



# NYTTIGGØRELSE AF BRÆNDBART AFFALD

---

VELFÆRDSØKONOMISK ANALYSE  
AF MEDFORBRÆNDING  
VED CEMENTPRODUKTION PÅ  
AALBORG PORTLAND A/S

---

FEBRUAR 2004



INSTITUT FOR MILJØVURDERING  
ENVIRONMENTAL ASSESSMENT INSTITUTE

Journal nr.: 2002-1604-001

ISBN.: 87-7992-022-5

Udarbejdet af : Clemen Rasmussen (Projektansvarlig) og Per Reimann

Udgivet: Februar 2004

Version: 1.1

©2004, Institut for Miljøvurdering

Henvendelse angående rapporten kan ske til:

Institut for Miljøvurdering

Linnésgade 18

1361 København K

Tlf.: 7226 5800

Fax: 7226 5839

e-mail: [imv@imv.dk](mailto:imv@imv.dk)

[www.imv.dk](http://www.imv.dk)

## INDHOLDSFORTEGNELSE

<b>SAMMENDRAG</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>7</b>
<b>1 INDLEDNING</b>	<b>11</b>
<b>2 AFFALDSFORBRÆNDING I DANMARK</b>	<b>13</b>
2.1 KOMMUNAL AFFALDSFORBRÆNDING	13
2.2 ELPRODUKTION OG FJERNVARMEFORSYNING	14
2.3 MELLEMLAGNING AF BRÆNDBART AFFALD	15
2.4 MEDFORBRÆNDING	15
2.5 VELEGNED E AFFALDSTYPER TIL MEDFORBRÆNDING	17
2.6 EKSPORT AF BRÆNDBART AFFALD MED HØJ BRÆNDVÆRDI	20
2.7 SAMMENLIGNING AF FORBRÆNDING OG MEDFORBRÆNDING	20
<b>3 VELFÆRDSØKONOMISK ANALYSE</b>	<b>21</b>
3.1 INDLEDNING OG TERMINOLOGI	21
3.2 PROBLEMSTILLINGEN	22
3.3 UDBYGNING AF MEDFORBRÆNDING	24
3.4 IMPORT AF BRÆNDBART AFFALD	42
3.5 TEKNIKVALG – UNDLADE ETABLERING AF NY FORBRÆNDINGSKAPACITET	44
3.6 OVERFLYTNING FRA EKSISTERENDE FORBRÆNDINGSANLÆG	58
<b>4 SAMMENFATNING AF RESULTATER</b>	<b>61</b>
4.1 VELFÆRDSØKONOMISK ANALYSE	61
4.2 FØLSOMHEDSANALYSE	65
4.3 BUDGETØKONOMISK ANALYSE – FORDELINGSMÆSSIGE KONSEKVENSER	68
<b>5 PERSPEKTIVER</b>	<b>73</b>
<b>6 KONKLUSION</b>	<b>77</b>
<b>TAK TIL</b>	<b>79</b>
<b>REFERENCELISTE</b>	<b>80</b>
<b>BILAG</b>	<b>82</b>

BILAG 1.	82
BILAG 2.	83
BILAG 3.	84
BILAG 4.	85
BILAG 5.	86

## S A M M E N D R A G

### *Baggrund*

Bortskaffelsen af brændbart affald er i dag en opgave som varetages af fælleskommunale affaldsforbrændingsanlæg. De offentlige affaldsforbrændingsanlæg producerer enten varme eller kraftvarme. Samtidig har kommunerne retten til at anvise affaldet, både til behandlingsmetode og til selskabet som skal stå for den endelige bortskaffelse. Kommunernes dobbeltrolle inden for affaldshåndteringen er en hæmsko for produktionsvirksomheder, som f.eks. Aalborg Portland A/S, der ønsker at medforbrænde affald. Det paradoksale er, at det er velfærdsøkonomisk mere hensigtsmæssigt at udbygge medforbrænding ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S end at udbygge den offentlige forbrændingskapacitet.

En rundspørge blandt energitunge virksomheder i Danmark tyder på, at der er et betydeligt potentiale for medforbrænding. I beregningerne i nærværende rapport er forudsat en affaldsmængde til medforbrænding på 100.000 tons affald. Potentialet er sandsynligvis væsentligt større. Alene Aalborg Portland A/S har på sigt mulighed for at aftage op mod 250.000 tons brændbart affald. Derudover er andre energitunge virksomheder interesseret i at medforbrænde affald. Forholdene på disse virksomheder kan selvfølgelig adskille sig fra forholdene ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S, hvorfor det ikke er tilstrækkeligt undersøgt, om det er en velfærdsøkonomisk fordel at udnytte disse muligheder. Pointen er imidlertid, at der eksisterer betydelige uudnyttede muligheder for medforbrænding.

Affaldstyperne som i dag kan erstatte fossilt brændsel ved cementproduktion på Aalborg Portland A/S er f.eks. dæk, gummi, papiraffald, spildolie, træaffald, papirslam, spildevandsslam, plastik, etc.

### *Formål*

Nærværende rapport fra Institut for miljøvurdering (IMV) undersøger, om det er velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt at erstatte fossilt brændsel med brændbart affald ved cementproduktion på Aalborg Portland A/S. Det undersøges endvidere hvilken af alternativerne for tilførsel af affald til cementproduktionen som er velfærdsøkonomisk mest hensigtsmæssigt. Alternativerne er a) import, b) unklade etablering af nye affaldsforbrændingsanlæg, eller c) overflytte brændbart affald fra det mest effektive eksisterende affaldsforbrændingsanlæg. Forskellen mellem al-

ternativ b og c er, at b belyser en teknikvalgsproblemstilling og c undersøger om det kan betale sig at skifte teknik nu.

### *Resultater*

#### **Importér brændbart affald (alternativ a):**

Den velfærdsøkonomiske nettogevinst ved at udbygge medforbrænding ved cementproduktion på Aalborg Portland A/S og importere brændbart affald vurderes at ligge i størrelsesordenen 458 mio. kr.<sup>1</sup> Inkl. prissætning af emissionskonsekvenser bliver nettogevinsten på 658 mio. kr. Lande som Norge og Tyskland er i dag villige til at betale Aalborg Portland A/S for bortskaffelse af brændbart affald. Det er dog tvivlsomt, om den udenlandske betalingsvilje vil opretholdes på nuværende niveau, efterhånden som der etableres nye forbrændingsanlæg i udlandet.

Ovenstående resultat understreger det uhensigtsmæssige i, at Danmark i en år-række har eksporteret affald, f.eks. dæk, til termisk nyttiggørelse i udlandet og samtidig betalt udlandet for bortskaffelsen. Det havde været mere hensigtsmæssigt at medforbrænde affaldet ved cementproduktion i Danmark.

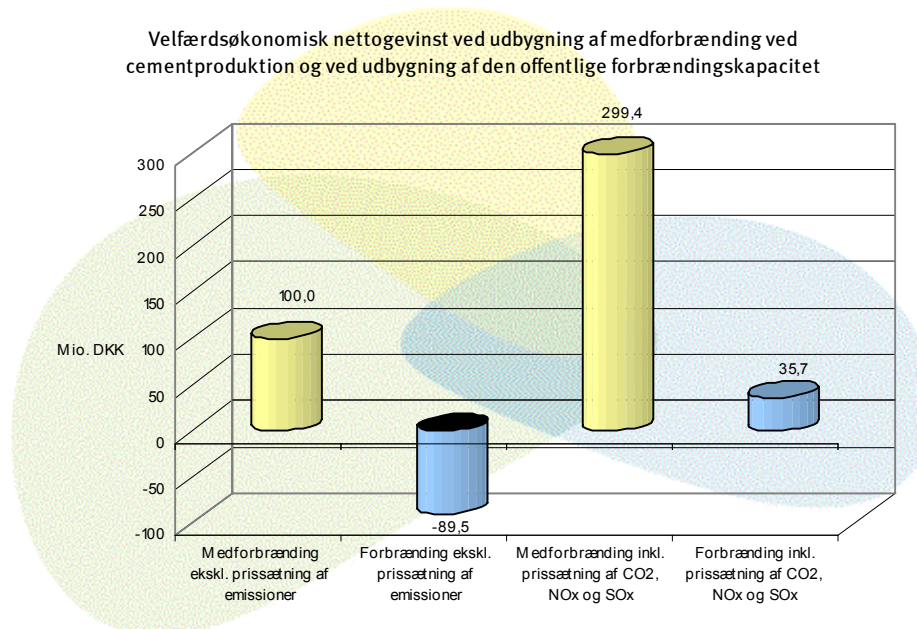
#### **Undlad udbygning af offentlig forbrænding (alternativ b):**

Analysen af alternativ b indikerer, at den velfærdsøkonomiske nettogevinst ved at udbygge medforbrænding ved cementproduktionen ved Aalborg Portland A/S og undlade at udbygge den offentlige forbrændingskapacitet ligger i størrelsesordenen af 189 mio. kr. Inkl. prissætning af emissionskonsekvenser for CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub> er tallet 264 mio. kr. Disse beløb svarer til forskellen mellem de gule og blå søjler i Figur 1. Analysen af alternativ b indikerer dermed, at medforbrænding samlet set er et bedre teknikvalg end offentlig forbrænding. Resultaterne er illustreret i Figur 1.

---

<sup>1</sup> Dette og de følgende resultater er angivet i nutidsværdi over 20 år og beregnet med en kalkulationsrente på 6 procent.

**Figur 1. Velfærdsøkonomiske nettogevinster ved hhv. udbygning af medforbrænding og udbygning af forbrænding**



NOTE: BELØBENE ER ANGIVET I NUTIDSVÆRDI, I MIO. KR. OG 2002-PRISER, OG ER BEREGNET MED EN KALKULATIONSRENTE PÅ 6% OVER 20 ÅR, FOR 100.000 TONS BRÆNDBART AFFALD.

### Udbygning af medforbrænding og overflytning af brændbart affald fra det mest effektive eksisterende affaldsforbrændingsanlæg (alternativ c):

Dette alternativ er *ikke* velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt. Der er tale om et velfærdsøkonomisk nettounderskud på 149 mio. kr. ekskl. prissætning af emissionskonsekvenser, og et underskud på 75 mio. kr. inkl. prissætning af emissionskonsekvenser.

Det kan derimod være velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt at overflytte affald fra de mest ineffektive anlæg, f.eks. hvis de velfærdsøkonomiske driftsomkostninger ved et forbrændingsanlæg er over 62 procent højere end det ved det mest effektive anlæg. Inkl. prissætning af emissionskonsekvenser for CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub> er tallet kun 31 procent. Analyser af bruttoomkostningerne ved de danske forbrændingsanlæg tyder på en vis spredning pr. tons forbrændt affald, og det dyreste anlæg er over dobbelt så dyrt som det billigste. Dette skyldes bl.a. variationer i den egentlige drift.

### *Perspektiver*

*Cand. pol., professor i offentlig forvaltning, Jørgen Grønnegård Christensen har på opfordring af IMV skrevet rapportens afsluttende kapitel, der kommenterer den kommunale anvisningspligt af brændbart affald.*

Professor Jørgen Grønnegård skriver, at den nuværende regulering af affaldssektoren betyder, at man aldrig får prøvet af, om der eventuelt kunne være aftagere, som satte en højere pris på affaldet, fordi de kan få mere ud af affaldet end de offentlige forbrændingsanlæg. Problemet er, at kommunernes interesser er sammenblandet. På den ene side har de ikke mange tilskyndelser til at tænke i økonomi. På den anden side har de også andre opgaver, og en af dem er at sikre varme til deres borgere. Kommunerne er ikke kun affaldsansvarlige myndigheder, men også planlægningsmyndigheder og i nogle kommuner er de yderligere producenter og leverandører på varmeområdet.

Ifølge Grønnegård er der behov for en indsats på tre områder:

- Fjernelse af kommunernes anvisningsret. Kommunernes opgave skal i stedet være at tilse, at bortskaffelse og håndtering af affaldet sker i overensstemmelse med gældende miljøkrav, dvs. varetagelse af myndighedsopgaven alene.
- De fælleskommunale affaldsselskaber lægges ind i det offentlige hierarki, f.eks. i amterne, eller gøres til aktieselskaber. I den sammenhæng bør hvile-i-sig-selv-princippet opgives. Det ville klargøre en del af spillereglerne.
- Derfor foreslås at de kommunale affaldsselskaber bliver privatiserede. Herved fås adskillelsen af regulerings- og myndighedsfunktioner på den ene side, og driftsfunktioner på den anden side.



## A B S T R A C T

### *Background*

At present, incineration of waste is a task managed by Danish municipalities. The municipal incinerators recover the energy of the waste and produce heat or combined heat and electricity. At the same time, Danish municipalities hold the legal right both to assign the waste its disposal method and to choose the agent responsible for the final disposal. The dual role of the municipalities is a barrier for production companies like Aalborg Portland A/S, which want to replace fossil fuels with combustible waste. Paradoxically, the net social benefits of increasing the amount of waste used as a replacement for fossil fuels in the production of cement at Aalborg Portland A/S, exceed the net social benefits of enlarging the municipal incineration capacity.

An investigation among production companies with heavy energy-consumption seems to show a significant potential for the use of waste as a replacement for fossil fuels. The calculations in the present paper assume the use of 100,000 tonnes of waste in the production of cement. However, the potential is larger. Aalborg Portland A/S alone, has the potential to use 250,000 tonnes of waste as fuel in cement production. Other Danish production companies with heavy energy-consumption are also interested in using waste as a replacement for fossil fuels. Of course, the conditions at these companies can differ from those at Aalborg Portland A/S. The present analysis has not investigated the net social benefits of using waste as fuel at these companies. However, the point is that there exists a significant potential for replacing fossil fuels with waste.

The types of waste that can be used as fuels in the production of cement today are: used tyres, rubber, paper waste, waste oils, waste woods, paper sludge, sewage sludge, plastics, spent solvents, etc.

### *Aim*

This paper from the Danish Environmental Assessment Institute examines the net social benefit of using waste as a replacement for fossil fuels in the production of cement at Aalborg Portland A/S. Furthermore, the paper examines which of the alternatives for producing cement with waste is most efficient. The three alternatives are: a) import; b) cancelling the enlargement of municipal incineration capacity; or

c) transferring waste from the most efficient municipal incinerator. The difference between alternatives (b) and (c) is that the former considers the choice of technique for waste disposal, whilst the latter considers the decision as to whether to switch technique now.

### *Results*

#### **Alternative A: Importing combustible waste**

The net social benefit of using imported waste as a replacement for fossil fuels in the production of cement at Aalborg Portland A/S is estimated to be approximately 458 mill. DKK<sup>2</sup>. Including the price of three main emissions, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> and SO<sub>x</sub>, the number is 658 mill. DKK. Today, countries like Norway and Germany are willing to pay Aalborg Portland A/S for disposing combustible waste. However, as the capacity of new efficient incinerators gradually increases in Europe, it is uncertain whether the willingness to pay will continue to stay at the present price level.

The above results show that Denmark suffers a loss of welfare because for years the country has exported waste, such as used tyres, to replace fossil fuels in neighbouring countries and at the same time has paid those neighbouring countries for disposal. In 2003, the export of tyres was reduced because of the preparation of new national legislation concerning recycling of tyres. However, from the welfare-economic point of view, it is not always the case that recycling is a better alternative as compared to incineration or to the use of waste as fuel in the production of cement.

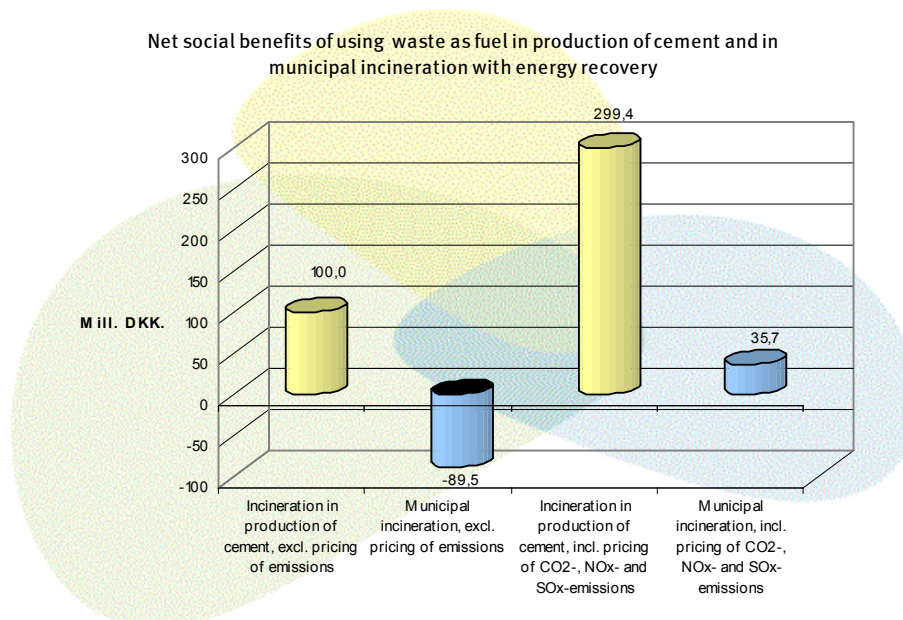
#### **Alternative B: Cancellation of the enlargement of municipal incineration capacity**

The net social benefit of using waste as a replacement for fossil fuels in the production of cement, and cancelling the enlargement of municipal incineration capacity is approximately 189 mill. DKK. Including the price of three main emissions, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> and SO<sub>x</sub>, this increases to 264 mill. DKK. These numbers correspond to the difference between the yellow and the blue columns in Figure 2. The analysis of this alternative therefore shows that the use of waste as fuel in the production of cement at Aalborg Portland A/S is a better technique for disposal, as compared to incineration at the most efficient municipal incinerator in Denmark.

---

<sup>2</sup> This number and the following numbers are presented as net present value calculated over 20 years and with a social discount rate of 6 percent.

**Figure 2. Net social benefits of increasing the use of waste as fuels in production of cement and of increasing the municipal incineration capacity**



NOTE: NUMBERS ARE PRESENTED AS NET PRESENT VALUE OVER 20 YEARS, IN MILL. DKK. 2002-PRICES, CALCULATED AT A DISCOUNT RATE OF 6 PERCENT, FOR 100.000 TONNES OF WASTE.

### Alternative C: Transferring waste from the most efficient municipal incinerator to production of cement

Finally, this alternative will *not* be beneficial to Danish society. The net social benefit is -149 mill. DKK. Including the price of three main emissions, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> and SO<sub>x</sub>, this increases to -75 mill. DKK.

However, it may be beneficial to transfer waste from the most inefficient municipal incinerator, e.g. if the social operating cost of the municipal incinerator is 62 per cent higher than the social operation costs of most efficient municipal incinerator. Including the price of three main emissions, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> and SO<sub>x</sub>, the number is only 31 percent. An analysis of total costs at Danish municipal incinerators indicates a certain range per tonne of waste. The most expensive incinerator is twice as expensive compared to the most efficient. One of the reasons for this is because of variation in operating costs among the incinerators.

### *Perspectives*

Professor in public administration, Jørgen Grønnegård Christensen, has, at the request of the Danish Environmental Assessment Institute, written the final chapter of the present report. This chapter comments upon the dual role of the Danish municipalities in Danish waste management.

