislijn geeft de waarde als j staat voor het aantal jaren uitstel.
- De tweede lijn geeft de waarde als elk jaar uitstel voor 4 telt $j = 4X$.
- De derde lijn is de vastgestelde lijn, die de waarde van de investeringsmultiplier geeft als elk jaar uitstel kwadratisch telt. $j = X^2$.

Aan de berekening ligt een tiental invoergegevens ten grondslag, die worden ingevoerd in een rekenmodel of opgezocht in een tabellenboek.

Naast de voor K.E.-berekeningen overeengekomen disconteringsvoet van 10%/j, met annuitaire afschrijving in 10 jaar zijn dat:

- de ongereinigde milieulast van het beschouwde proces
 - de leeftijd van de bestaande milieumaatregel, en
- zowel van het bestaande als van de vervangende milieumaatregel
- de oorspronkelijke investering
 - de operationele kosten
 - de emissiereductie

De aanvaardbaar geachte K.E. voor de reductie van de betreffende emissie dient ook vastgesteld en gegeven te zijn.

Door de invoerwaarde j (= het kwadraat van het aantal jaren uitstel) te variëren wordt gezocht naar een zodanige waarde voor dat de kosteneffectiviteit van het uitstel gelijk wordt aan de aanvaardbaar geachte K.E..

De berekende X geeft het maximale aantal jaren waarin het gebruik van de bestaande milieumaatregel nog gedoogd kan worden. Uiteraard onder de volgende voorwaarden:

- de berekening wordt uitgevoerd voor het tijdstip waarop de nieuwe technologie voor het eerst beschikbaar komt.
- de bestaande installatie moet op ontwerpspecificatie (blijven) functioneren.
- de levensduur mag niet kunstmatig verlengd worden, bijv. door groot onderhoud.
- als de installatie vervangen wordt, mag dat alleen door een nieuwe die wel voldoet aan de actuele stand der techniek.

Een groot voordeel van de methode is ook dat hij, dankzij de onderliggende filosofie dat te goedkope milieubelasting niet acceptabel is, ook toegepast kan worden op de reductie van een - op zich bekeken - niet-kosteneffectief te bestrijden kleine ongereinigde last.

In de tabel hieronder wordt aangegeven hoeveel jaar uitstel gedoogd wordt in afhankelijkheid van de leeftijd van de bestaande installatie.

De bestaande installatie geeft in dit voorbeeld 70% reductie.

levensduur [j]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
uitstel [j]	3.74	3.68	3.60	3.52	3.43	3.33	3.20	3.06	2.89	2.69

Dit voorbeeld laat zien dat theoretisch de bestaande installatie maar 4 $\frac{3}{4}$ jaar gebruikt mag worden als er een aanzienlijk betere techniek (70% wordt 98% reductie) op de markt komt als hij nog maar 1 jaar oud is. Wordt dit ongewenst geacht dan kan beleidsmatig worden vastgesteld dat 10 jaar de minimale gebruiksduur zal zijn.

Een voorbeeld:

Voor een specifiek geval, waar een verbeterde techniek (98% reductie) ter beschikking kwam op het moment dat de bestaande installatie (70% reductie) juist boekhoudkundig afgeschreven was, is berekend dat de oude installatie nog (ten hoogste) 2 $\frac{3}{4}$ jaar in gebruik mag blijven. Alle gegevens staan hieronder:

UITSTELBEREKENING VOOR EEN NIET-KOSTENEFFECTIEVE MILIEUVOORZIENING

DE UITGANGSSITUATIE

De ongereinigde last [t/j]	100
K.E. aanvaardbaar tot [NLG/kg]	3.75

DE BESTAANDE VOORZIENING

Oorspronkelijke investering [kNLG]	500	
Leeftijd [j]	10	De voorziening is afgeschreven
Operationele kosten [kNLG/j]	100	
Emissie-reductie [1/j]	70%	
Huidige boekwaarde [kNLG]	0	De voorziening is afgeschreven
Investeringsjaarkosten [kNLG/j]	81	In de eerste 10 jaar
Totale jaarkosten [kNLG/j]	181	In de eerste 10 jaar
Restemissie [t/j]	30	
Totale K.E. [NLG/kg]	2.59	