Professor Jørgen Grønnegård says that the current regulation of the waste sector means that we never find out if there are buyers who are willing to pay a higher price for the waste, because they can use the waste more efficiently than the municipal incinerators. The problem is that the interests of the municipalities are mixed. On the one hand, municipalities have very few incentives to think economically. On the other hand, they have other obligations and one of them is to supply heat to their citizens. Municipalities are not only responsible authorities for waste, they are also planning authorities and furthermore, in some cases, they are also the producers and suppliers of heat.

According to Grønnegård there is a need to change the current organisation in three main areas:

- Remove the legal obligation to assign waste from the municipalities. Instead, their obligation should be to ensure that the disposal and handling of waste conforms to environmental legislation.
- The municipal waste organisations should be transferred into private companies. In this context, the principle that it should cover its costs should be removed. This would clarify the ground rules.
- It is therefore suggested that municipal waste organisations are privatised. This would achieve a separation between the regulatory and authority functions.

## 1 I N D L E D N I N G

Den danske affaldsmodel er et offentligt koordineret system til forebyggelse, indsamling og behandling af affald. Modellens centrale element er ”affaldshierarkiet”, hvor affaldsforebyggelse går forud for genanvendelse, der favoriseres fremfor forbrænding, der igen prioriteres højere end deponering. I affaldshierarkiet er affaldsbehandling prioriteret ud fra et miljø- og ressourcemæssigt grundlag, men ikke ud fra et velfærdsøkonomisk, f.eks. er genanvendelse ikke altid velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt at foretrække fremfor forbrænding. Indeholdt i affaldsmodellen er også kommunernes centrale placering i affaldspolitikken.

På forbrændingsområdet løser kommunerne opgaven ved at etablere fælleskommunale interessentskaber, som varetager forbrændingen af affald på kraftvarmeanlæg med et højt miljømæssigt beskyttelsesniveau. Forbrændingsanlæggene er brugerfinansierede og bygger økonomisk på hvile-i-sig-selv-princippet<sup>3</sup>.

Medforbrænding af affald på fremstillingsvirksomheder kan være et interessant alternativ til de danske forbrændingsanlæg, dels fordi affaldet indeholder energi og derfor kan fortrænge forbruget af fossile brændsler, og dels fordi restprodukterne fra medforbrænding i visse tilfælde kan indgå i produktionsprocessen.

I dag sker der et meget begrænset omfang af medforbrænding ved fremstillingsvirksomheder i Danmark. Reelt er det kun ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S at der i øjeblikket medforbrændes brændbart affald. Brændbart affald til medforbrænding på Aalborg Portland A/S kan enten anvises fra kommunerne eller importeres fra udlandet. Foruden den pris virksomhederne er villige til at betale for affaldet er kommunernes anvisningsret således en betydende faktor i forhold til at øge mængden af affald der medforbrændes.

Nærværende rapport fra Institut for Miljøvurdering (IMV) undersøger om det er velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt at øge mængden af brændbart affald der medforbrændes ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S. Der foretages

---

<sup>3</sup> ”HVILE-I-SIG-SELV-PRINCIPPET” BENYTTES DA AFFALDSHÅNDBLING ANSES SOM EN DEL AF DEN KOMMUNALE FORSYNINGSVIRKSOMHED I LIGHED MED FX VARMEFORSYNINGEN.

vurdering af tre alternativer for tilførsel af brændbart affald til medforbrænding. De tre alternativer er at:

- a) importere brændbart affald fra udlandet
- b) undlade etablering af nye kommunale affaldsforbrændingsanlæg og derved overdrage behandlingen af brændbart affald til medforbrænding, dvs. ændre teknikvalg fra forbrænding til medforbrænding, eller
- c) overflytte brændbart affald fra den nuværende behandling ved eksisterende kommunale affaldsforbrændingsanlæg til medforbrænding.

Udover de velfærdsøkonomiske konsekvenser vurderes og diskuteres også de miljømæssige konsekvenser ved de tre alternativer. Miljøkonsekvenserne opgøres som udgangspunkt i fysiske størrelser. Som et eksempel foretages der prissætning af de mest almindelige emissioner. Herved gøres et forsøg på at afdække betydningen af emissionskonsekvenserne for resultaterne af den velfærdsøkonomiske analyse.

Endeligt giver Professor Jørgen Grønnegård Christensen fra Århus universitet i perspektiveringen nogle bud på hvilke reformer som kræves, for at andelen af brændbart affald til medforbrænding kan øges. Indlægget skal ses i relation til alternativerne b og c, som vedrører at samfundet undlader at etablere nye offentlige affaldsforbrændingsanlæg eller overflytter brændbart affald fra eksisterende affaldsforbrændingsanlæg til medforbrænding.

## 2 AFFALDSFORBRÆNDING I DANMARK

Nærværende kapitel giver en kort introduktion til mulighederne for anvendelse af affald til hhv. forbrænding ved offentlige kraftvarmeanlæg og medforbrænding ved private fremstillingsvirksomheder. Samtlige aspekter ved medforbrænding kontra affaldsforbrænding opstilles ikke og ligeledes opstilles der heller ikke tekniske argumenter for eller imod medforbrænding i kapitlet<sup>4</sup>.

I Regeringens høringsudkast til "Affaldsstrategi 2005-2008" anføres, at forbrændingskapaciteten tilpasses det helt nødvendige behov, og at den placeres i områder, hvor der opnås bedst mulig energiudnyttelse og størst mulig fortrængning<sup>5</sup> af CO<sub>2</sub> under hensynet til princippet om regional selvforsyning med affaldskapacitet.

### 2.1 Kommunal affaldsforbrænding

I henhold til bekendtgørelse om anlæg der forbrænder affald, defineres et forbrændingsanlæg<sup>6</sup> som en teknisk enhed eller udstyr, der udelukkende benyttes til varmebehandling af affald, uanset om forbrændingsvarmen genanvendes eller ej, jf. §2, stk. 4, BEK nr. 162 af 11/03/2003.

I Danmark er den samlede mængde affald til forbrænding steget markant i perioden 1994-2002. Væksten i det brændbare affald er søgt imødegået med udbygning af den offentlige forbrændingskapacitet, men i den sidste halvdel af 1990'erne har udbygningen ikke fulgt med væksten, og som konsekvens heraf er der oprettet midlertidige deponier af brændbart affald (Miljøstyrelsen 2001).

---

<sup>4</sup>, Disse bemærkninger er indført efter bemærkninger fra en af personerne som har foretaget kvalitetskontrol

<sup>5</sup> Ifølge Energistyrelsen (2003a) er affaldsforbrænding stort set CO<sub>2</sub>-neutral. Dette betyder *ikke* at der ikke frigives CO<sub>2</sub> ved forbrænding af brændbart affald. Det betyder derimod at den mængde CO<sub>2</sub>, der frigives ved forbrænding, stort set er den samme, som den mængde CO<sub>2</sub> der frigives ved naturlig nedbrydning (Elsam 2003). Et klassisk eksempel på et CO<sub>2</sub>-neutralt brændsel er halm, eller træ, som også giver samme CO<sub>2</sub>-emission uanset om disse forbrændes eller nedbrydes naturligt.

<sup>6</sup> Definitionen af et affaldsforbrændingsanlæg omfatter hele anlægget og anlæggets område, herunder samtlige forbrændingslinjer, aflæsnings- og oplagringspladser samt forbehandlingsanlæg på stedet, affalds-, brændsels- og lufttilførselssystemer, kedel, anlæg til behandling af røggas, anlæg på stedet til behandling eller oplagring af restprodukter og spildevand, skorsten samt udstyr og systemer til kontrol med forbrændingen og overvågning og registrering af forbrændingsbetingelserne.

Miljøstyrelsen (2003a) vurderer, at der frem til 2020 vil være en vækst i det brændbare affald. Udviklingen i mængden af brændbart affald forventes at stige fra niveauet i 2002 på ca. 3,3 mio. tons (Miljøstyrelsen 2003b) til mellem 4,0-4,4 mio. tons i år 2020 (Miljøstyrelsen 2003a) afhængig af, om initiativerne i "Affald 21" virker mod væksten i det brændbare affald. Sammenholdt med en planlagt væsentlig stigning i forbrændingskapaciteten forventes der senest i 2008 at være tilstrækkelig offentlig forbrændingskapacitet i alle affaldsregioner<sup>7</sup>.

Ved udgangen af 1999 var der i Danmark i alt 68 ovnlinier, fordelt på henholdsvis 32 kraftvarme (KV – elektricitet og fjernvarme) og 36 alene fjernvarme producerende (VV) ovnlinier. Af den samlede mængde brændbare affald, blev 64 procent forbrændt på KV-anlæg og 36 procent på VV-anlæg. Siden 1991 er der udfaset seks ældre forbrændingsanlæg i Danmark, og den ældste fungerende ovnlinie i dag er fra 1969 (Miljøstyrelsen 2001).

## 2.2 Elproduktion og fjernvarmeforsyning

De fleste større affaldsforbrændingslinier er i dag forsynet med dampkedel hvorfra dampen ledes til en dampturbine, som driver en elgenerator. Dampen afkøles og kondenseres derefter ved køling af fjernvarmevand, hvorved fjernvarmevandet opvarmes. En forholdsvis lav damptemperatur giver dog affaldsforbrændingsanlæg en mindre elvirkningsgrad end kul- eller naturgasfyret kraftanlæg (Videncenter for affald 2003). Fjernvarme er således et biprodukt fra produktion af elektricitet (ved nedkøling af damp fra elgeneratorer).

Under omdannelsen af affaldet til kraftvarme sker et energitab. Forbrændingsanlægget KARA, som er et af de mest effektive forbrændingsanlæg i Danmark, har en el- og varmeevirkningsgrad på hhv. 20 og 65 procent, hvilket svarer til en total brændselsudnyttelsesgrad på ca. 85 procent. De resterende 15 procent er energitab.

---

<sup>7</sup> En affaldsregion er et velafgrænset geografisk område inden for hvilket, der naturligt og hensigtsmæssigt kan foregå et samarbejde om udnyttelsen af forbrændingskapacitet mv. Affaldsregionerne udgøres af Sjælland, Bornholm, Fyn, Nordjylland samt Midt- og Sønderjylland



Under sommeren, hvor efterspørgslen efter fjernvarme er lavere end om vinteren kan der forekomme produktion af overskudsvarme fra nogle af affaldsforbrændingsanlæggene. Overskudsvarmen må nedkøles og herved opstår et yderligere energitab ved affaldsforbrænding. KARA afsætter hele varmeproduktionen året rundt og derfor behandles denne problemstilling ikke yderligere i nærværende rapport.

### **2.3 Mellemdponering af brændbart affald**

Fra midten af 1990'erne og frem til 2001 er mængden af brændbart affald i midlertidigt deponi ("mellemdponi") vokset. Mængden af mellemdponeret brændbart affald er ultimo 1999 opgjort til godt 600.000 tons (Miljøstyrelsen 2001). Det har ikke været muligt for IMV at finde en officiel opgørelse for mængden af brændbart affald i mellemdponi for 2002, men på baggrund af en interviewundersøgelse udført af IMV i juni 2003, skønnes der at være en mellemdponeret affaldsmængde i størrelsesordenen 420.000 tons. De 420.000 tons skønnes fordelt med 170.000 tons på Sjælland og 250.000 tons i Jylland.

Det brændbare affald som er lagt i mellemdponi er hovedsageligt fraktioner med en høj brændværdi. Brændbart affald med høj brændværdi er netop hvad der efterspørges af Aalborg Portland A/S til medforbrænding ved cementproduktionen. Efterspørgslen afhænger imidlertid af om prisen på affaldet er tilstrækkelig lav til at virksomheden tjener på det.

### **2.4 Medforbrænding**

I henhold til bekendtgørelse om anlæg der forbrænder affald, defineres et medforbrændingsanlæg som ethvert stationært eller mobilt anlæg, hvis hovedformål er at producere energi eller fremstille materielle produkter, og som benytter affald som normalt brændsel eller tilskudsbrændsel, eller hvor affald behandles termisk med henblik på bortskaffelse, jf. §2, stk. 5, BEK nr. 162 af 11/03/2003.

I dag sker et meget begrænset omfang af medforbrænding ved fremstillingsvirksomheder i Danmark. I henhold til Miljøstyrelsen (Miljøstyrelsen 2003b) er der i år 2002 kun én fremstillingsvirksomhed, som foretager indberetning af affaldsforbrænding til Miljøstyrelsens Informations System for Affald og Genanvendelse (ISAG), nemlig Aalborg Portland A/S. Enkelte andre fremstillingsvirksomheder medforbrænder små mængder af spildevandsslam og kød og benmel. Derudover sker der også forbrænding af produktionsaffald fra træ- og møbelindustrien i biomassefy (dvs. virksomhedens træaffald, hvor andre komponenter udgør mindre end 1 procent).

Aalborg Portland A/S har siden energikrisen i 1970'erne arbejdet med energioptimering og -besparelser og dermed også CO<sub>2</sub>-reduktioner. Fra 2005 bliver de energitunge procesvirksomheder omfattet af det europæiske CO<sub>2</sub>-kvotesystem. Dermed ventes det at disse virksomheder samlet set pålægges en begrænsning i deres CO<sub>2</sub>-udledning samt en mulighed for at købe eller sælge CO<sub>2</sub>-kvoter. CO<sub>2</sub>-kvotesystemet giver et forøget økonomisk incitament til at fokusere på mulighederne for at reducere deres CO<sub>2</sub>-udledning.

Som det blev omtalt i indledningen af dette kapitel, regnes både medforbrænding og forbrænding af brændbart affald for CO<sub>2</sub>-neutralt, og dermed er medforbrænding af brændbart affald en aktuell mulighed for, at fremstillingsvirksomhederne kan reducere deres CO<sub>2</sub>-emission, idet brændbart affald kan erstatte fossile brændsler. Til gengæld skal energiproducenterne købe flere kvoter, idet den el- og varmeproduktionen, som forbrændingsanlæggene ville have produceret, skal produceres andensteds.

I 1998 etablerede Aalborg Portland A/S sammen med Invest Miljø A/S selskabet CemMiljø A/S. Udfra restprodukter fra industriel produktion og affaldsprodukter fra kommunale indsamlingsordninger fremstiller CemMiljø A/S et brændselsprodukt, der anvendes som alternativt brændsel ved fremstilling af cement (se Bilag 1 for en kort beskrivelse af cementproduktion ved Aalborg Portland A/S).

Aalborg Portland A/S har opstillet et foreløbigt mål om årlig medforbrænding af 100.000 tons brændbart affald ved cementproduktionen. På længere sigt kan foranstaltningerne til medforbrænding ved cementproduktionen udvikles og det åbner mulighed for medforbrænding af op til 250.000 tons affald om året, svarende til

omtrent 7 procent af den affaldsmængde som forbrændes i Danmark (Andreasen et al. 2003).

Aalborg Portland A/S forsøger at få anvist mere affald til medforbrænding ved cementproduktionen fra kommunerne, men indtil videre uden større resultat. Dette kan skyldes, at kommunerne foretrækker at anvise affaldet til deres egne forbrændingsanlæg eller det kan skyldes, at Aalborg Portland A/S ikke er villige til at gå tilstrækkeligt ned i pris for at få affaldet. En konsekvens heraf er at CemMiljø A/S importerer brændbart affald til Danmark fra Norge og Tyskland.

### **2.5 Velegnede affaldstyper til medforbrænding**

Alternative brændsler er brændbare affaldsprodukter med høj brændværdi, der kan erstatte anvendelsen af fossile brændsler som kul, olie og petcoke (petroleum koks) ved cementproduktion.

Tørret spildevandsslam og papirslam er gode eksempler på hensigtsmæssige affaldsfraktioner for medforbrænding ved cementproduktion. Papirslam eksempelvis, indeholder store mængder kridt, som indgår direkte i cementproduktionen ved medforbrænding. Ved forbrænding i et affaldsforbrændingsanlæg derimod, resulterer kridtindholdet i 40 procent restslagge, der typisk deponeres. Medforbrænding af papirslam ved cementfremstilling vil derfor reducere affaldsmængden til deponi og samtidig øge genanvendelse af et råstof. Det centrale er, at både energiindholdet og restprodukterne udnyttes ved medforbrænding.

Andre velegnede affaldskategorier er angivet i nedenstående Tabel 1.

**Tabel 1. Affald med høj brændværdi, der kan medforbrændes ved produktion af cement**

Affaldskategori	Alternativ brændsel i cementproduktion	Særlige fordele i cementproduktion
Plastaffald	Sammensatte affaldsprodukter af PVC-frie plastmaterialer og glasfiber. PEX affald fra kabler. Blandede farvede plastaffaldsprodukter af typen PP, PE, og ABS mv.	Høj brændværdi.
Gummi	Store kasserede dæk. Transportbånd. Kasserede måtter med gummibelægning.	Høj brændværdi. Ofte homogene fraktioner.
Tekstiler	Stofrester og tekstiler fra produktion. Gulvtæpper. Tekstilrester fra gummipulverproduktion.	Høj brændværdi, betragtelig NOx-reduktion. Ofte homogene fraktioner.
Træ	Træaffald fra møbelindustrien, spånpladerester og –smuld.	Homogene industrielle fraktioner, der typisk ikke tilføres danske affaldsforbrændingsanlæg.
Homogene, industrielle biprodukter	Rejetaffald fra papir- og plastgenindvindingsindustrien. Polystyren. Skumgummi-produkter, polyethan mv. Slibestøv. Hærdet malingspulver.	Homogene industrielle fraktioner, der ofte eksporteres eller deponeres.
Tørret spildevandsslam	Tørret slam med minimum 90% tørstof fra kommunale spildevandsslamanlæg og industri	Høj brændværdi. NOx-reduktion og genanvendelsesgrad. Slutløsning på et samfundsproblem.
Sorteret brændbart affald	Alle former af sorteret brændbart affald (ikke dagrenovation). Træ fra nedrivning. Træpaller mv.	Aflaster eksisterende kapacitet i spidsbelastninger, således at eksport og deponering undgås.

KILDE: (CEM MILJØ A/S 2002)

I nedenstående Tabel 2 angives andre homogene, brændbare affaldsfraktioner, der på sigt kan blive aktuelle som alternative brændsler i cementproduktionen. Miljø-, kvalitets- og håndteringsmæssige forhold er dog ikke afklaret endnu.

**Tabel 2. Affald, der eventuelt kan medforbrændes ved cementproduktion**

Affaldskategori	Alternativ brændsel i cementproduktion	Særlige fordele i cementproduktion
Elektronikskrot	Dele af elektronikskrot der ikke materialeanvendes, men kan nyttiggøres i cementproduktionen.	Uegnet til traditionel affaldsforbrænding. Måske høj brændværdi. NO <sub>x</sub> -reduktion.
Shedderaffald	Sorterede fraktioner, fx gummi eller PVC-fri plast.	Skal undersøges nærmere.
Kresotbehandlet, trykimprægneret træ	F.eks. usorteret byggepladsaffald og kasserede elmaster	Må ikke tilføres traditionel affaldsforbrænding. Tungmetaller kan tilsyneladende bindes i cementproduktion. Undersøges nærmere.

KILDE: (CEMMILJØ A/S 2002)

En ny brændbar affaldsfraktion med høj brændværdi er opstået på grund af skærpede regler for kød- og benmel hvilket betyder, at en årlig mængde på 150-180.000 tons skal forbrændes. Fraktionen har typisk en brændværdi på 16 GJ/tons og kan derfor også være interessant til medforbrænding. Derudover kan mange olieprodukter og fedtholdigt affald også være aktuelle affaldsfraktioner til medforbrænding.

I Belgien anvendes den høje forbrændingstemperatur i cementovnene (op til 1.500° C) til bortskaffelse af farligt affald (samme opgave som KommuneKemi A/S løser i Danmark ved forbrændingstemperatur på mindst 1.100° C i mindst to sekunder i henhold til BEK nr. 162 af 11/03/2003). I Mozambique har Danida og Danced anvendt medforbrænding ved cementproduktion til bortskaffelse af pesticidlagre med en nedbrydningsgrad af pesticiderne på over 99,99 procent. Medforbrænding af pesticider i en cementovn øger ikke emissioner af dioxiner og furaner, i forhold til emissionen som cementproduktion medfører under alle omstændigheder (Udenrigsministeriet 98 A.D.)<sup>8</sup>.

Ovenstående eksempler giver et billede af, at der kan anvendes mange forskellige affaldsfraktioner til medforbrænding ved cementproduktion.

<sup>8</sup> En af personerne som har foretaget kvalitetskontrol bemærker, at denne reference er af ældre dato. Personen vurderer, at der vil foregå fortynding, idet pesticidaffaldet må forventes at udgøre en meget lille mængde i forbindelse med cementproduktionen og dioxinen, herfra vil forøgelsen således ikke kunne måles (detentionsgrænsen nås ikke) i relation til den samlede udledning.

## **2.6 Eksport af brændbart affald med høj brændværdi**

I en årrække har Danmark eksporteret affald, f.eks. dæk, til termisk nyttiggørelse i udlandet og samtidig betalt udlandet for bortskaffelsen. Eksporten af dæk er i 2003 reduceret på grund af forberedelsen af ny bekendtgørelse om genanvendelse af dæk. Medforbrænding af dækkene ved cementproduktion er hensigtsmæssig, idet gummi kan bruges som energi og jernindholdet i dækkene indgår i cementen. Der skal ikke betales affaldsavgift af affald som eksporteres til nyttiggørelse, men det skal der p.t. hvis affaldet medforbrændes ved cementproduktion på Aalborg Portland A/S. Den danske affaldsavgift bevirkede således, at brændværdien af dækkene blev udnyttet i udlandet (Andreasen et al. 2003).

## **2.7 Sammenligning af forbrænding og medforbrænding**

Sammenlignes forbrænding med medforbrænding ligger forskellen i de primære formål med behandlingen af brændbart affald. Hovedformålet med forbrænding er selve varmebehandlingen, dvs. det centrale er reduktionen af affaldsmængden. Forbrænding fjerner ikke affaldet, idet ca. 20 procent efterlades som slagger og aske. Varme- og elproduktionen fra forbrænding er en form for nyttiggørelse, men produktionen er et sekundært formål. Hovedformålet med medforbrænding er derimod alene udnyttelse af energien til brændsel til fremstillingen af cement, dvs. det centrale er produktionen af procesenergi. Restprodukterne fra medforbrændingen indgår i cementproduktionen.

### 3 VELFÆRDS ØKONOMISK ANALYSE

#### 3.1 Indledning og terminologi

Hensigten med nærværende velfærdsøkonomiske analyse er at undersøge, om det er velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt at udbygge medforbrænding af brændbart affald og derved erstatte forbruget af fossilt brændsel ved cementproduktion på Aalborg Portland A/S. Det undersøges endvidere hvilken af alternativerne for tilførsel af affald til cementproduktionen som er velfærdsøkonomisk mest hensigtsmæssigt. Alternativerne er a) import, b) undlade etablering af nye affaldsforbrændingsanlæg, eller c) overflytte brændbart affald fra det mest effektive eksisterende affaldsforbrændingsanlæg.

Terminologien i hensigtsformuleringen uddybes i nedenstående afsnit.

#### *Velfærdsøkonomisk analyse*

Formålet med den *velfærdsøkonomiske analyse* er at undersøge om en omallokering af samfundets knappe økonomiske ressourcer kan skabe mere velfærd (Møller et al. 2000). Samfundets knappe ressourcer dækker over en række produktionsfaktorer, herunder kapital, arbejdskraft og miljø. Miljøet kan opfattes som en knap produktionsfaktor fordi ressourcerne, både de udtømmelige og de fornybare, er begrænsede på kloden. De knappe produktionsfaktorer kan anvendes til en række konkurrerende formål, f.eks. til produktion af forbrugsgoder eller til produktion af miljøkvalitet, og herved opstår et allokeringsmæssigt problem.

Allokeringsproblemet kan løses ved at foretage en rangordning af forskellige samfundsmæssige tilstande. Herved kan den mest hensigtsmæssige tilstand identificeres. Rangordningen må nødvendigvis foretages med udgangspunkt i en eksplicit relevant værdidom.

I den velfærdsøkonomiske analyse opgøres værdier på et nytteetisk grundlag. Vurderingen baseres alene på personers nytte, som antages at kunne sammenlignes og summeres til et samlet mål for samfundets velfærd. Analysen tager dermed udgangspunkt i antagelsen om det antropocentriske menneske. Det antages endvidere at borgernes individuelle nytte er relateret til forbrug. I den velfærdsøkonomi-

ske<sup>9</sup> analyse vedrører allokeringproblemet således spørgsmålet om hvordan samfundet som helhed opnår mest nytte ved at allokere de knappe produktionsfaktorer til konkurrerende formål.

### *Brændbart Affald*

Når terminologien *Brændbart affald* benyttes i denne analyse dækker det over en række specifikke affaldsfraktioner. Disse fraktioner er beskrevet nærmere i afsnit 2.5. Fraktionerne kendetegnes alle ved at have et højt energiindhold.

### *Forbrænding*

Ved *forbrænding* forstås behandling af brændbart affald ved det mest effektive affaldsforbrændingsanlæg i Danmark. Dette anlæg antages at være forbrændingsanlægget KARA, som producerer kraftvarme.

### *Medforbrænding*

Ved *medforbrænding* forstås behandling af brændbart affald i medforbrændingsanlægget ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S. Medforbrændingsanlægget på Aalborg Portland A/S har til formål at producere procesenergi til cementfremstilling. Investeringer i medforbrændingsanlægget samt driften varetages af CemMiljø A/S, som er et datterselskab til Aalborg Portland A/S. Produktet fra CemMiljø A/S kaldes alternativt brændsel og det udgør en blandet affaldsmasse, som efter neddeling doseres og anvendes i cementovnens brændere på Aalborg Portland A/S.

## **3.2 Problemstillingen**

Behandlingen af brændbart affald med høj brændværdi foretages i øjeblikket på de danske affaldsforbrændingsanlæg, dvs. ved forbrænding.

Indenfor de sidste 5 år har CemMiljø A/S gradvist udbygget foranstaltningerne til produktion af alternativt brændsel, og dermed muligheden for medforbrænding, ved cementfremstillingen på Aalborg Portland A/S (CemMiljø A/S 2003).

Aalborg Portland A/S anvender i øjeblikket både stenkul, petcoke (petroleum koks), fuel olie og alternativt brændsel ved cementfremstillingen. Målet er at alternativt brændsel fra CemMiljø A/S skal udgøre en større brændselsandel i fremtiden

---

<sup>9</sup> Interesserede læsere, med yderligere interesse i velfærdsøkonomisk analyse og det nytteetiske grundlag, henvises til Møller et al. (2000) og Andersen et al. (1999).



og dermed erstatte en større del af de fossile brændsler. Aalborg Portland A/S har opstillet et kortsigtet mål om at anvende 100.000 tons alternativt brændsel ved cementfremstillingen (Aalborg Portland A/S 2002).

Problemstillingen vedrører herefter om det er velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt at CemMiljø A/S udbygger medforbrænding, Aalborg Portland A/S ændrer forbruget af brændsel fra fossilt brændsel til brændbart affald, og:

- a) importerer 100.000 tons brændbart affald fra udlandet;
- b) samfundet overflytter behandlingen af 100.000 tons brændbart affald fra forbrænding og derved undgår etablering af ny forbrændingskapacitet (der indregnes investeringsomkostninger ved forbrænding);
- c) samfundet overflytter behandlingen af 100.000 tons brændbart affald fra forbrænding og derved undgår behandling på den kapacitet som allerede er etableret (investeringen ved forbrænding indregnes ikke).

Forskellen mellem alternativ b og c er, at b belyser en teknikvalgsproblemstilling og c undersøger om det kan betale sig at skifte teknik nu.

Spørgsmålet vedrører herefter hvilken af de tre former for tilførsel af affald, a, b, eller c, der er mest hensigtsmæssigt for det danske samfund.

De tre alternativer for tilførsel af affald omhandler tre forskellige problemstillinger. Alternativerne behandles som adskilte analyser, men sammenlignes til sidst for derved at pege på det mest hensigtsmæssige velfærdsøkonomiske alternativ.

Alternativ a, som betegnes *importproblemstillingen*, angår om det er velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt at etablere et medforbrændingsanlæg og basere forsyningen af affald til anlægget på import af 100.000 tons udenlandsk affald. Udlandet, f.eks. Norge og Tyskland, er i øjeblikket villige til at betale CemMiljø A/S for at modtage brændbart affald og selvom den forventes at falde fremover, vil der formentlig stadig eksistere en betalingsvilje for bortskaffelse af affald.

Alternativ b, som betegnes *teknikvalgsproblemstillingen*, angår om det er velfærdsøkonomisk mest hensigtsmæssigt at behandle 100.000 tons brændbart affald ved medforbrænding eller ved forbrænding. I analysen medtages allerede afholdte investeringsomkostninger (sunk costs) til forbrændingsanlægget ligesom de med-

tages til medforbrændingsanlægget, dvs. der er tale om en beslutning over en længere tidshorisont.

Alternativ c, som betegnes overflytningsproblemstillingen, angår om det er velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt at overflytte 100.000 tons brændbart affald fra forbrænding til medforbrænding. I analysen af overflytningsproblemstillingen medtages afholdte investeringsomkostninger *ikke* til forbrænding, men de medtages til medforbrænding, dvs. der er tale om en øjeblikkelig overflytning.

Den velfærdsøkonomiske analyse af udbygning af foranstaltningerne til medforbrænding indgår i alle tre alternativer. Derfor behandles denne analyse indledningsvist separat og resultaterne danner basis for analysen af de tre alternativer. Herved gives også en indikation af om det overhovedet er fordelagtigt for samfundet, at CemMiljø A/S udbygger foranstaltningerne til medforbrænding og derved ændrer forbruget af brændsel fra fossilt brændsel til brændbart affald ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S.

### **3.3 Udbygning af medforbrænding**

Problemstillingen vedrørende udbygning af medforbrænding angår om det er velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt at udbygge anlægget til medforbrænding og substituere fossilt brændsel med brændbart affald ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S.

Analysen af udbygningsproblemstillingen omfatter samtlige konsekvenser for cementproduktionen. Følgende costs og benefits er relevante:

- anlægs-, drifts- og emissionskonsekvenser for udbygning af medforbrænding, dvs. costs i form af forøgede investeringer, forøget ressourceforbrug til drift og forøgede emissioner fra medforbrænding af brændbart affald ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S
- drifts- og emissionskonsekvenser ved reduceret forbrug af fossilt brændsel, dvs. benefits i form af reduceret ressourceforbrug til drift samt reducerede emissioner fra sparet fossilt brændsel ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S

Det centrale i problemstillingen vedrørende udbygning af medforbrænding er, at Aalborg Portland A/S ændrer forbruget af brændsel fra fossilt brændsel til alternativt brændsel, dvs. brændbart affald. Udnyttelsen af spildvarmen fra produktionen

af cement ændres ikke ved brændselssubstitutionen. Ligeledes antages det, at produktionen af cement ved Aalborg Portland A/S heller *ikke* ændres ved brændselssubstitutionen.

#### *Konsekvensbeskrivelse*

De reale konsekvenser ved udbygning af medforbrænding omfatter konsekvenser for produktion, forbruget af produktionsfaktorer i samfundet samt miljøkonsekvenserne. Konsekvenserne opgøres så vidt muligt i mængdemæssige enheder. Den velfærdsøkonomiske analyse gennemføres efterfølgende på grundlag af konsekvensbeskrivelsen.

Opgørelsen af reale konsekvenser foretages inden for en periode på 20 år. Denne periode svarer til medforbrændingsanlæggets tekniske og økonomiske levetid. Det antages, at anlægget opføres i starten af periode 0 og er i drift fra år 1 til år 20.

Det antages at produktionsomfanget og ressourceforbruget i samfundet er givet og at konsekvenserne ved udbygning af medforbrænding ikke påvirker de relative priser på varer, tjenester og produktionsfaktorer. Denne antagelse vil bevirke at et forøget eller reduceret forbrug af kapital, arbejdskraft og produktionsgoder vil blive trukket væk fra anden anvendelse eller kan give anledning til alternativ produktiv anvendelse.

Anlægs-, drifts- og emissionskonsekvenserne for medforbrænding af 100.000 tons brændbart affald samt et reduceret forbrug af 55.044 tons petcoke (fossilt brændsel) ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S er sammenfattet i Tabel 3.

**Tabel 3. Konsekvensskema for udbygning af medforbrændingsanlæg med en kapacitet på 100.000 tons brændbart affald og substitution af 55.044 tons petcoke ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S**

	Enhed	Medforbrænding	Fossilt brændsel
		Forøget mængde	Reduceret mængde
<b>Anlæg</b>			
Kapitalapparat			
Bygninger, levetid 20 år	kr.	40.000.000	
Maskiner, levetid 10 år	kr.	18.000.000	
Produktion			
Bruttoenergi	GJ	1.706.358	1.706.358
<b>Drift</b>			
Arbejdskraft	antal pers.	11	
Råvarerforbrug			
Hydraulikolie	Liter	4.119	
Motorolie	Liter	1.467	
Oliefjerner	Liter	90	
Smørefedt	Liter	66	
Energi			
El	Mwh	4.008	
Miljødiesel	Liter	303	
Petcoke	Tons		55.044
brændbart affald	Tons	100.000	
Øvrigt			
Øvrig drift	kr.		3.032.914
<b>Restprodukter</b>			
Til genanvendelse (200 kr./tons)	Tons	748	
Til forbrænding (250 kr./tons)	Tons	57	
Til deponering (325 kr./ tons)	Tons	33	
Olieaffald	Tons	4	
<b>Emissioner til luft</b>			
CO <sub>2</sub>	Tons	0	156.985
NO <sub>x</sub>	Tons	1.058	1.433
SO <sub>2</sub>	Tons	11	11
HCl	Tons	...	...
Støv, partikler mm.	Tons	32	32
Pb+Cr+Cu+Mn	Tons	...	...
Pb	Tons	0,014	0,014
Ni+As	Tons	...	...
Cd+Hg	Tons	0,006	0,006
HF	Tons	...	...
TOC	Tons	...	...
CO	Tons	17	17
Dioxin	Tons	4,5E-06	4,5E-06

Konsekvensbeskrivelsen i Tabel 3, som er konsekvenserne for medforbrænding af 100.000 tons brændbart affald, er foretaget med udgangspunkt i det faktiske forbrug af arbejdskraft, råvarer, og energi samt den faktiske produktion af restprodukter og emissioner ved en årlig medforbrænding af 33.408 tons brændbart affald på medforbrændingsanlægget ved CemMiljø A/S. Det faktiske forbrug af produktionsfaktorer ved CemMiljø A/S er gengivet i Tabel 19 i Bilag 2. I Tabel 19 i Bilag 2 angives ligeledes forbruget af produktionsfaktorer pr. tons affald som behandles ved CemMiljø A/S. Det er hovedsageligt disse gennemsnitstal som er anvendt ved konsekvensbeskrivelsen for medforbrænding af 100.000 tons, og sammenstillet i Tabel 3.

Et medforbrændingsanlæg med en kapacitet på 100.000 tons kræver, ifølge Kristensen (2003), en investering på 40 mio. kr. til bygninger og 18 mio. kr. til maskiner. Selve anlægget har en levetid på 20 år og maskinerne en levetid på 10 år.

Anlægget vil producere energi svarende til 1.706.358 GJ. Dermed vil anlægget også fortrænge 1.706.358 GJ fossilt energi, hvilket svarer til et reduceret forbrug af petcoke på 55.043,8 tons, når det antages at petcoke har et energiindhold på 31 GJ/tons. Et reduceret forbrug af petcoke på 55.043,8 tons vil give anledning til en reduceret øvrig drift<sup>10</sup> på 3.032.914 kr. ved Aalborg Portland A/S, idet der spares drift i kulhavnen samt drift af kulmøllen.

Medforbrændingsanlægget vil beskæftige ca. 11 personer. Dette tal er ikke baseret på det faktiske gennemsnitsforbrug som er angivet i Tabel 19 i Bilag 2. Tallet er i stedet baseret på det antal personer som ifølge Kristensen (2003) kræves til medforbrænding af 100.000 tons affald.

Driften af medforbrændingsanlægget medfører et forøget forbrug af råvarer og energi samt en øget produktion af affald til genanvendelse, forbrænding og deponering. De specifikke mængdemæssige konsekvenser for disse kategorier fremgår af Tabel 3.

---

<sup>10</sup> Det har ikke været muligt at få udspecificeret "øvrig" drift i reale produktionsfaktorer, men beløbet er opgivet som en faktorpris, excl. refunderbare afgifter og moms.

Emissionskonsekvenserne ved udbygning af medforbrænding og substitution af petcoke er ifølge Andreasen et al. (2003) samlet set uændret, med undtagelse af en reduceret CO<sub>2</sub>-udledning og en reduceret NO<sub>x</sub>-udledning.

Medforbrænding af 100.000 tons brændbart affald ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S vil medføre en samlet reduceret CO<sub>2</sub>-emission på 156.985 tons, idet forbrænding af affald, ifølge Energistyrelsen (2003a), stort set er CO<sub>2</sub>-neutralt (se indledning af kapitel 2). De 156.985 tons reduceret CO<sub>2</sub> er beregnet med udgangspunkt i et reduceret petcoke forbrug på 55.043,8 tons, et energiindhold på 31 GJ/tons petcoke og et CO<sub>2</sub>-indhold på 92 kg/GJ for petcoke.

Udover en reduceret CO<sub>2</sub>-udledning vil NO<sub>x</sub>-udledningen, ifølge Thomsen (2003), samlet set også reduceres fra 1.433 tons ved brug af fossilt brændsel til 1.058 tons ved medforbrænding af 100.000 tons brændbart affald, dvs. der er tale om en nettoreduktion af NO<sub>x</sub>-udledningen på 375 tons. Ifølge Thomsen (2003), ændres de resterende emissioner *ikke* ved ændringen af brændsel fra petcoke til brændbart affald.