DE VERVANGENDE VOORZIENING

Oorspronkelijke investering [kNLG]	1250	
Leeftijd [j]	0	De voorziening is nieuw
Operationele kosten [kNLG/j]	125	
Emissie-reductie [1/j]	98%	
Huidige boekwaarde [kNLG]	1250	
Investeringsjaarkosten [kNLG/j]	203	
Totale jaarkosten [kNLG/j]	328	
Restemissie [t/j]	2	
Totale K.E. [NLG/kg]	3.35	Aanvaardbaar

VERVANGING OP DIT MOMENT

Netto effect milieulast [t/j]	28	(100-30) - (100-98)
Netto meerkosten [kNLG/j]	228	328 - (181-81)
Marginale K.E. [NLG/kg]	8.16	Onaanvaardbaar N.B.: nog exclusief desinvestering

VERVANGING OVER X JAAR

X = [j]	2.69	Trial & Error waarde tot K.E. = 3.75
Waarde van j in formule (4)	7.24	$j = X^2$
CW Investering I ₀ + Desinvestering K(j)	1250	Boekwaarde oude inst + nieuwe inst.
$\Delta OC/i$ in formule (4)	275	$1.1 * \Delta OC / 0.1$
Investeringsmultiplier in formule (4)	0.0689	$(1.1^{7.24} - 1) / (7.24 * 1.1^{7.24})$

BESPARING/MILIEULAST [NLG/kg]	3.75	$(275 + 1250 + 0) * 0.0689 / 28$ AANVAARDBAAR!
-------------------------------	------	---------------------------------------------------

Hierna volgt nog op

p.7: een afdruk van een spreadsheetmodel, met op
p.8: de bijbehorende formules.

UITSTELBEREKENING VOOR EEN NIET-KOSTENEFFECTIEVE MILIEUVOORZIENING
(basisgegevens in de omkaderde hokjes, berekende waarden in de overige)

DE UITGANGSSITUATIE			
	I	II	III
De ongereinigde last [t/j]		A1	100
K.E. aanvaardbaar tot [NLG/kg]		A2	3.75
DE BESTAANDE VOORZIENING			
Oorspronkelijke investering [kNLG]		B1	500
Leeftijd [j]		B2	10
Operationele kosten [kNLG/j]		B3	100
Emissie-reductie [1/j]		B4	70.0%
Huidige boekwaarde [kNLG]	(4)	B5	0
Investeringsjaarkosten [kNLG/j]	(5)	B6	81
Totale jaarkosten [kNLG/j]	(6)	B7	181
Restemissie [t/j]	(7)	B8	30
Totale K.E. [NLG/kg]	(8)	B9	2.59
DE VERVANGENDE VOORZIENING			
Oorspronkelijke investering [kNLG]		C1	1250
Leeftijd [j]		C2	0
Operationele kosten [kNLG/j]		C3	125
Emissie-reductie [1/j]		C4	98.0%
Huidige boekwaarde [kNLG]	(5)	C5	1250
Investeringsjaarkosten [kNLG/j]	(6)	C6	203
Totale jaarkosten [kNLG/j]	(7)	C7	328
Restemissie [t/j]	(8)	C8	2
Totale K.E. [NLG/kg]	(9)	C9	3.35
VERVANGING OP DIT MOMENT			
Netto effect milieulast [t/j]	(10)	D1	28
Netto meerkosten [kNLG/j]	(11)	D2	228
Marginale K.E. (exclusief desinvestering) [NLG/kg]	(12)	D3	8.16
VERVANGING OVER X JAAR			
X = [j]		E1	2.69
Waarde van j in formule (3): $j = X^2$	(13)	E2	7.24
Contante waarde Investering Io + Desinvestering Kj	(14)	E3	1250
Delta OC/i in formule (3) (+ 10%)	(15)	E4	275
Investeringsmultiplier in formule (3)	(16)	E5	0.0689
BESPARING/MILIEULAST [NLG/kg]	(17)	E8	3.75

KOLOM I: verwijst naar de gebruikte formule
 KOLOM II: in de formules gebruikt symbool
 KOLOM III: een voorbeeld
 KOLOM IV: zelf in te vullen

Vul de vetgedrukte gegevens in en pas X aan in E1 tot E8 kleiner wordt dan A2.