En af personerne som har foretaget kvalitetskontrol stiller spørgsmålstegn ved at udledningen af bly, cadmium og kviksølv er ens for de angivne mængder af affald og petcoke i Tabel 3. Denne problemstilling behandles ikke nærmere i rapporten, men tallene er beregnet på baggrund af data fremsendt af (Thomsen 2003). Derfor må ansvaret for datas validitet alene hvile på denne kilde.

#### *Velfærdsøkonomisk analyse*

Hensigten med den velfærdsøkonomiske analyse er at vurdere, om det er hensigtsmæssigt for samfundet at udbygge medforbrænding og derved reducere forbruget af fossilt brændsel ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S.

Vurderingen foretages ved at beregne det velfærdsøkonomiske overskud ved at udbygge medforbrænding og derved substituere fossilt brændsel med brændbart affald ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S. Ved vurderingen benyttes velfærdsøkonomiske beregningspriser, som multipliceres med de beskrevne reale konsekvenser i Tabel 3.

### *Beregningspriser*

De velfærdsøkonomiske beregningspriser skal udtrykke befolkningens relative marginale nytter for ændringen i anvendelsen, og dermed ændringen i udbuddet, af en lang række goder. Dermed bliver det de præferencebestemte vægte som udgør det egentlige vurderingsgrundlag. Som indikator for de præferencebestemte vægte benyttes befolkningens marginale betalingsvillighed for ændringerne i godeudbuddet. Beregningspriserne fastsættes derfor som befolkningens betalingsvillighed for ændringer i anvendelsen, og dermed i udbuddet, af goderne.

Ideelt set burde de velfærdsøkonomiske beregningspriser på produktionsgoder fastsættes svarende til de i velfærdsøkonomiske beregningspriser opgjorte omkostninger ved at fremstille produktionsgoderne (Møller et al. 2000). Disse beregninger har ikke kunnet foretages indenfor rammerne af dette projekt og derfor fastsættes de velfærdsøkonomiske beregningspriser efter følgende regler:

- For indenlandsk producerede produktionsgoder anvendes købsprisen fratrukket refunderbare afgifter og forhøjet med den generelle netto-afgiftsfaktor på 1,17
- For importerede produktionsgoder anvendes så vidt muligt verdensmarkedsprisen forhøjet med netto-afgiftsfaktoren på internationalt handlede goder, som er 1,25.

På ovenstående grundlag er de velfærdsøkonomiske beregningspriser fastsat i Tabel 4.

**Tabel 4. Fastsættelse af velfærdsøkonomiske beregningspriser**

	Enhed	Købspris	NAF	Velfærdsøkonomisk pris
<b>Arbejdskraft</b>	kr/pers.	272.179	1,17	318.450
<b>Kemikalier</b>				
Natronlud, NAOH	kr/l	1,6	1,25	2
fældningsmiddel TMT 15	kr/l	26	1,25	33
wulfraisorp	kr/tons	2.270	1,25	2.838
<b>Energi</b>				
Elimport	Kr/Mwh	200	1,25	250
Eltransmission	Kr/Mwh	151	1,17	177
Elimport og transmission	Kr/Mwh			427
varme	Kr/Mwh	50	1,25	62,5
udenlandsk brændbart affald	kr/tons	-250 <sup>11</sup>	1,25	-312,5
petcoke	kr/tons	260	1,25	325
miljødiesel	kr/l	4,71	1,25	5,89
hydraulikolie	kr/l	15	1,25	19
motorolie	kr/l	13,70	1,25	17
smørefedt	kr/kg	25	1,25	31
oliefjerner	kr/l	5	1,25	6
naturgas	kr/m <sup>3</sup>	4,5	1,25	5,63
<b>Råstoffer</b>				
Kalk	kr/tons	866	1,17	1.013
<b>Fornybare ressourcer</b>				
Procesvand	kr/m <sup>3</sup>	8,6	1,17	10
Sanitærvand	kr/m <sup>3</sup>	8,6	1,17	10
<b>Restprodukter</b>				
Olieaffald	kr/tons	0	1,17	0
til genanvendelse (200 kr./ tons)	kr/tons	200	1,17	234
til genanvendelse (225 kr./tons)	kr/tons	225	1,17	263
til forbrænding (250 kr./ tons)	kr/tons	250	1,17	293
til deponering (325 kr./tons)	kr/tons	325	1,17	380
til deponering (660 kr./tons)	kr/tons	660	1,17	772
til deponering (790 kr./tons)	kr/tons	790	1,17	924

Tabel 4 indeholder samtlige beregningspriser som anvendes i nærværende rapport.

De velfærdsøkonomiske beregningspriser er nærmere beskrevet efterfølgende:

<sup>11</sup> CemMiljø A/S modtager denne betaling for at bortskaffe udenlandsk affald.



### *Arbejdskraft*

Beregningsprisen på arbejdskraft er fastsat som den budgetøkonomiske årsløn på 272.179 kr., hvilket er den gældende løn inkl. arbejdsgiverbidrag, pensionsindbetalinger, forsikringer etc., forhøjet med den generelle nettoafgiftsfaktor på 1,17.

### *Kemikalier*

Beregningspriser for kemikalier er fastsat som de priser anlæggene betaler, ekskl. refunderbare afgifter, forhøjet med nettoafgiftsfaktoren på internationalt handlede goder på 1,25. Ideelt set burde verdensmarkedspriserne anvendes for internationalt handlede goder, men det har ikke været muligt at identificere disse priser. Derfor fastsættes beregningspriserne for kemikalier som de købspriser anlæggene betaler. Dermed er der mulighed for at der kan være inkluderet avancer i priserne.

### *El*

Der skelnes mellem to beregningspriser for el, nemlig den som forbruges ved medforbrænding og forbrænding og den el som alternativt skal produceres andensteds som følge af reduceret affaldsforbrænding.

Beregningsprisen for den el som forbruges ved både medforbrænding og forbrænding er fastsat som den gennemsnitlige importpris for 2002 plus transmission, dvs. 427 kr./Mwh. Den gennemsnitlige importpris for 2002 var 200 kr./Mwh købt på den nordiske elbørs. Forhøjes denne pris med nettoafgiftsfaktoren på internationalt handlede goder på 1,25 fremkommer der en beregningspris for import af el på 250 kr./Mwh. Til denne pris lægges beregningsprisen for transmission i 2002 på 117 kr./Mwh, hvilket svarer til tarif omkostninger på 151 kr./Mwh forhøjet med den indenlandske nettoafgiftsfaktor på 1,17.

Beregningsprisen på den el som alternativt skal produceres andensteds, som følge af reduceret affaldsforbrænding, fastsættes til 250 kr./Mwh. Dette er den gennemsnitlige importpris for 2002, på 200 kr./Mwh, købt på den nordiske elbørs og forhøjet med nettoafgiftsfaktoren på internationalt handlede goder på 1,25.

### *Varme*

Beregningsprisen for varme er fastsat som de variable produktionsomkostninger, hvilket udelukkende inkluderer drifts- og brændselsomkostningerne som ifølge Miljøstyrelsen (2003c) er 5 øre/kwh, forhøjet med nettoafgiftsfaktoren på internationalt handlede goder på 1,25. Den største andel af beregningsprisen vedrører brændselsomkostningen, som udgøres af omkostningen til kul. Kul er et internationalt handlet gode og derfor anvendes nettoafgiftsfaktoren på internationalt handlede goder på 1,25. Beregningsprisen for varme må antages at være bestemt ud fra varmeproduktionen på et af de mest effektive kulfyrede værker i Danmark. Ifølge Miljøstyrelsen (2003c) tildeles anlægsomkostningerne traditionelt til elproduktionen og derfor medregnes disse ikke i den fastsatte beregningspris for varme.

### *Udenlandsk brændbart affald*

Denne beregningspris er kun relevant for alternativ A. Beregningsprisen for udenlandsk brændbart affald er fastsat som den forventede udenlandske betalingsvilje i 2003 for bortskaffelse af brændbart affald, dvs. den pris som CemMiljø A/S modtager for at bortskaffe udenlandsk brændbart affald. Prisen er 312,5 kr./tons, hvilket svarer til prisen på 250 kr./tons, forhøjet med nettoafgiftsfaktoren på internationalt handlede goder på 1,25. Den faktiske udenlandske betalingsvilje for bortskaffelse af brændbart affald var på i 2002 på 308 kr./tons, men denne betaling forventes ikke at kunne opretholdes i 2003 (Kristensen 2003). Derfor er den foreløbige og forventede udenlandske betalingsvilje for bortskaffelse af brændbart affald i 2003 anvendt ved fastsættelsen af beregningsprisen.

### *Petcoke*

Beregningsprisen for petcoke er fastsat som verdensmarkedsprisen i 2002, som var ca. 260 kr./tons, og forhøjet med nettoafgiftsfaktoren på internationalt handlede goder på 1,25. Købsprisen er opgivet af Aalborg Portland A/S. I 2003 steg prisen på petcoke således at den gennemsnitlige verdensmarkedspris var ca. 310-320 kr. pr. tons.

### *Øvrig energi*

Beregningsprisen på miljødiesel, hydraulikolie, motorolie, smørefedt, olie fjerner, og naturgas er fastsat som de priser anlæggene betaler, ekskl. refunderbare afgifter, forhøjet med nettoafgiftsfaktoren på internationalt handlede goder på 1,25. Ideelt set burde verdensmarkedspriserne anvendes for internationalt handlede goder, men det har ikke været muligt at identificere disse priser. Derfor fastsættes be-

regningspriserne for kemikalier som de købspriser anlæggene betaler. Dermed er der mulighed for at der kan være inkluderet avancer i priserne.

#### *Kalk*

Beregningsprisen for kalk er fastsat ud fra den købspris forbrændingsanlægget betaler, ekskl. refunderbare afgifter, forhøjet med nettoafgiftsfaktoren på indenlandsk producerede goder på 1,17.

#### *Vand*

Beregningsprisen for vand er fastsat som den pris forbrændingsanlægget betaler, ekskl. refunderbare afgifter, forhøjet med nettoafgiftsfaktoren på indenlandsk producerede goder.

#### *Restprodukter*

Beregningsprisen for restprodukter til hhv. genanvendelse, forbrænding og deponering er fastsat som den pris forbrændingsanlægget betaler for den specifikke affaldstype, ekskl. refunderbare afgifter, forhøjet med nettoafgiftsfaktoren på indenlandsk producerede goder.

#### *Beregning af det velfærdsøkonomiske overskud*

Beregningerne af det velfærdsøkonomiske overskud ved udbygning af medforbrænding, dvs. erstatning af 55.044 tons petcoke med 100.000 tons brændbart affald ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S, er vist i Tabel 5.

**Tabel 5. Forudsætninger for beregning af det velfærdsøkonomisk overskud ved udbygning af medforbrænding ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S**

Medforbrænding, affald	Enhed	Forøget mængde	Velfærdsøkonomisk pris	Velfærdsøkonomisk resultat	Velfærdsøkonomisk resultat
			kr./enhed	20-årig annuitet (kr./år)	Nutidsværdi over 20 år (kr.)
<b>Kapitalapparat</b>					
Anlæg, levetid 20 år	kr.	40.000.000	1,21	4.219.733	48.400.000
Maskiner, levetid 10 år	kr.	18.000.000	1,21(1+0,56)=1,89	2.959.204	33.941.838
<b>Kapitalapparat, i alt</b>				<b>7.178.937</b>	<b>82.341.838</b>
<b>Arbejdskraft</b>	Antal pers.	11	318.450	3.526.895	40.453.205
<b>Råvarerforbrug</b>					
Hydraulikolie	Liter	4.119	19	76.609	878.701
Motorolie	Liter	1.467	17	25.117	288.096
Oliefjerner	Liter	90	6	561	6.437
Smørefedt	Liter	66	31	2.041	23.415
<b>Energi</b>					
El	Mwh	4.008	427,02	1.711.621	19.632.155
Miljødiesel	Liter	303	5,89	1.785	20.473
<b>Drift, i alt</b>				<b>5.344.630</b>	<b>61.302.483</b>
<b>Restprodukter</b>					
til genanvendelse (200 kr./tons)	Tons	748	234	175.108	2.008.472
til forbrænding (250 kr./tons)	Tons	57	263	14.972	171.724
til deponering (325 kr./ tons)	Tons	33	293	9.631	110.466
Olieaffald	Tons	4	0	0	0
<b>Restprodukter, i alt</b>				<b>199.710</b>	<b>2.290.663</b>
<b>i alt</b>				<b>12.723.277</b>	<b>145.934.984</b>
<hr/>					
Aalborg protland A/S	Enhed	Reduceret mængde	Velfærdsøkonomisk pris	Velfærdsøkonomisk resultat	Velfærdsøkonomisk resultat
			kr./enhed	20-årig annuitet (kr./år)	Nutidsværdi over 20 år (kr.)
<b>Energi</b>					
Petcoke	Tons	55.044	325	17.889.236	205.188.126
<b>Øvrigt</b>					
Øvrig drift	kr.	3.032.914	1,17	3.548.509	40.701.117
<b>Drift, i alt</b>				<b>21.437.745</b>	<b>245.889.242</b>
<b>i alt</b>				<b>21.437.745</b>	<b>245.889.242</b>

NOTE: BELØBENE ER ANGIVET I HHV. 20-ÅRIG ANNUITET OG NUTIDSVÆRDI, I KR. OG 2002-PRISER, OG ER BEREGNET MED EN KALKULATIONSRENTE PÅ 6% OVER 20 ÅR, FOR 100.000 TONS BRÆNDBART AFFALD.

En vigtig forudsætning for beregningerne i Tabel 5 er, at den velfærdsøkonomiske pris for brændbart affald foreløbigt er sat til nul, dvs. affaldet antages at være indsamlet og til rådighed. Endvidere forudsættes det, i tilfælde af et samlet reduceret forbrug af produktionsfaktorer ved udbygning af medforbrænding, at alle ledige produktionsfaktorer og –goder finder alternativ anvendelse. I tilfælde af et samlet forøget forbrug antages det, at produktionsfaktorer og –goder trækkes bort fra alternativ anvendelse.

Det velfærdsøkonomiske resultat er fremstillet i to forskellige resultatkolonner i Tabel 5. I den ene kolonne er resultatet angivet i kr. pr. år over en 20-årig annuitet, og i den anden kolonne er resultaterne angivet i nutidsværdi over en 20-årig periode. Ved beregning af resultaterne er der anvendt en kalkulationsrente på 6 procent, hvilket er den kalkulationsrente som Finansministeriet anbefaler i sin officielle vejledning i udarbejdelse af samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger (Finansministeriet 1999).

Andre institutioner, som f.eks. Miljøstyrelsen, anbefaler at anvende en velfærdsøkonomisk kalkulationsrente på 3 procent i kombination med en såkaldt forrentningsfaktor på kapital, som er beregnet ud fra et alternativt afkast på 6 procent og en diskonteringsrate på 3 procent. De to tilgangsvinkler vil ikke blive diskuteret nærmere i denne rapport. Hovedanalysen gennemføres efter Finansministeriets anbefalinger og herefter foretages der følsomhedsanalyse med en kalkulationsrente på 3 procent.

Efterfølgende foretages en gennemgang af beregningerne som ligger til grund for resultaterne.

#### *Kapitalapparat (Anlæg)*

Den velfærdsøkonomiske kapitalomkostning til udbygning af medforbrænding indeholder både omkostningerne til bygningerne og til maskinerne. Samlet set udgør den velfærdsøkonomiske kapitalomkostning 48 mio. kr. til bygninger plus 34 mio. kr. til maskinerne, dvs. i alt 82 mio. kr. til anlægget.

Den del af kapitalomkostningen som vedrører bygningerne er beregnet ved først at multiplicere investeringsudgiften på 40 mio. kr. med en netto-afgiftsfaktor på 1,21, som er et vægtet gennemsnit der svarer til at 50 procent af produktionsfaktorerne er købt i udlandet og de resterende 50 procent er af indenlandsk oprindelse. Herved fremkommer et beløb på 48 mio. kr. Bygningerne antages at have en levetid på 20 år.

Den anden del af kapitalomkostningen vedrører maskinerne. Da maskinerne kun har en levetid på 10 år, forudsættes det at investeringsudgiften på 18 mio. kr. gentages i starten af periode 10, hvorved tidshorisonten for maskinerne svarer til tidshorisonten for bygningerne, dvs. 20 år. Nutidsværdien af kapitalomkostningen til

maskiner er beregnet ved at multiplicere den gentagne investeringsudgift på 18 mio. kr. med en samlet faktor på 1,89, hvilket giver 34 mio. kr.

$$NPV_{maskiner} = 18 \left( 1,21 \left( 1 + \frac{1}{(1 + 0,06)^{10}} \right) \right) = 18(1,89) = 34 \text{ mio. kr.}$$

Den samlede faktor på 1,89 svarer til netto-afgiftsfaktoren på 1,21, jf. ovenstående, multipliceret med (1 + diskonteringsfaktoren på 0,56). Diskonteringsfaktoren er nutidsværdien af en krone erhvervet hvert år i 10 år, beregnet med en diskonteringsrate på 6 procent.

#### *Drift og restprodukter*

Den velfærdsøkonomiske driftsomkostning ved udbygning af medforbrænding vedrører dels en forøget drift ved medforbrænding, svarende til 61 mio. kr., og en reduceret drift ved anvendelsen af fossile brændsler ved cementproduktionen, svarende til 246 mio. kr. Derudover forekommer der en velfærdsøkonomisk omkostning på 2 mio. kr. ved restprodukterne fra medforbrænding.

Den forøgede drift ved medforbrænding svarende til 61 mio. kr. er beregnet som nutidsværdien af de årlige velfærdsøkonomiske omkostninger ved forbrug af arbejdskraft (40 mio. kr.), råvarer (1 mio. kr.) og energi (20 mio. kr.).

Den reducerede drift ved anvendelsen af fossile brændsler ved cementproduktionen, svarende til 246 mio. kr., er beregnet som nutidsværdien af de velfærdsøkonomiske omkostninger ved reduceret forbrug af petcoke (205 mio. kr.) plus reduceret øvrig drift (41 mio. kr.).

Endelig er den velfærdsøkonomiske omkostning ved restprodukterne fra medforbrænding beregnet som nutidsværdien af den årlige velfærdsøkonomiske omkostning ved bortskaffelse af restprodukter.

Som eksempel på beregningen af ovenstående resultater gennemføres en mere detaljeret gennemgang af beregningerne for nutidsværdien af de årlige velfærdsøkonomiske omkostninger ved forbrug af arbejdskraft, dvs. fremkomsten af de 40 mio. kr.

Den årlige velfærdsøkonomiske omkostning er beregnet ved at multiplicere de reale konsekvenser, som er vist i Tabel 3, dvs. 11 arbejdere, med de velfærdsøkon-

miske priser, som er angivet i Tabel 4. Den velfærdsøkonomiske pris på arbejdskraft er beregnet som den budgetøkonomiske årsløn, incl. arbejdsgiverbetalte pensionsbetalinger og forsikringer, dvs. 272.179 kr., forhøjet med den generelle indenlandske netto-afgiftsfaktor på 1,17, jf. Tabel 4.