UITLEG VAN HET SPREADSHEETMODEL

- In kolom IV kunnen eigen gegevens worden ingevuld, in de omliggende hokjes.
- In kolom III zijn de invoergegevens van een concreet voorbeeld opgenomen, en de resultaten van (tussen)berekeningen met die invoergegevens.
- In kolom II wordt aan elk getal in kolom III of IV een symbool gehecht, om
- in kolom I aan te geven uit welke berekening de waarde in kolom III of IV bepaald is.

$$B5 = B6 \cdot \frac{1.1^{(10 - B2)} - 1}{0.1 \cdot 1.1^{(10 - B2)}} \quad (5)$$

$$B6 = B1 \cdot \frac{0.1 \cdot 1.1^{10}}{1.1^{10} - 1} \quad (6)$$

$$B7 = B3 + B6 \quad (7)$$

$$B8 = (1 - B4) * A1 \quad (8)$$

$$B9 = B7 / (A1 - B8) \quad (9)$$

$$D1 = B8 - C8 \quad (10)$$

$$D2 = C7 - B3 \quad (11)$$

$$D3 = D2/D1 \quad (12)$$

$$E2 = E1^2 \quad (13)$$

$$E3 = B5 + C5 \quad (14)$$

$$E4 = 1.1 * (C3 - B3)/0.1 \quad (15)$$

$$E5 = (1.1^{E2} - 1)/(E2 * 1.1^{E2}) \quad (16)$$

$$E8 = E(E3 + E4) * E5/D1 \quad (17)$$

Bijlage 6 Overzicht kostenstudies

In deze bijlage wordt een overzicht gegeven van literatuur, waarin wordt ingegaan op de kosteneffectiviteit van de mogelijke technieken voor bestrijding van VOS, stof, NO_x en SO₂.

Tabel 1 VOS

Thermische naverbrander	Purcell, 1985
	SCAQMD, 1992
	Vatavuk, 1990
Katalytische naverbrander	Purcell, 1985
	Calvert, 1984
Adsorber (kool)	Purcell, 1985
	SCAQMD, 1992
	Vatavuk, 1990
Gaswassing	LUCHT, 29, 56
	Joziasse, 1992 ^F
(Cryo) condenser	LUCHT, 32, 33
	Vatavuk, 1990
Fakkels	Vatavuk, 1990
Biofilter	LUCHT, 29, 57, 72
	Joziasse, 1992
	Vatavuk, 1990 ^F
Biowasser	Joziasse, 1992
Algemeen	van Riel, 1991

Tabel 2 Stof

Doekfilter	Joziasse, 1992 ^F
	LUCHT, 59
	Schwaanhuysen, 1992
	Vatavuk, 1990
Elektrofilter	Joziasse, 1992 ^F
	LUCHT, 59
	Schwaanhuysen, 1992
	Turner, 1988
Cycloon	Vatavuk, 1990
	Joziasse, 1992 ^F
	LUCHT, 59
Natte water	Schwaanhuysen, 1992
	Schwaanhuysen, 1992
	Vatavuk, 1990

*Kosteneffectiviteit van milieumaatregelen in de industrie - Beschrijving van de methodiek - Eindrapport*Tabel 3 SO_x

Algemeen	Dacey, 1987 Vatavuk, 1990 ^F
Droog proces	Joziasse, 1992 ^F Remmers, 1985
Welman-Lord	CONCAWE, 1988
Loogwassing	Nugteren, 1991
Nat proces	Nugteren, 1991
Degussa-H ₂ O ₂	Badger, 1989
Haldor-Topsoe	Badger, 1989

Tabel 4 NO_x

Algemeen en proces-geïntegreerd	LUCHT, 8, 75
Selective Catalytic Reduction	LUCHT, 8 Badger, 1989 Joziasse, 1992 ^F
Non-Selective Catalytic Reduction	LUCHT, 8

Kosteneffectiviteit van milieumaatregelen in de industrie - Beschrijving van de methodiek - Eindrapport

Referenties:

- Badger, 1991, *Onderzoek emissiebeperkende maatregelen in de industrie*, Badger BV, Den Haag.
- Calvert S., 1984, *Handbook of air pollution technology*, John Wiley and Sons.
- CONCAWE, 1988, *Regenerative flue gas desulphurization in European oil refineries - Cost estimates based on a European application*, CONCAWE, Den Haag.
- Dacey P.W., Cope D.R./IEA, dec. 1989, *Flue gas desulphurization - system performance*, ISBN 92-9029-139-7.
- Gyurik A.S.E., 1993, *Efficiënte afgasreiniging met de Reox Combu-Changer vanuit een technisch en economisch perspectief*, Symposium nageschakelde technieken, 9 juni 1993, Universiteit Eindhoven.
- Joziassse J., Wiering A.C.F.-TNO/RIVM, aug. 1992, *Monografieën informatiesysteem technieken, compartiment lucht, Rapport nr. 736101007*, RIVM, Bilthoven.
- Publicatiereeks LUCHT, 8, 1983, *Technologische gegevens voor het NO_x-beleid*.
- Publicatiereeks LUCHT, 29, 1984, *Criteriadocument over acrylonitril*.
- Publicatiereeks LUCHT, 30, 1984, *Criteriadocument over 1,2-dichloorethaan*.
- Publicatiereeks LUCHT, 31, 1984, *Criteriadocument over epichloorhydrine*.
- Publicatiereeks LUCHT, 32, 1984, *Criteriadocument over tetrachlooretheen*.
- Publicatiereeks LUCHT, 33, 1984, *Criteriadocument over trichlooretheen*.
- Publicatiereeks LUCHT, 34, 1984, *Criteriadocument over vinylchloride*.
- Publicatiereeks LUCHT, 55, 1986, *Criteriadocument over chloroform*.
- Publicatiereeks LUCHT, 56, 1986, *Criteriadocument over fenol*.
- Publicatiereeks LUCHT, 57, 1986, *Criteriadocument over styreen*.
- Publicatiereeks LUCHT, 58, 1988, *Criteriadocument over tetrachloormethaan*.
- Publicatiereeks LUCHT, 59, 1988, *Criteriadocument over fijn stof*.
- Publicatiereeks LUCHT, 72, 1988, *Biofiltratie*.
- Publicatiereeks LUCHT, 75, 1988, *NO_x-emission in the proces industry*.
- Nugteren M., Schinkel J., Zevenhoven M., Snuverink M., aug. 1991, *Bestrijdingsmogelijkheden van verzurende procesemissies in Nederland*, Tebodin, Den Haag.
- Remmers J., Rentz O., 1985, *Measures and costs to reduce SO₂ and NO_x emissions with special regard to industry* (bijlage 12 in Nugteren, 1991).
- Riel P.H. van, Driel C. van, feb. 1992, *Nageschakelde technieken voor de beperking van VOS emissies via puntbronnen*, Projectbureau KWS-2000.
- Schwaanhuijser L.-JanTech BV., *Selecteren op basis van kosten*, Conferentie 'industriële stofemissies', 6 oktober 1992, Maarssen.
- SCAQMD (South Coast Air Quality Management District), feb. 1992, *Best Available Control Technology (BACT) Guidelines*, SCAQMD, El Monte, California, USA.
- Turner J.H., 1988, *Sizing and costing of Electrostatic Precipitators, part 2: Costing Considerations*, JACPA, 38(4).
- Vatavuk W.M., 1990, *Estimating costs of air pollution control*, Lewis Publishers, Chelsea Michigan, ISBN 0-87371-142-4.