Nutidsværdien af de årlige velfærdsøkonomiske omkostninger ved forbrug af arbejdskraft er beregnet som:

$$\begin{aligned} NPV_{MF(\text{arbejdskraft})} &= \alpha_{20;6\%} (11 \cdot 1,17 \cdot 272.179) = \left( \frac{1 - (1 + 0,06)^{-20}}{0,06} \right) 3.526.895 \\ &= 11,47 \cdot 3.526.895 = 40 \text{ mio. kr.} \end{aligned}$$

Nutidsværdien er beregnet ved at multiplicere den årlige velfærdsøkonomiske omkostning ved 11 arbejdere med en annuitetsfaktor ( $\alpha_{20;6\%}$ ) på 11,47, som svarer til nutidsværdien af en annuitet på 20 år. De resterende forbrugskonsekvenser er beregnet efter sammen fremgangsmåde.

#### *Velfærdsøkonomisk resultat*

Resultaterne af den velfærdsøkonomiske analyse er sammenfattet i Tabel 6.

Det samlede velfærdsøkonomiske resultat, uden hensynstagen til emissionskonsekvenserne, ved en medforbrænding af 100.000 tons brændbart affald og substitution af 55.014 tons petcoke ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S er beregnet til 100 mio. kr., jf. Tabel 6.

**Tabel 6. Velfærdsøkonomisk overskud ved udbygning af medforbrænding ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S**

Udbygning af medforbrænding	
Kapitalapparat (anlæg)	-82
Drift, incl. restprodukter (brændbart affald)	-64
Drift (fossilt brændsel, petcoke)	246
Emissioner (affald)	- $E_{\text{affald}}$
Emissioner (fossilt, petcoke)	$E_{\text{petcoke}}$
Brændbart affald	0
<b>Velfærdsøkonomisk overskud, uden affald</b>	<b>100</b>

NOTE: BELØBENE ER ANGIVET I NUTIDSVÆRDI, I MIO. KR. OG 2002-PRISER, OG BEREGNET MED EN KALKULATIONSRENTE PÅ 6% OVER 20 ÅR, FOR 100.000 TONS BRÆNDBART AFFALD.

Det foreløbige resultat tyder således på det er velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt at CemMiljø A/S udbygger foranstaltningerne til medforbrænding og derved ændrer forbruget af brændsel fra fossilt brændsel til brændbart affald ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S. Det afgørende for gyldigheden af dette resultat er, at der rent faktisk spares drift i kulhavnen og at investeringsomkostningerne ved udbygning af medforbrænding er fastsat korrekt.

#### *Prissætning af emissionskonsekvenser*

Der er ikke foretaget prissætning af emissionerne i hovedanalysen. Som tidligere nævnt er emissionskonsekvenserne ved udbygning af medforbrænding og erstatning af petcoke med brændbart affald, ifølge konsekvensskemaet i Tabel 3, samlet set uændret, med undtagelse af en reduceret CO<sub>2</sub>-udledning og en reduceret NO<sub>x</sub>-udledning.

Som eksempel på betydningen af emissionskonsekvenserne for det velfærdsøkonomiske overskud ved medforbrænding vil der efterfølgende foretages prissætning af emissionskonsekvenserne.

Fra konsekvensskemaet i Tabel 3 fremgår det at erstatning af 55.044 tons petroleumskoks med 100.000 tons importeret brændbart affald ved cementproduktion på Aalborg Portland A/S, vil medføre en samlet reduceret CO<sub>2</sub>-emission på 156.985 tons, forudsat at affald regnes som CO<sub>2</sub>-neutralt og at den benyttede el ikke giver anledning til CO<sub>2</sub>-emission, samt en samlet reduceret NO<sub>x</sub>-emission på ca. 375 tons.



Under antagelse af at der foreligger nogle klare reduktionsmålsætninger for de pågældende ændrede emissioner kan disse prissættes ud fra omkostningssiden, dvs. ud fra hvad det alternativt koster at reducere et ekstra tons af den pågældende emission, når målsætningen er opfyldt. Denne alternativomkostning svarer til skyggeprisen på reduktionsmålsætningen. I Tabel 7 er der angivet en række priser, som svarer til den alternative omkostning ved at reducere et ekstra tons af hhv. CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub>. Grunden til at prisen på SO<sub>2</sub> også er angivet er at denne anvendes senere i nærværende rapport.

**Tabel 7. Prissætning af emissioner**

Emissioner til luft	Enhed	Alternativ omkostning	NAF	Velfærdsøkonomisk pris
CO <sub>2</sub>	Kr/tons	60	1,25	70
NO <sub>x</sub>	Kr/tons	14.500	1,17	16.965
SO <sub>2</sub>	Kr/tons	10.000	1,17	11.700

Den alternative omkostning ved at reducere et ekstra tons af hhv. CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub> er forhøjet med en nettoafgiftsfaktor, hvorved omkostningerne ved reduktionerne udtrykkes i velfærdsøkonomisk beregningsprisniveau.

Prisen på CO<sub>2</sub> er den pris/år, som en kvote (emissionstilladelse til 1 tons CO<sub>2</sub>) kan købes til på det europæiske marked, dvs. prisen svarer til den internationale markedspris i EU. Denne pris er etableret som følge af, at EU har forpligtet sig, i forhold til Kyoto protokollen, til at reducere CO<sub>2</sub>-udslippet med 8 procent i perioden 2008-2012 i forhold til 1990-niveau.

Prisen på SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> svarer til den pris/år det koster at reducere et ekstra tons på de centrale kraftværker, som er underlagt SO<sub>2</sub>- og NO<sub>x</sub>-kvoter. Priserne antages at reflektere producenternes alternative omkostninger ved at leve op til kvoterne, dvs. de marginale omkostninger ved at sikre reduktionen i udledningen på anden vis. For SO<sub>2</sub> opgøres de marginale omkostninger ud fra den svovlafgift på 20 kr./kg S (dvs. 10 kr./kg SO<sub>2</sub>), der blev indført for kraftværkerne fra januar 2000 (Energistyrelsen 2003b). For NO<sub>x</sub> er de marginale omkostninger beregnet til 14,5 kr./kg ud fra omkostningerne ved et de-NO<sub>x</sub>-anlæg etableret på et kulfyret kraftværk (Energistyrelsen 2003b).

Det skal understreges, at der er usikkerhed forbundet med de angivne estimater i Tabel 7. En alternativ tilgangsvinkel til vægtningen af emissionskonsekvenserne er at anvende værdisætningsestimater fra ExternE-studiet, som skal svare til den velfærdsøkonomiske skadesomkostning ved udledning af et ekstra tons. Værdisætningsestimaterne fra ExternE-studiet er for CO<sub>2</sub> 270 kr./tons, SO<sub>2</sub> 26.300 kr./tons og NO<sub>x</sub> 26.300 kr./tons, angivet i 2002 priser, dvs. der er tale om en mere betydende vægtning af emissionskonsekvenserne hvis disse estimater anvendes. Det er tvivlsomt om disse priser er angivet i beregningsprisiniveau, hvorfor der kan være konsistensproblemer i forhold til de andre priser som anvendes i nærværende rapport. Formålet med priserne er alene at illustrere betydningen af emissionskonsekvenserne for det velfærdsøkonomiske overskud ved medforbrænding.

Når der foreligger reduktionsmålsætninger for alle tre emissioner, må det mest nærliggende være at anvende prissætningsestimaterne, som er opgjort ud fra omkostningssiden. Hvis de velfærdsøkonomiske priser multipliceres med emissionskonsekvenserne, som er angivet i Tabel 3, side 26, og dette resultat indregnes i det samlede resultat, vil det velfærdsøkonomiske nettooverskud ved udbygning af medforbrænding stige yderligere med 199 mio. kr., dvs. fra 100 mio. kr. til 299 mio. kr., angivet i nutidsværdi, beregnet med en kalkulationsrente på 6 procent over en 20-årig periode.

Som tidligere nævnt skal ovenstående beregning kun ses som et eksempel på betydningen af emissionskonsekvenserne for det samlede velfærdsøkonomiske resultat under en række centrale antagelser. Et relevant spørgsmål må imidlertid være, om en ændring i antagelserne omkring emissionerne vil medføre en stor ændring af det beregnede resultat.

Der er fire forhold som bør nævnes. For det første er de angivne emissioner i konsekvenskemaet i Tabel 3 beregnet som et emissionsgennemsnit ved afbrænding af to forskellige brændselsmix ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S. For det andet er det antaget at affald kan regnes som et CO<sub>2</sub>-neutralt brændsel. For det tredje er det eksplicit antaget at de miljømæssige problematiske restprodukter, som fremkommer ved medforbrænding og som indgår i cementproduktionen, dvs. tungmetaller, ikke udgør en skadesvirkning på miljøet. For det fjerde er anvendelsen af prissætningsestimater for emissionerne forbundet med usikkerhed og dermed kan der være inkonsistens i forhold til de øvrige velfærdsøkonomiske beregninger som er foretaget i nærværende rapport.

Det første forhold vedrører emissionskonsekvenserne ved erstatning af fossilt brændsel med brændbart affald. Tallene som er anvendt er beregnet på grundlag af data opgivet af Aalborg Portland A/S. De anvendte data må anses for at være de bedst tilgængelige estimater for emissionskonsekvenserne.

Det andet forhold vedrører konsekvenserne for den samlede CO<sub>2</sub>-emission fra Aalborg Portland A/S. Hvis antagelsen om at brændbart affald er CO<sub>2</sub>-neutralt opgives og der indregnes en emissionsfaktor for affald på ca. 18 kg/GJ (Elkraft System 2002), vil den samlede CO<sub>2</sub>-udledning stadig reduceres, idet petcoke har en emissionsfaktor på ca. 92 kg/GJ. I stedet for en CO<sub>2</sub>-reduktion på 156.985 tons, som er beregnet under antagelse om at brændbart affald er CO<sub>2</sub>-neutralt, ville der fortrænges 127.977 tons CO<sub>2</sub>, når der regnes med en emissionsfaktor på 18 kg/GJ for brændbart affald. Den samlede betydning af denne ændring er, at det velfærdsøkonomiske overskud ved forbrænding reduceres med 23 mio. kr., dvs. fra 299 mio. kr. til 276 mio. kr. Derfor vurderes det at denne antagelse ikke kan få afgørende betydning på rangordningen af forbrænding i forhold til medforbrænding.

Det tredje forhold vedrører, at tungmetallerne, som bindes i cementen ved medforbrænding, muligvis kan udgøre et miljømæssigt problem den dag betonen ender som affald. Der er to argumenter som taler for at dette problem kan vurderes til at være af lille betydning i forhold til det velfærdsøkonomiske overskud ved medforbrænding. Det første argument er at tungmetallerne fortyndes kraftigt i mængden af cement som produceres pr. år. på Aalborg Portland A/S. Det andet argument er af tidsmæssig karakter. Betonen har typisk en længerevarende levetid, dvs. tungmetallerne vil være bundet i betonen over en temmelig lang periode. Multiplikation med diskonteringsfaktoren vil således betyde at nutidsværdien af de eventuelle fremtidige skadesvirkninger vil blive lav i forhold til det beregnede velfærdsøkonomiske overskud ved medforbrænding. Eksempelvis vil diskonteringsfaktoren over 50 år med en kalkulationsrente på 6 procent være 0,054. Dermed vurderes problemet med tungmetaller i cementen at være af mindre betydning i forhold til det samlede velfærdsøkonomiske resultat.

Det fjerde forhold vedrører, at anvendelsen af prissætningsestimater for emissionerne er forbundet med usikkerhed og der kan være inkonsistens i forhold til de øvrige velfærdsøkonomiske beregninger som er foretaget i nærværende rapport. Det-

te forhold vurderes ikke at kunne ændre det beregnede velfærdsøkonomiske overskud ved udbygning af medforbrænding fra et positivt tal til et negativt.

Hvis ExternE-studiernes værdisætningsestimater anvendes som velfærdsøkonomiske beregningspriser for emissionskonsekvenserne, dvs. emissionskonsekvenserne vægtes tungere, vil dette betyde at det beregnede velfærdsøkonomiske overskud ændrer sig i positiv retning fra 299 mio. kr. til 699 mio. kr. Derfor vil anvendelse af højere velfærdsøkonomiske beregningspriser for emissionerne betyde at det velfærdsøkonomiske overskud ved medforbrænding forøges.

Tilbage står så spørgsmålet, om der er nogle af forudsætningerne eller antagelserne omkring emissionerne som er af så afgørende betydning, at en lempelse eller stramning vil kunne ændre på resultatet. Ud fra ovenstående diskussion vurderes der at være en lille sandsynlighed for, at usikkerheden omkring antagelserne for emissionskonsekvenserne vil kunne tippe det beregnede velfærdsøkonomiske overskud ved medforbrænding fra et overskud til et underskud.

### **3.4 Import af brændbart affald**

Isoleret betragtet angår *Importproblemstillingen* (alternativ a) om det er velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt at CemMiljø A/S importerer 100.000 tons udenlandsk affald til medforbrændingsanlægget, dvs. det undersøges hvilken værdi som skal indsættes ved alternativ a ud for posten "Brændbart affald" i Tabel 6, side 38, hvor der indtil videre er benyttet værdien nul.

Udlandet, f.eks. Norge og Tyskland, er i øjeblikket villige til at betale CemMiljø A/S for at modtage brændbart affald (Kristensen 2003). Dermed er der ikke tale om valutaudgifter i forbindelse med import af affald, men derimod er der tale om en valutaindtægt for det danske samfund.

I 2002 var udlandet villige til i gennemsnit at betale 308 kr. til CemMiljø A/S for at modtage og behandle 1 tons brændbart affald. Spørgsmålet er bare i hvilken grad denne betalingsvilje er verdensomspændende, dvs. om der er tale om en generel verdensmarkedspris eller, om der i stedet er tale om en midlertidig betalingsvilje som følge af at eksport af brændbart affald til nyttiggørelse er fritaget for affaldsafgift, og at udlandet endnu ikke har udbygget tilstrækkelig højteknologisk forbrændingskapacitet til behandling af brændbart affald.

I hovedanalysen antages det, at betalingsviljen for bortskaffelse af et tons affald falder til 250 kr., hvilket svarer til den forventning som CemMiljø A/S har til 2003 (Kristensen 2003).

Det velfærdsøkonomiske overskud ved import af brændbart affald kan herefter beregnes ved at multiplicere valutaindtægten med den generelle nettoafgiftsfaktor for internationalt handlede goder, som er 1,25. Herved opstår der en yderligere benefit på 312,5 kr. pr. tons brændbart affald som importeres. For 100.000 tons brændbart affald svarer dette til et velfærdsøkonomisk overskud på 358 mio. kr., angivet i nutidsværdi, beregnet med en kalkulationsrente på 6 procent over en 20-årig periode.

Ovenstående resultat kan sammenstilles med resultaterne af den velfærdsøkonomiske analyse af udbygning af medforbrændingsanlægget ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S. Den samlede analyse af importproblemstillingen er vist i Tabel 8.

**Tabel 8. Velfærdsøkonomisk overskud ved udbygning af medforbrænding og import af affald ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S**

Udbygning af medforbrænding	
Kapitalapparat (anlæg)	-82
Drift, incl. restprodukter (brændbart affald)	-64
Drift (fossilt brændsel, petcoke)	246
Emissioner (affald)	- $E_{\text{affald}}$
Emissioner (fossilt, petcoke)	$E_{\text{petcoke}}$
Brændbart affald	358
<b>Velfærdsøkonomisk overskud</b>	<b>458</b>

NOTE: BELØBENE ER ANGIVET I NUTIDSVÆRDI, I MIO. KR. OG 2002-PRISER, OG ER BEREGET MED EN KALKULATIONSRENTE PÅ 6% OVER 20 ÅR, FOR 100.000 TONS BRÆNDBART AFFALD.

Det samlede velfærdsøkonomiske resultat ved udbygning af medforbrænding og erstatning af 55.044 tons petcoke med 100.000 tons importeret affald ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S er beregnet til 458 mio. kr., jf. Tabel 8.

Som det fremgår af Tabel 8 indikerer resultaterne, at det er velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt, at CemMiljø A/S udbygger foranstaltningerne til medforbrænding, ændrer forbruget af brændsel fra fossilt brændsel til brændbart affald og im-

porterer 100.000 tons brændbart affald ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S.

Ovenstående resultat understreger det uhensigtsmæssige i, at Danmark i en år-række har eksporteret affald, f.eks. dæk, til termisk nyttiggørelse i udlandet og samtidig betalt udlandet for bortskaffelsen. Eksporten af dæk er i 2003 reduceret på grund af forberedelsen af ny bekendtgørelse om genanvendelse af dæk. Ud fra et velfærdsøkonomisk vurderingsgrundlag er det ikke altid givet, at genanvendelse altid skal foretrækkes fremfor f.eks. forbrænding eller medforbrænding.

### **3.5 Teknikvalg – undlade etablering af ny forbrændingskapacitet**

Isoleret betragtet angår *teknikvalgsproblemstillingen* om det er velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt at behandle 100.000 tons brændbart affald ved medforbrænding og derved undlade at behandle affaldet ved forbrænding. Hensigten med analysen i dette afsnit er at undersøge hvilken værdi som skal indsættes ved alternativ b ud for posten ”Brændbart affald” i Tabel 6, side 38. Værdien som indsættes skal svare til det velfærdsøkonomiske resultat ved at undlade at behandle brændbart affald ved at etablere et nyt affaldsforbrændingsanlæg.

I dette afsnit gennemføres først en analyse af de velfærdsøkonomiske nettofordele ved at forbrænde affald. Dernæst indregnes resultatet af at miste disse nettofordele som en omkostning ved at levere affaldet til medforbrænding.

Problemstillingen vedrørende udbygning af forbrænding angår om det er velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt at bygge et anlæg til forbrænding og derved reducere el- og varmeproduktionen andetsteds.

Et forbrændingsanlæg som etableres i dag må formodes at svare til det mest effektive eksisterende forbrændingsanlæg. Det mest effektive eksisterende anlæg antages at være forbrændingsanlægget KARA som producerer kraftvarme. Dette anlæg vil efterfølgende blive anvendt som eksempel på det anlæg man ville etablere, hvis det offentlige skulle etablere et nyt affaldsforbrændingsanlæg.

Elproduktionen som fortrænges ved udbygning af forbrænding kan enten antages at fortrænges på et kulfyret kraftvarmeanlæg i Danmark, eller antages at fortrænge import af el fra udlandet til verdensmarkedsprisen.

Elmarkedet har siden slutningen af 1990'erne været udsat for liberalisering, og i dag er markedet fuldstændig åbent overfor eksport og import af el fra udlandet. Hovedanalysen gennemføres derfor under den antagelse at den forøgede elproduktion ved forbrænding fortrænger import af el til verdensmarkedspris.

Med hensyn til varmeproduktionen, som fortrænges ved varmeproduktionen fra forbrænding, antages det, at der fortrænges produktion af varme på et kulfyret kraftvarmeanlæg i Danmark.

Analysen af udbygning af forbrænding omfatter herefter følgende costs og benefits:

- anlægs-, drifts- og emissionskonsekvenser for etablering og drift af forbrænding, dvs. costs i form af forøgede investeringer, forøget ressourceforbrug til drift og forøgede emissioner fra forbrænding af brændbart affald ved et forbrændingsanlæg svarende til KARA.
- konsekvenser for elimport, dvs. benefits i form af reducerede valutaudgifter til elimport.
- konsekvenser for varmeproduktionen, dvs. benefits i form af reduceret ressourceforbrug til varmeproduktion og reducerede emissioner ved et kulfyret kraftvarmeværk i Danmark.

#### *Konsekvensbeskrivelse*

De reale konsekvenser ved udbygning af forbrænding omfatter konsekvenser for den samlede produktion, forbruget af produktionsfaktorer i samfundet samt miljøkonsekvenserne. Konsekvenserne opgøres så vidt muligt i mængdemæssige enheder.

Opgørelsen af reale konsekvenser foretages inden for en periode på 20 år. Denne periode svarer til levetiden for både forbrændings- og medforbrændingsanlægget, hvorved konsekvenserne bliver sammenlignelige. Det antages, at forbrændingsanlægget opføres i starten af periode 0 og er i drift fra år 1 til år 20. Der eksisterer forbrændingsanlæg, som lever længere end 20 år, men ifølge Olsen (2003) regnes der med en økonomisk levetid for KARA på 20 år.

Det antages at produktionsomfanget og forbruget af produktionsfaktorer i samfundet er givet, og at konsekvenserne ved udbygning af forbrænding ikke påvirker de relative priser på varer, tjenester og produktionsfaktorer. Denne antagelse vil betyde at et forøget eller reduceret forbrug af kapital, arbejdskraft og produktions-

goder vil blive trukket væk fra anden anvendelse eller kan give anledning til alternativ produktiv anvendelse.

Anlægs-, drifts- og emissionskonsekvenserne for forbrænding af 100.000 tons brændbart affald samt for en reduceret elimport på 93.720 Mwh og en reduceret varmeproduktion på 309.170 Mwh er sammenfattet i Tabel 9 og Tabel 10.

**Tabel 9. Konsekvensskema for etablering af et forbrændingsanlæg med en kapacitet på 100.000 tons affald om året, for en reduceret elimport på 93.720 Mwh og for en reduceret varmeproduktion på 309.170 Mwh**

		Forbrænding	Elimport	KV-anlæg
	Enhed	Forøget mængde	Reduceret mængde	Reduceret mængde
<b>Anlæg</b>				
<b>Kapitalapparat</b>				
Anlæg, levetid 20 år	Kr.	279.844.220		
<b>Produktion</b>				
El	Mwh		93.720	
Varme	Mwh			309.170
<b>Drift</b>				
Arbejdskraft	Antal pers.	23		
<b>Råvarerforbrug</b>				
Kalk	Tons	588		
Wulforsorp	Tons	90		
Fældningsmiddel TMT 15	Tons	3		
Natronlud, NAOH	Tons	83		
<b>Energi</b>				
El	Mwh	8.856		
Naturgas	M3	140.356		
<b>Fornybare ressourcer</b>				
Sanitærvand	M3	826		
Procesvand	M3	41.604		
<b>Restprodukter</b>				
til genanvendelse (225 kr./tons)	Tons	17.275		
til deponering (660 kr./tons)	Tons	804		
til deponering (790 kr./tons)	Tons	3.002		



**Tabel 10. Konsekvensskema for etablering af forbrændingsanlæg med en kapacitet på 100.000 tons affald pr. år, for en reduceret elimport på 93.720 Mwh og for en reduceret varmeproduktion på 309.170 Mwh (Emissionskonsekvenser)**

		Forbrænding	Elimport	KV-anlæg
	Enhed	Forøget mængde	Reduceret mængde	Reduceret mængde
<b>Emissioner til vand</b>				
Sulfat	Kg	7.410		
Klorid	Kg	477.446		
Pb	Kg	3,1		
Cd	Kg	0,37		
Cr	Kg	0,4		
Cu	Kg	1,3		
Hg	Kg	0,16		
Ni	Kg	2,0		
Zn	Kg	5,9		
Olie/fedt	Kg	19		
COD	Kg	7.888		
N-total	Kg	264		
<b>Emissioner til luft</b>				
CO <sub>2</sub>	Tons	0		170.263
NO <sub>x</sub>	Tons	171		103
SO <sub>2</sub>	Tons	5,2		16
HCl	Tons	1,6		6
Støv, partikler mm.	Tons	0,2		10
Pb+Cr+Cu+Mn	Tons	0,1		...
Pb	Tons	0,04		0,01
Ni+As	Tons	0,07		0,02
Cd+Hg	Tons	0,03		0,002
HF	Tons	0,14		...
TOC	Tons	1,4		...
CO	Tons	7,4		...
Dioxin	Tons	5,71E-10		...

Konsekvensskemaerne i Tabel 9 og Tabel 10 er beregnet for forbrænding af 100.000 tons brændbart affald og angiver de årlige konsekvenser i løbet af den betragtede tidshorisont fra år 1 til år 20. Konsekvensbeskrivelsen er foretaget med udgangspunkt i det faktiske forbrug af kapitalapparat, arbejdskraft, råvarer og energi samt den faktiske produktion af restprodukter og emissioner ved en årlig forbrænding af 171.524 tons affald ved KARA. Det faktiske forbrug af produktionsfaktorer ved KARA er gengivet i Tabel 20 i Bilag 3 og i Tabel 21 i Bilag 4. I disse tabeller angives ligeledes gennemsnitsforbruget af produktionsfaktorer pr. tons af-

fald som behandles ved KARA samt restprodukter og emissioner pr. tons affald som behandles ved KARA. Det er disse gennemsnitstal som er anvendt ved konsekvensbeskrivelsen i Tabel 9 og Tabel 10.

Tallene i de to konsekvensskemaer forklares efterfølgende.

Et forbrændingsanlæg med en kapacitet på 100.000 tons er beregnet til at kræve en investering på 279,8 mio. kr. Investeringen dækker over hele anlægget, dvs. både bygninger og maskiner, og den økonomiske og tekniske levetid forventes at være 20 år. Investeringsomkostningen svarer til 295 kr. pr. tons pr. år, beregnet med en kalkulationsrente på 6 procent. Til sammenligning har miljøstyrelsen beregnet en investeringsomkostning for vestforbrændingen på 438 kr. pr. tons (Miljøstyrelsen 2003c), dog ikke med anvendelse af samme kalkulationsrente. Derfor er der sandsynligvis tale om en meget lav sat investeringsomkostning når der sammenlignes med investeringsomkostninger til andre anlæg.

Forbrændingsanlægget antages at have en bruttoenergiproduktion på 1.706.358 GJ (=473.988 Mwh), dvs. 17,1 GJ/tons brændbart affald. Denne produktion svarer præcis til den energimængde som indgik i beregningerne for udbygning af medforbrænding. Det fremgår af Tabel 9, at elproduktionen fra forbrændingsanlægget vil fortrænge og dermed reducere elimporten med 93.720 Mwh. Dette tal er fremkommet ved at multiplicere KARAs faktiske elvirkningsgrad, som er 19,77 procent, med bruttoenergiproduktionen på 17.706.358 GJ (473.988 Mwh).

Af konsekvensskemaet fremgår det også, at varmeproduktionen fra et kulfyret centralt kraftvarmeanlæg kan reduceres med 309.170 Mwh. Dette tal er fremkommet ved at multiplicere KARAs faktiske varmekoefficiens, som er 65,22 procent, med bruttoenergiproduktionen på 17.706.358 GJ (473.988 Mwh).

El- og varmekoefficiens for KARA er beregnet ud fra den faktiske (netto)el- og (netto)varmeproduktion samt bruttoenergiproduktionen i 2002 på KARA (Olsen 2003).

Der vil blive beskæftiget 23 personer ved forbrændingsanlægget. Driften af anlægget vil endvidere medføre et forøget forbrug af råvarer, energi og fornybare ressourcer samt en forøget produktion af restprodukter til genanvendelse og deponering.

ring. De specifikke mængdemæssige konsekvenser ved forbrænding af 100.000 tons brændbart affald fremgår af Tabel 9.

Emissionskonsekvenserne ved udbygning af forbrænding, en reduceret elimport på 93.720 Mwh og en reduceret varmeproduktion på 309.170 Mwh er sammenstillet i Tabel 10. Tallene i Tabel 10 er de formodede konsekvenser ved forbrænding af 100.000 tons brændbart affald. Formodningen er baseret på de faktiske emissioner fra KARA i 2002. Emissionerne fra KARA er målt ved forbrænding af flere forskellige affaldstyper, som ikke nødvendigvis er identiske med definitionen af brændbart affald i nærværende rapport (se Tabel 1, side 18).

Konsekvensskemaet for emissioner illustrerer, at udbygningen af forbrænding medfører en række forøgede emissioner til vand<sup>12</sup> og luft samt en række reducerede emissioner til luft fra en reduceret varmeproduktion.

Der er ikke medtaget reducerede emissioner som følge af en reduceret elimport. Dette skyldes at eventuelle emissioner forbundet med udenlandsk elproduktion *ikke* medregnes i en velfærdsøkonomisk analyse, hvor der anlægges en national afgrænsning. En mulighed kunne være at forsøge at beskrive emissionerne som forekommer i udlandet, men de vil variere afhængig af hvilken form for elproduktion som producerer el til eksport i udlandet. Derfor er der i nærværende rapport ikke foretaget en opgørelse af udenlandske emissioner som følge af forøget eller reduceret dansk elimport.

De reducerede emissioner som er angivet ved en reduceret varmeproduktion på 309.170 Mwh er beregnet med udgangspunkt i de faktiske emissioner ved Nordjyllandsværket. Nordjyllandsværkets blok 3 er et af de mest effektive kraftvarmeverker i Danmark. Gennemsnitsemmissionerne fra dette anlæg pr. produceret Mwh er beregnet og angivet i Tabel 22 i Bilag 5. Det er disse gennemsnitstal som er anvendt ved konsekvensbeskrivelsen i Tabel 10. forklares senere.

Forbrænding af 100.000 tons brændbart affald på KARA vil medføre forøgede emissioner til vand, jf. konsekvensskemaet i Tabel 10. For emissionerne til luft vil det samlet set betyde en reduceret CO<sub>2</sub>-emission på 170.263 tons, idet forbrænding af

affald, ifølge Energistyrelsen (2003a), stort set er CO<sub>2</sub>-neutralt. Endvidere vil forbrænding samlet set medføre en forøget NO<sub>x</sub>-emission på (171-103) = 68 tons, en reduceret SO<sub>2</sub>-emission på (-5,2+17) = 11,8 tons, en reduceret HCL-emission på (-1,6+6) = 4,4 tons, samt en reduceret støv- og partikel emission på (-0,2+10) = 9,8 tons. Endelig fremgår det af Tabel 10, at emissionerne af tungmetaller, herunder bly (Pb), Nikkel + Arsen (Ni + As), og Cadmium + kviksølv (Cd + Hg) samlet set forøges ved forbrænding af 100.000 tons brændbart affald.

Hvis 100.000 tons brændbart affald behandles ved forbrænding og der produceres 309.170 Mwh varme, vil der alt andet lige skulle produceres 309.170 Mwh (=1.138.633 GJ) mindre varme på det konventionelle kraftvarmeanlæg. Det er ikke angivet i konsekvensbeskrivelsen hvor mange tons kul der kræves for at fremstille denne mængde varme. Dette skyldes at de velfærdsøkonomiske konsekvenser af kulforbruget er indregnet i den velfærdsøkonomiske beregningspris for 1 Mwh varme.

#### *Velfærdsøkonomisk analyse*

Hensigten med den velfærdsøkonomiske analyse er at vurdere det velfærdsøkonomiske resultat ved at udbygge forbrændingskapaciteten, reducere elimporten samt at reducere varmeproduktionen på et konventionelt kraftvarmeværk.

Vurderingen foretages ved at beregne det velfærdsøkonomiske resultat ved at udbygge forbrændingskapaciteten med 100.000 tons, reducere elimporten med 93.720 Mwh og reducere varmeproduktionen med 309.170 Mwh. Ved vurderingen benyttes de angivne velfærdsøkonomiske beregningspriser, der er fastsat i Tabel 4, som multipliceres med de beskrevne reale konsekvenser i Tabel 9.

Beregningerne af det velfærdsøkonomiske resultat ved at udbygge forbrændingskapaciteten med 100.000 tons, reducere elimporten med 93.720 Mwh og reducere varmeproduktionen med 309.170 Mwh er vist i Tabel 11.

---

<sup>12</sup> En af personerne som har foretaget kvalitetskontrol anfører, at emissionerne til vand i konsekvensskemaet i Tabel 10 kun forekommer ved våd/semi-tør røg-rensningsanlæg, som f.eks ved KARA. Tørre røgrensningsanlæg vil ikke give emissioner til vand.

**Tabel 11. Forudsætninger for beregning af det velfærdsøkonomiske resultat ved etablering og drift af et forbrændingsanlæg svarende til KARA**

Forbrænding	Enhed	Forøget mængde	Velfærdsøkonomisk	Velfærdsøkonomisk	Velfærdsøkonomisk
			pris	resultat	resultat
			kr./enhed	20-årig annuitet (kr./år)	nutidsværdi over 20 år (kr.)
<b>Kapitalapparat</b>					
Anlæg, levetid 20 år	kr.	279.844.220	1,21	29.521.694	338.611.506
<b>Kapitalapparat, i alt</b>				<b>29.521.694</b>	<b>338.611.506</b>
<b>Drift</b>					
<b>Arbejdskraft</b>	Antal pers.	23	318.450	7.240.707	83.050.337
<b>Råvarerforbrug</b>					
Kalk	Tons	588	1.013	595.757	6.833.289
Wulfrasorp	Tons	90	2.838	256.415	2.941.055
Fædningsmiddel TMT 15	Tons	2,6	33	83	956
Natronlud, NAOH	Tons	83	2	166	1.908
<b>Energi</b>					
El	Mwh	8.856	427	3.781.657	43.375.305
Naturgas	m <sup>3</sup>	140.356	6	789.505	9.055.561
<b>Fornybare ressourcer</b>					
Sanitærvand	m <sup>3</sup>	826	10	8.312	95.343
Procesvand	m <sup>3</sup>	41.604	10	418.620	4.801.543
<b>Drift, i alt</b>				<b>13.091.223</b>	<b>150.155.297</b>
<b>Restprodukter</b>					
Til genanvendelse (225 kr./tons)	Tons	17.275	263	4.547.679	52.161.519
til deponering (660 kr./tons)	Tons	804	772	620.825	7.120.813
til deponering (790 kr./tons)	Tons	3.002	924	2.774.668	31.825.218
<b>Restprodukter, i alt</b>				<b>7.943.171</b>	<b>91.107.550</b>
<b>i alt</b>				<b>50.556.089</b>	<b>579.874.353</b>
<b>Elimport/KV-anlæg</b>					
Elimport/KV-anlæg	Enhed	Reduceret mængde	Velfærdsøkonomisk	Velfærdsøkonomisk	Velfærdsøkonomisk
			pris	resultat	resultat
			kr./enhed	20-årig annuitet (kr./år)	nutidsværdi over 20 år (kr.)
<b>Produktion</b>					
Elimport	Mwh	93.720	250	23.429.958	268.739.769
Varme	Mwh	309.170	62,5	19.323.139	221.634.882
<b>Drift, ialt</b>				<b>42.753.097</b>	<b>490.374.651</b>

NOTE: BELØBENE ER ANGIVET I HHV. 20-ÅRIG ANNUITET OG NUTIDSVÆRDI, I KR. OG 2002-PRISER, OG ER BEREGNET MED EN KALKULATIONSRENTE PÅ 6% OVER 20 ÅR, FOR 100.000 TONS BRÆNDBART AFFALD.

De velfærdsøkonomiske resultater er fremstillet i to forskellige resultatkolonner i Tabel 11. I den ene kolonne er resultatet angivet i kr. pr. år over en 20-årig annuitet og i den anden kolonne er resultaterne angivet i nutidsværdi over en 20-årig periode. Ved beregning af resultaterne er der anvendt en kalkulationsrente på 6 procent.

### *Kapitalapparat (Anlæg)*

Den velfærdsøkonomiske kapitalomkostning til udbygning af forbrænding indeholder både omkostningerne til bygningerne og til maskinerne. Det antages at både

bygninger og maskiner har en levetid på 20 år. Samlet set udgør den velfærdsøkonomiske kapitalomkostning til udbygning af forbrænding 339 mio. kr.

Kapitalomkostningen er beregnet ved at multiplicere investeringsudgiften på 280 mio. kr. med en netto-afgiftsfaktor på 1,21, hvilket svarer til at 50 procent af produktionsfaktorerne er købt i udlandet og de resterende 50 procent er af indenlandsk oprindelse. Herved fremkommer et beløb på 339 mio. kr.

### *Drift*

Den velfærdsøkonomiske driftsomkostning ved forbrænding af 100.000 tons brændbart affald vedrører dels en forøget drift ved forbrænding svarende til 150 mio. kr. plus forøgede restprodukter svarende til 91 mio. kr., dvs. en forøget drift inkl. restprodukter på i alt 241 mio. kr. Derudover reduceres driften på kraftvarmeanlægget (Nordjyllandsværket) svarende til 222 mio. kr., som følge af en reduceret varmeproduktion. Endelig reduceres valutaudgifterne til elimport, svarende til 269 mio. kr. Dermed reduceres der sammenlagt drift andetsteds for 490 mio. kr. (afrundet).

Den forøgede drift ved forbrænding svarende til 150 mio. kr. er beregnet som nutidsværdien af de årlige velfærdsøkonomiske omkostninger ved forbrug af arbejdskraft (83 mio. kr.), råvarer (10 mio. kr.) og energi (52 mio. kr.), plus forbrug af fornybare ressourcer (5 mio. kr.).

Den reducerede drift på Nordjyllandsværket svarende til 221 mio. kr., er beregnet som nutidsværdien af de årlige velfærdsøkonomiske omkostninger ved en reduceret varmeproduktion på 309.170 Mwh. Dette beløb er den velfærdsøkonomiske omkostning ved varmeproduktion og indeholder ifølge Miljøstyrelsen (2003c) omkostninger til både kul og drift. Den reducerede valutaudgift ved reduceret elimport svarende til 269 mio. kr., er beregnet som nutidsværdien af de årlige velfærdsøkonomiske omkostninger ved import af 93.720 Mwh el.

Beregningen af ovenstående resultater er foretaget analogt til beregningerne af det velfærdsøkonomiske resultat ved medforbrænding. Der henvises derfor til afsnit 3.3 for at se forklaringerne til beregningerne af nutidsværdien af de årlige velfærdsøkonomiske omkostninger ved forbrug af arbejdskraft. De resterende forbrugskonsekvenser ved forbrænding af 100.000 tons brændbart affald er beregnet efter samme fremgangsmåde.

Det velfærdsøkonomiske resultat ved etablering og drift af et forbrændingsanlæg svarende til KARA er sammenfattet i Tabel 12. Det samlede velfærdsøkonomiske resultat, uden hensynstagen til emissionskonsekvenserne, ved en forbrænding af 100.000 tons brændbart affald, en reduceret varmeproduktionen på 309.170 Mwh og en reduceret elimport på 93.720 Mwh er beregnet til -89 mio. kr. (afrundet), jf. Tabel 12.

**Tabel 12. Velfærdsøkonomisk resultat ved etablering og drift af et forbrændingsanlæg svarende til KARA**

	Udbygning af Forbrænding
Kapitalapparat (anlæg)	-339
Drift, incl. restprodukter (brændbart affald)	-241
Drift (sparet el og varme)	490
Emissioner (affald)	- $E_{\text{affald}}$
Emissioner (fossilt)	$E_{\text{kul}}$
Velfærdsøkonomisk overskud	-89

NOTE: BELØBENE ER ANGIVET I NUTIDSVÆRDI, I MIO. KR. OG 2002-PRISER, OG ER BEREGNET MED EN KALKULATIONSRENTE PÅ 6% OVER 20 ÅR, FOR 100.000 TONS BRÆNDBART AFFALD.

Resultaterne i Tabel 12 illustrerer, uden hensynstagen til emissionerne, at det ikke er velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt at forbrænde affald. Dette resultat er overensstemmende med andre analyser på området f.eks. Miljøstyrelsen (2003c), som også illustrerer, at der er tale om en netto-omkostning ved forbrænding af affald.

#### *Prissætning af emissionskonsekvenser*

Der er ikke foretaget prissætning af emissionerne i hovedanalysen. Som eksempel på betydningen af emissionskonsekvenserne for det velfærdsøkonomiske resultat ved udbygning af forbrænding vil der efterfølgende foretages prissætning af nogle af emissionskonsekvenserne.

Forbrænding medfører emissioner til både vand og luft, men der reduceres også emissioner til luft fra sparet energiproduktion. Som et illustrativt eksempel, hvor forbrænding af affald også regnes som CO<sub>2</sub>-neutralt, foretages i det efterfølgende afsnit prissætning af emissionskonsekvenserne for CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub>, som kun er en delmængde af de samlede emissioner.

I Tabel 7, side 39, er der angivet en række priser som svarer til den alternative omkostning ved at reducere et ekstra tons af hhv. CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub> (se forklaring under Tabel 7). Hvis disse priser, opgjort i velfærdsøkonomiske beregningspriser, multipliceres med emissionskonsekvenserne, som er angivet i Tabel 10, og dette resultat indregnes i det samlede resultat, vil det velfærdsøkonomiske nettooverskud ved udbygning af forbrænding stige med 125 mio. kr. (afrundet), dvs. fra -89 mio. kr. (afrundet) til 36 mio. kr. (afrundet), angivet i nutidsværdi, beregnet med en kalkulationsrente på 6 procent over en 20-årig periode.

Som tidligere nævnt skal ovenstående beregning kun ses som et eksempel på betydningen af emissionskonsekvenserne for det samlede velfærdsøkonomiske resultat. Det skal understreges at der er usikkerhed forbundet med de angivne prissætningsestimater i Tabel 7 (se forklaring under Tabel 7).

Prissætning af de resterende emissionskonsekvenser vil antageligt *ikke* betyde at det velfærdsøkonomiske resultat ved udbygning af forbrænding vil stige signifikant mere, tværtimod. Dette skyldes, at hovedparten af de resterende nettoemissioner, især udledning af tungmetaller og dioxin, med undtagelse af partikel- og HCL-emissionerne, vil få negativ indflydelse på det velfærdsøkonomiske resultat ved udbygning af forbrænding.

Ligesom der blev identificeret usikkerhed omkring prissætningen af emissionskonsekvenserne ved udbygning af medforbrænding hersker der ligeledes usikkerhed omkring prissætningen af emissionskonsekvenserne ved udbygning af forbrænding. De vigtigste forhold er:

- antagelsen om at affald kan regnes som et CO<sub>2</sub>-neutralt brændsel, og
- prissætningsestimaterne for emissionerne.

Det første forhold vedrører konsekvenserne for den samlede netto-CO<sub>2</sub>-emission. Hvis antagelsen om at brændbart affald er CO<sub>2</sub>-neutralt opgives og der indregnes en emissionsfaktor for affald på ca. 18 kg/GJ (Elkraft System 2002), vil den samlede CO<sub>2</sub>-udledning stadig reduceres, idet kul har en emissionsfaktor på ca. 95 kg/GJ. I stedet for en CO<sub>2</sub>-reduktion på 170.263 tons, som er beregnet under antagelse om at brændbart affald er CO<sub>2</sub>-neutralt, ville der fortrænges 138.323 tons CO<sub>2</sub>, når der regnes med en emissionsfaktor på 18 kg/GJ for brændbart affald. Den samlede betydning af denne ændring er, at det velfærdsøkonomiske overskud ved



forbrænding reduceres med 26 mio. kr., dvs. fra 36 mio. kr. til 10 mio. kr. Derfor vurderes det at denne antagelse ikke kan få afgørende betydning på rangordningen af forbrænding i forhold til medforbrænding.

Det andet forhold vedrører, at anvendelsen af prissætningsestimater for emissionerne er forbundet med usikkerhed og, at der kan være inkonsistens i forhold til de øvrige velfærdsøkonomiske beregningspriser som anvendes i nærværende rapport. Hvis ExternE-studiernes værdisætningsestimater anvendes som velfærdsøkonomiske beregningspriser for emissionskonsekvenserne, vil dette betyde at det beregnede velfærdsøkonomiske overskud ændrer sig i positiv retning fra 36 mio. kr. til 420 mio. kr.

Det centrale spørgsmål omkring prissætningen af emissionskonsekvenserne er om en ændring af forudsætningerne kan ændre på rangordningen af de to teknikvalg medforbrænding og forbrænding. Dette diskuteres i nedenstående afsnit, men først skal analysen af udbygning af medforbrænding relateres til den overordnede problemstilling.

#### *Velfærdsøkonomisk resultat*

I ovenstående afsnit er der gennemført en velfærdsøkonomisk analyse af udbygning af forbrænding. Som tidligere nævnt er det overordnede mål for analysen (alternativ b, *teknikvalsproblemstillingen*) at vurdere om det er velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt at behandle 100.000 tons brændbart affald ved medforbrænding og derved undlade at behandle affaldet ved forbrænding. Hensigten med analysen i dette afsnit er derfor at undersøge hvilken værdi som skal indsættes ved alternativ b ud for posten "Brændbart affald" i Tabel 6.

Det velfærdsøkonomiske resultat ved at undlade at udbygge forbrænding kan findes ved at sætte modsat fortegn foran resultaterne i Tabel 12, som viser de velfærdsøkonomiske konsekvenser ved at udbygge forbrænding. Det samlede velfærdsøkonomiske resultat, uden hensynstagen til emissionskonsekvenserne, ved at undlade at udbygge forbrænding, undlade at reducere varmeproduktionen med 309.170 Mwh og undlade at reducere elimporten med 93.720 Mwh vil således blive 89 mio. kr.

Ovenstående resultat kan sammenstilles med resultaterne af den velfærdsøkonomiske analyse af udbygning af medforbrændingsanlægget ved cementproduktio-

nen på Aalborg Portland A/S. Den samlede analyse af teknikvalgsproblemstillingen er vist i Tabel 13.

**Tabel 13. Velfærdsøkonomisk overskud ved udbygning af medforbrænding ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S i stedet for at undlade at etablere og drive et forbrændingsanlæg svarende til KARA**

Udbygning af medforbrænding	
Kapitalapparat (anlæg)	-82
Drift, incl. restprodukter (brændbart affald)	-64
Drift (fossilt brændsel, petcoke)	246
Emissioner (affald)	$- E_{MF(\text{affald})} + E_{F(\text{affald})}$
Emissioner (fossilt)	$E_{AaP(\text{petcoke})} - E_{KV(\text{kul})}$
Brændbart affald (undlade udbygning af forbrænding)	89
<b>Velfærdsøkonomisk overskud</b>	<b>189</b>

NOTE: BELØBENE ER ANGIVET I NUTIDSVÆRDI, I MIO. KR. OG 2002-PRISER, OG ER BEREGNET MED EN KALKULATIONSRENTE PÅ 6% OVER 20 ÅR, FOR 100.000 TONS BRÆNDBART AFFALD.

Det samlede velfærdsøkonomiske resultat ved medforbrænding af 100.000 tons brændbart affald samt at undlade at udbygge forbrænding er beregnet til 189 mio. kr., jf. Tabel 13. Dermed tyder dette resultat på at det er velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt at bortskaffe brændbart affald ved medforbrænding ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S i stedet for bortskaffelse ved en udbygning af forbrændingskapaciteten.

Siden midten af 1990-erne og frem til 2002 er der sket en ophobning af midlertidigt deponeret brændbart affald (Miljøstyrelsen 2001). Dette indikerer at forbrændingskapaciteten i en årrække har været lavere end den producerede brændbare affaldsmængde. Spørgsmålet er om dette også er tilfældet i dag? Med opførelsen af forbrændingsanlægget L90 ved Esbjerg og med udbygningen af en række andre forbrændingsanlæg er der ingen tvivl om, at forbrændingskapaciteten er øget. Om den er øget tilstrækkeligt er svært at afgøre, men meldingen fra branchen er, at der p.t. generelt er overskud af kapacitet og det kun er enkelte regioner hvor der stadig er underkapacitet (Olsen 2003). Denne vurdering understøttes af en fremskrivning af affaldsmængder og kapaciteter som konkluderer, at der skulle være overskud af forbrændingskapacitet i år 2004 (Miljøstyrelsen 2001).

Hvis der ses bort for den kortsigtede mulighed for import af brændbart affald og der tænkes langsigtet, understreger resultaterne af teknikvalgsproblemstillingen det u hensigtsmæssige i, at kommunerne i en årrække har valgt at udbygge forbrændingskapaciteten i stedet for at inddrage muligheden for medforbrænding, f.eks. på Aalborg Portland, som alternativ i affaldsbortskaffelsen.

#### *Prissætning af emissionskonsekvenser*

For at afslutte diskussionen om emissionskonsekvenserne vurderes den samlede betydning af disse efterfølgende.

Uden hensynstagen til emissionskonsekvenserne er det velfærdsøkonomiske resultat for udbygning af medforbrænding beregnet til 100 mio. kr. og for udbygning af forbrænding til -89 mio. kr., dvs. forskellen er 189 mio. kr. ved at udbygge medforbrænding og undlade at udbygge forbrænding. Hvis der foretages prissætning af emissionskonsekvenserne for CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, og SO<sub>2</sub>, som kun er en delmængde af de samlede emissioner, forøges *forskellen* mellem det velfærdsøkonomiske overskud ved hhv. medforbrænding og forbrænding (189 mio. kr.) med 74<sup>13</sup> mio. kr., dvs. fra 189 mio. kr. til 264 mio. kr., angivet i nutidsværdi, beregnet med en kalkulationsrente på 6 procent over en 20-årig periode.

Hvis ExternE-studiernes værdisætningsestimater multipliceres med emissionskonsekvenserne for CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, og SO<sub>2</sub>, forøges *forskellen* mellem det velfærdsøkonomiske overskud ved hhv. medforbrænding og forbrænding (189 mio. kr.) med 90 mio. kr., dvs. fra 189 mio. kr. til 279 mio. kr., angivet i nutidsværdi, beregnet med en kalkulationsrente på 6 procent over en 20-årig periode.

Følgeslutningen er dermed at den beregnede forskel mellem det velfærdsøkonomiske resultat ved medforbrænding og forbrænding, på 189 mio. kr., er følsomt overfor størrelsen af beregningspriserne for emissionskonsekvenserne. På trods af følsomheden tyder resultaterne på, at udbygning af medforbrænding stadig vil være et bedre teknikvalg sammenlignet med udbygning af forbrænding, dvs. emissionskonsekvenserne vil antageligt *ikke* have betydning for rangordningen af de to teknikvalg.

---

<sup>13</sup> De 74 mio. kr. er beregnet som netto-miljøkonsekvenserne ved medforbrænding (199 mio. kr.) minus nettomiljøkonsekvenserne ved forbrænding (125 mio. kr.) (Se afsnittene prissætning af miljøkonsekvenser)

### 3.6 Overflytning fra eksisterende forbrændingsanlæg

Alternativ c, som betegnes *overflytningsproblemstillingen*, angår om det er velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt på nuværende tidspunkt, hvor der allerede er afholdt investeringer til forbrænding, at overflytte 100.000 tons brændbart affald fra forbrænding til medforbrænding.

Forskellen mellem *overflytningsproblemstillingen* og *teknikvalgsproblemstillingen* er at allerede afholdte investeringsomkostninger til forbrændingsanlæg ikke medtages, dvs. anlægsomkostningerne til forbrændingsanlægget betragtes som "sunk costs".

Det velfærdsøkonomiske resultat ved at overflytte brændbart affald fra forbrænding til medforbrænding kan findes ved, at udelade kapitalomkostningen til anlæg i den samlede opgørelse af de velfærdsøkonomiske resultat ved forbrænding, som er angivet i Tabel 12. Herved fremkommer det kortsigtede velfærdsøkonomiske resultat ved at behandle 100.000 tons ekstra ved forbrænding, jf. Tabel 14.

**Tabel 14. Kortsigtet omkostning ved forbrænding af brændbart affald**

	Forbrænding
Kapitalapparat (anlæg)	0
Drift, incl. restprodukter (brændbart affald)	-241
Drift (sparet el og varme)	490
Emissioner (affald)	- $E_{\text{affald}}$
Emissioner (fossilt)	$E_{\text{kul}}$
Velfærdsøkonomisk overskud	249

NOTE: BELØBENE ER ANGIVET I NUTIDSVÆRDI, I MIO. KR. OG 2002-PRISER, OG ER BEREGNET MED EN KALKULATIONSRENTE PÅ 6% OVER 20 ÅR, FOR 100.000 TONS BRÆNDBART AFFALD.

Ved at sætte modsat fortegn foran resultaterne i Tabel 14 fås det velfærdsøkonomiske resultat ved at undlade at behandle 100.000 tons brændbart affald ved forbrænding, undlade at reducere varmeproduktionen med 309.170 Mwh og undlade at reducere elimporten med 93.720 Mwh, dvs. -249 mio. kr.

Ovenstående resultat kan sammenstilles med resultaterne af den velfærdsøkonomiske analyse af udbygning af medforbrændingsanlægget ved cementproduktio-

nen på Aalborg Portland A/S. Den samlede analyse af overflytningsproblemstillingen er vist i Tabel 15.

**Tabel 15. Velfærdsøkonomisk resultat ved udbygning af medforbrænding og overflytning af brændbart affald fra forbrænding**

Udbygning af medforbrænding	
Kapitalapparat (anlæg)	-82
Drift, incl. restprodukter (brændbart affald)	-64
Drift (fossilt brændsel, petcoke)	246
Emissioner (affald)	$-E_{MF(affald)} + E_{F(affald)}$
Emissioner (fossilt, petcoke)	$E_{AaP(petcoke)} - E_{KV(kul)}$
Brændbart affald (overflytning fra forbrænding)	-249
<b>Velfærdsøkonomisk overskud</b>	<b>-149</b>

NOTE: BELØBENE ER ANGIVET I NUTIDSVÆRDI, I MIO. KR. OG 2002-PRISER, OG ER BEREGNET MED EN KALKULATIONSRENTE PÅ 6% OVER 20 ÅR, FOR 100.000 TONS BRÆNDBART AFFALD.

Det samlede velfærdsøkonomiske resultat ved udbygning af medforbrænding og overflytning af 100.000 tons brændbart affald fra det mest effektive eksisterende forbrændingsanlæg er beregnet til -149 mio. kr., jf. Tabel 15. Dermed tyder dette resultat på at det *ikke* er velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt at udbygge medforbrænding ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S og overflytte brændbart affald fra det mest effektive eksisterende forbrændingsanlæg.

Det kan derimod være velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt at overflytte affald fra de mest ineffektive anlæg, f.eks. hvis de velfærdsøkonomiske driftsomkostninger ved et forbrændingsanlæg er over 62 procent højere end det ved det mest effektive anlæg. Inkl. prissætning af emissionskonsekvenser for CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub> er tallet kun 31 procent. Analyser af bruttoomkostningerne ved de danske forbrændingsanlæg tyder på en vis spredning pr. tons forbrændt affald, og det dyreste anlæg er over dobbelt så dyrt som det billigste (Bøgelund et al. 2002). Dette skyldes bl.a. variationer i den egentlige drift.

#### *Prissætning af emissionskonsekvenser*

Hvis der foretages prissætning af emissionskonsekvenserne for CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub>, som kun er en delmængde af de samlede emissioner, vil det velfærdsøkonomiske resultat af overflytningen (-149 mio. kr.) reduceres med 74 mio. kr., dvs. fra -149

mio. kr. til -75 mio. kr., angivet i nutidsværdi, beregnet med en kalkulationsrente på 6 procent over en 20-årig periode.

## 4 SAMMENFATNING AF RESULTATER

Nærværende rapport undersøger om det er velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt at erstatte fossilt brændsel med brændbart affald ved cementproduktion på Aalborg Portland A/S. Det undersøges endvidere hvilket af alternativerne for tilførsel af affald til cementproduktionen som er velfærdsøkonomisk mest hensigtsmæssigt. Alternativerne er a) import, b) undlade etablering af nye affaldsforbrændingsanlæg, eller c) overflytte brændbart affald fra det mest effektive eksisterende affaldsforbrændingsanlæg.

### 4.1 Velfærdsøkonomisk analyse

Resultaterne af analysen er sammenfattet i Tabel 16.

**Tabel 16 Velfærdsøkonomisk overskud ved udbygning af medforbrænding og ved 3 alternativer for tilførsel af brændbart affald, hhv. import, undlade udbygning af forbrænding og overflytning fra forbrænding**

	Udbygning af medforbrænding	Import	Undlad udbygning af forbrænding	Forbrænding
Alternativ		a	b, Teknikvalg	c, Overflytning
Anlæg	-82		339	
Drift (brændbart affald)	-64		241	241
Drift (fossilt brændsel)	246		-490	-490
Emissioner (affald)	$-E_{MF(\text{affald})}$		$E_{F(\text{affald})}$	$E_{F(\text{affald})}$
Emissioner (fossilt)	$E_{AaP(\text{petcoke})}$		$-E_{KV(\text{ku})}$	$-E_{KV(\text{ku})}$
Velfærdsøkonomisk overskud, u. affald	100			
Brændbart affald	...	358	89	-249
<b>Velfærdsøkonomisk overskud, ved affald til medforbrænding fra alternativ a, b eller c</b>		<b>458</b>	<b>189</b>	<b>-149</b>

NOTE: BELØBENE ER ANGIVET I NUTIDSVÆRDI, I MIO. KR. OG 2002-PRISER, OG ER BEREGNET MED EN KALKULATIONSRENTE PÅ 6% OVER 20 ÅR, FOR 100.000 TONS BRÆNDBART AFFALD.

Resultaterne af analysen indikerer, at der er et velfærdsøkonomisk nettooverskud på 100 mio. kr. forbundet med at etablere et medforbrændingsanlæg og erstatte fossilt brændsel med brændbart affald ved cementproduktion på Aalborg Portland A/S.

Import af brændbart affald (alternativ a): Den velfærdsøkonomiske mest hensigtsmæssige måde at tilføre affald til cementproduktionen på Aalborg Portland A/S er p.t. ved at importere brændbart affald fra udlandet. Den velfærdsøkonomiske net-

togevinst ved at erstatte 55.044 tons petroleums koks med 100.000 tons importeret brændbart affald ved cementproduktion på Aalborg Portland A/S vurderes at ligge i størrelsesordenen 458 mio. kr., angivet i nutidsværdi, beregnet med en kalkulationsrente på 6 procent over en 20-årig periode. Der er to vigtige årsager til dette resultat. For det første er besparelsen fra et reduceret forbrug af fossile brændsler ved cementproduktionen større end de ekstra omkostninger der er forbundet med at håndtere og medforbrænde affald. For det andet er udlandet, herunder Norge og Tyskland, villige til at betale Aalborg Portland A/S for bortskaffelse. På kort sigt er det altså mest fordelagtigt, at forsyne et medforbrændingsanlæg med importeret affald. Spørgsmålet er bare hvorvidt den udenlandske betalingsvilje på lang sigt opretholdes på det nuværende niveau.

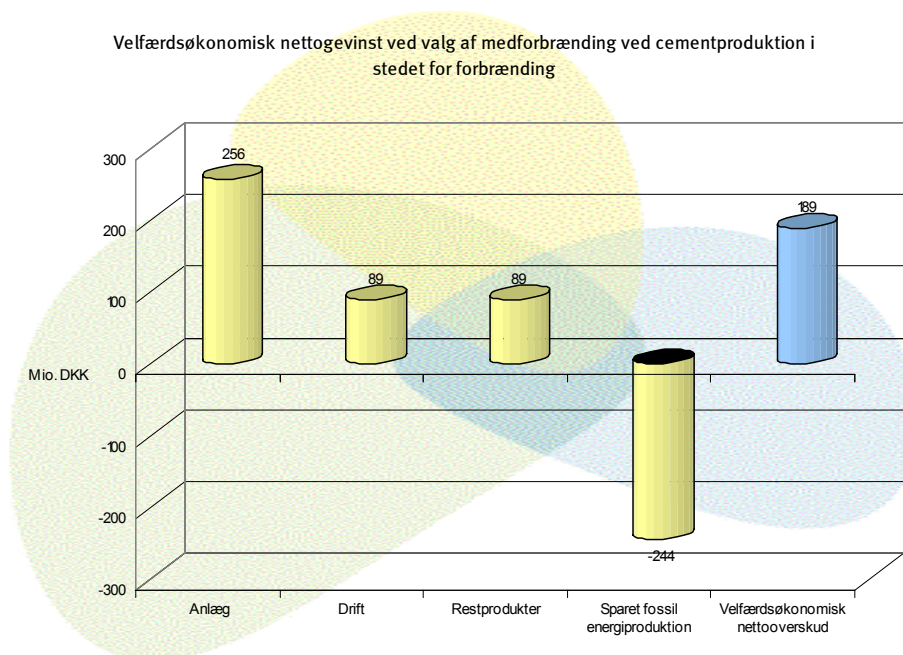
Undlad udbygning af forbrænding (alternativ b): Resultaterne indikerer også, at det er velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt at undlade etablering af nye affaldsforbrændingsanlæg og i stedet udbygge medforbrænding ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S. Den samlede velfærdsøkonomiske nettogevinst ved at erstatte 55.044 tons petroleums koks med 100.000 tons brændbart affald ved cementproduktion på Aalborg Portland A/S, samt at undlade at etablere og drive et offentligt affaldsforbrændingsanlæg, vurderes at ligge i størrelsesordenen 189 mio. kr., angivet i nutidsværdi, beregnet med en kalkulationsrente på 6 procent over en 20-årig periode. Dermed er medforbrænding ved cementproduktion samlet set er et bedre teknikvalg end forbrænding ved det mest effektive affaldsforbrændingsanlæg.

Ovenstående resultat understreger det uhensigtsmæssige i, at Danmark i en årække har eksporteret affald, f.eks. dæk, til termisk nyttiggørelse i udlandet og samtidig betalt udlandet for bortskaffelsen.

De primære årsager til at medforbrænding er et bedre teknikvalg end forbrænding er illustreret i Figur 3.



**Figur 3. Årsagerne til at medforbrænding er et bedre teknikvalg end forbrænding angivet i nettoforskellen mellem medforbrænding og forbrænding**



NOTE: BELØBENE ER ANGIVET I NUTIDSVÆRDI, I MIO. KR. OG 2002-PRISER, OG ER BEREGNET MED EN KALKULATIONSRENTE PÅ 6% OVER 20 ÅR, FOR 100.000 TONS BRÆNDBART AFFALD.

Figur 3 viser *forskellen* mellem de velfærdsøkonomiske omkostninger/gevinster ved hhv. medforbrænding og forbrænding. Det velfærdsøkonomiske nettooverskud ved valg af medforbrænding i stedet for forbrænding er beregnet til 135 mio. kr. (se blå søjle). Dette resultat skyldes at de velfærdsøkonomiske omkostninger ved anlægget, driften og restprodukterne er lavere ved medforbrænding sammenlignet med forbrænding, herved fremkommer en positiv forskel. Derimod er den velfærdsøkonomiske gevinst fra sparet fossil energiproduktion lavere ved medforbrænding end forbrænding, hvorfor forskellen bliver negativ. Sammenlagt overstiger de positive bidrag fra anlæg, drift og restprodukter det negative bidrag fra sparet fossil energiproduktion og dermed bliver medforbrænding samlet set et bedre teknikvalg end forbrænding.

Overflytning fra forbrænding (alternativ c): Endeligt indikerer resultaterne at udbygning af medforbrænding og øjeblikkelig overflytning af brændbart affald fra det mest effektive eksisterende affaldsforbrændingsanlæg *ikke* er velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt. Der er tale om et velfærdsøkonomisk nettounderskud på 149 mio. kr.

Omkostningsanalyser indikerer imidlertid at ressourceforbruget p.t. varierer betydeligt mellem det mest effektive og det mest ineffektive affaldsforbrændingsanlæg i Danmark. Derfor kan det ikke udelukkes at det er hensigtsmæssigt at overflytte brændbart affald fra nogle af de mest ineffektive affaldsforbrændingsanlæg og udbygge medforbrænding ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S.

#### *Prissætning af emissionskonsekvenser*

Alternativ a): Erstatning af 55.044 tons petroleums koks med 100.000 tons importeret brændbart affald ved cementproduktion på Aalborg Portland A/S vil medføre en samlet reduceret CO<sub>2</sub>-emission på 156.985 tons, forudsat at affald regnes som CO<sub>2</sub>-neutralt, samt en samlet reduceret NO<sub>x</sub>-emission på ca. 375 tons. Alle andre emissioner fra cementproduktionen forventes *ikke* at ændre sig ved brændselserstatningen<sup>14</sup>. Hvis disse nettoemissionskonsekvenser prissættes ud fra den alternative omkostningsmetode vil det velfærdsøkonomiske nettooverskud ved import af brændbart affald til medforbrænding stige yderligere med 199 mio. kr., dvs. fra 458 mio. kr. til 658 mio. kr., angivet i nutidsværdi, beregnet med en kalkulationsrente på 6 procent over en 20-årig periode.

Alternativ b) og c): Forbrænding medfører emissioner til både vand og luft, men der reduceres også emissioner til luft fra sparet energiproduktion. Prissættes emissionskonsekvenserne for CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, og SO<sub>2</sub>, som kun er en delmængde af de samlede emissioner, vil *forskellen* mellem det velfærdsøkonomiske overskud ved hhv. medforbrænding og forbrænding, som er angivet i Figur 3, forøges med 74 mio. kr., dvs. fra 189 mio. kr. til 264 mio. kr., angivet i nutidsværdi, beregnet med en kalkulationsrente på 6 procent over en 20-årig periode. Prissætning af de resterende emissionskonsekvenser vil antageligt betyde, at *forskellen* mellem det velfærdsøkonomiske overskud ved hhv. medforbrænding og forbrænding *ikke* vil falde betydeligt mere fordi hovedparten af de resterende emissioner vil stamme fra forbrænding.

---

<sup>14</sup> En af de personer som har foretaget kvalitetskontrol af rapporten anfører følgende:

"Med hensyn til dioxin så renses der os bekendt ikke for dioxin i forbindelse med cementproduktionen, i modsætning til affaldsforbrænding. Samlet set må emissionen af dioxin derfor stige, hvis der anvendes affald i forbindelse med cementproduktionen fremfor at forbrænde affaldet i et almindeligt affaldsforbrændingsanlæg med dioxinrensning."

IMV: "Dette forhold er ikke belyst i rapporten, da alle emissionskonsekvenser er beregnet ud fra faktiske emissionsdata, som er opgivet af kilder fra anlæggene, i dette tilfælde fra (Thomsen 2003). Det er således ikke foretaget nærmere undersøgelser af om der er specielle forhold der gør, at der ikke emitteres ekstra dioxin ved medforbrænding ved cementproduktion sammenlignet med den emission som allerede forekommer ved cementproduktion.

Dermed ændrer prissætningen af emissionskonsekvenserne antageligt *ikke* ved rangordningen af de tre alternativer. Den ændrer heller ikke ved resultatet af teknikvalgsanalysen som indikerer, at udbygning af medforbrænding vil være et bedre teknikvalg sammenlignet med udbygning af forbrænding. Prissætning af emissionskonsekvenserne vil heller ikke ændre ved det samlede resultat for alternativ c som indikerer, at det *ikke* er fordelagtigt at udbygge medforbrænding og overflytte brændbart affald fra det mest effektive eksisterende forbrændingsanlæg.

#### 4.2 Følsomhedsanalyse

I Tabel 17 er der angivet en række følsomhedsanalyser. Basisresultatet som stammer fra Tabel 16, er angivet med kursiv øverst i Tabel 17. Efterfølgende er der angivet en række ændringer i bestemte parametre, som giver anledning til en ændring i de velfærdsøkonomiske resultater. Disse ændringer skal ses i forhold til basisresultatet.

**Tabel 17. Velfærdsøkonomisk overskud ved udbygning af medforbrænding og ved 3 alternativer til forsyning af brændbart affald, hhv. import, undlade udbygning af forbrænding og overflytning fra forbrænding**

Velfærdsøkonomisk overskud, ved affald til medforbrænding fra alternativ a, b eller c	Import	Undlad udbygning af forbrænding	Forbrænding
Alternativ	a	B, teknikvalg	c, overflytning
<i>Basis resultat</i>	<i>458</i>	<i>189</i>	<i>-149</i>
Kalkulationsrente 3 procent	615	166	-173
Kalkulationsrente 3 procent og forrentningsfaktor på kapital med alternativt afkast på 6 procent	584	285	-204
Importpris på el stiger 74,5 procent fra 200 til 349 kr./Mwh	450	0	-339
Udlandets betalingsvilje falder med 64,2 procent fra 250 kr. til 89,5 kr./tons affald	189	189	-149
Prisen på petcoke stiger fra 260 til 320 kr./tons	506	237	-102
Driftsomkostningerne ved forbrænding stiger 62 procent	458	338	0
Investeringsomkostningerne ved forbrænding falder med 55,8 procent	458	0	-149
Investeringsomkostningerne ved medforbrænding stiger 332 procent	269	0	-339

NOTE: BELØBENE ER ANGIVET I NUTIDSVÆRDI, I MIO. KR. OG 2002-PRISER, OG ER BEREGNET MED EN KALKULATIONSRENTE PÅ 6% OVER 20 ÅR, FOR 100.000 TONS BRÆNDBART AFFALD.

### *Ændret kalkulationsrente*

Den første følsomhedsanalyse er gennemført med en kalkulationsrente på 3 procent. Som det fremgår af Tabel 17 ændrer denne handling ikke på rangordningen af de tre alternativer. Det ændrer heller ikke ved, at medforbrænding samlet set er et bedre teknikvalg sammenlignet med forbrænding.

Den anden følsomhedsanalyse viser konsekvenserne af at anvende en kombination af kalkulationsrenten på 3 procent og forrentningsfaktoren på kapital, som beregnes ved en alternativ afkastrate på kapital, som normalt er på 6 procent. Det er denne metode som anbefales i Miljøministeriets officielle vejledning i samfundsøkonomiske vurderinger på miljøprojekter. Anvendelsen af denne metode ændrer ikke på rangordningen af de tre alternativer og det ændrer heller ikke ved, at medforbrænding samlet set er et bedre teknikvalg sammenlignet med forbrænding.

### *Ændret elpris*

Hvis importprisen på el stiger 74,5 procent fra 200 til 349 kr./Mwh fremgår det af Tabel 17, at udbygning af den offentlige forbrændingskapacitet kan være et lige så godt eller et bedre teknikvalg end medforbrænding. Det er dog stadig hensigtsmæssigt at udbygge medforbrænding og importere brændbart affald fra udlandet til en negativ pris, selvom elprisen stiger. Dette er forudsat at udlandet stadig vil betale for at komme af med affaldet. Eksemplet illustrerer at resultaterne er følsomme overfor en stigning i importprisen på el.

### *Reduceret udenlandsk betalingsvilje for bortskaffelse af affald*

Den udenlandske betalingsvilje for bortskaffelse af affald skal falde med 64,2 procent fra 250 kr. til 89,5 kr./tons affald inden det er lige så godt at ændre teknikvalg fra forbrænding til medforbrænding, som det er at importere affald.

### *Prisen på petroleum koks stiger*

En stigning i prisen på petcoke fra 260 til 320 kr./tons ændrer ikke på rangordningen af alternativerne og det ændrer heller ikke på, at medforbrænding samlet set er et bedre teknikvalg sammenlignet med forbrænding. Tværtimod stiller det medforbrænding endnu bedre i forhold til forbrænding.

### *Højere driftsomkostninger ved forbrænding*

En stigning på 62 procent i driftsomkostningerne ved forbrænding vil betyde, at det kan betale sig at overflytte affald på nuværende tidspunkt fra forbrænding til med-

forbrænding. Det er sandsynligt, at de mest ineffektive forbrændingsanlæg i Danmark er over dobbelt så dyre i drift som de mest effektive. Derfor kan det antageligt være en god ide på nuværende tidspunkt, at overflytte brændbart affald fra de mest ineffektive forbrændingsanlæg til medforbrænding.

*Lavere investeringsomkostninger ved forbrænding og højere ved medforbrænding*

Det fremgår af Tabel 17, at hvis investeringsomkostningerne ved forbrænding falder med 55,8 procent vil forbrænding være et lige så godt teknikvalg som medforbrænding. Omvendt skal investeringsomkostningerne ved etablering af et medforbrændingsanlæg stige med 332 procent før medforbrænding bliver et dårligere teknikvalg sammenlignet med forbrænding.

Sammenfattende tyder følsomhedsanalysen på, at analysen er følsom overfor enkelte parametre, men at resultatet ellers virker nogenlunde robust.

### 4.3 Budgetøkonomisk analyse – fordelingsmæssige konsekvenser

For at der skal være incitament til at de velfærdsøkonomiske fordele ved medforbrænding udnyttes, er det vigtigt også at kende til de fordelingsmæssige konsekvenser. En budgetøkonomisk analyse kan medvirke til, at sådanne konsekvenser bliver belyst. Den budgetøkonomiske analyse er en pengestrømsanalyse, som beskriver de direkte økonomiske konsekvenser for de involverede parter. Herved afsløres også hvem der bliver vindere og tabere i samfundet ved øget medforbrænding.

Problemstillingen i nærværende rapport har potentielle konsekvenser for en række parter i samfundet. De parter som direkte berøres er listet efterfølgende:

- Affaldsproducenterne, dvs. husholdningerne og virksomhederne,
- Affaldsforbrændingsanlæggene, der ejes af kommunerne,
- Aalborg Portland A/S incl. CemMiljø A/S, som vil medforbrænde affald, og
- Staten, som er ansvarlig for de offentlige finanser, herunder skatte- og afgiftsopkrævning.

Affaldsproducenterne betaler i dag et behandlingsgebyr for den endelige bortskaffelse af affaldet. Gebyret varierer fra kommune til kommune og gebyret fastsættes efter hvile-i-sig-selv-princippet, således udgifter og indtæger er i balance for det enkelte forbrændingsanlæg. Variationen i gebyret skyldes dels at bruttoomkostningerne varierer mellem forbrændingsanlæggene og dels at afregningsprisen på varme varierer fra anlæg til anlæg. Udover behandlingsgebyret betaler affaldsproducenterne også affaldsafgift til staten, som p.t. er på 330 kr./tons.

Affaldsforbrændingsanlæggene, der ejes af kommunerne, har udgifter til anlæg, drift og bortskaffelse af restprodukter. Endvidere har anlæggene indtæger fra produktion af el og varme. Derudover betaler anlæggene affaldsvarmeafgift og modtager samtidig et elproduktionstilskud.

Aalborg Portland A/S, der ønsker at medforbrænde affald, har udgifter til medforbrændingsanlægget, drift og bortskaffelse af eventuelle restprodukter. Endvidere har Aalborg Portland A/S sparede udgifter til fossil energiproduktion og sparede udgifter til CO<sub>2</sub>-afgift.

Endelig foretager staten opkrævning af skatter og afgifter samt udbetalinger af tilskud. Udover de afgifter og tilskud som allerede er nævnt modtager staten også rumvarmeafgift ved varmeproduktion fra konventionelle kraftvarmeverker. Staten er i sidste ende ansvarlig for de offentlige finanser og skal derfor sørge for, at et evt. forøget eller reduceret provenu modsvares ved reguleringer på andre poster.

Den budgetøkonomiske analyse gennemføres ved, at de fordelingsmæssige konsekvenser belyses, når Aalborg Portland A/S forsynes med affald, som alternativt skulle have været bortskaffet ved forbrænding. Analysen gennemføres med det formål, at beregne hvad affaldsproducenterne hypotetisk skal betale for at komme af med sit affald, dvs. det undersøges hvad det koster at bortskaffe affald ved hhv. forbrænding og ved medforbrænding. Denne pris vil ikke nødvendigvis modsvare den faktiske pris, som affaldsproducenterne betaler for bortskaffelse af affald ved de to alternativer. Dette skyldes bl.a., at forbrændingsanlæggene behandler et mix af forskellige affaldstyper, som både har et højt energiindhold, f.eks. plastik, og har et lavt energiindhold, f.eks. organisk affald. Der fastsættes kun et samlet gebyr for forbrænding.

De direkte økonomiske konsekvenser beregnes dels på baggrund af de opstillede reale konsekvenser, som er angivet i Tabel 3 og i Tabel 9, og dels på baggrund af de købspriser, som er opgivet af de involverede parter. De anvendte købspriser er angivet Tabel 4 med undtagelse af de anvendte priser for el og varme. For el og varme anvendes de faktiske afregningspriser i 2002, som forbrændingsanlægget står overfor. Herved fås et billede af det faktiske indtægtsniveau. Priserne kommenteres senere. Endeligt beregnes også statens nettoprovenu som opstår ved betaling af afgifter og tilskud ved hhv. forbrænding og medforbrænding.

Den budgetøkonomiske analyse er sammenfattet i Tabel 18.

**Tabel 18. Budgetøkonomiske konsekvenser ved hhv. forbrænding og medforbrænding.**

Budgetøkonomisk analyse	Medforbrænding	Forbrænding	Forskel
Anlæg	-68	-280	
Drift	-52	-126	
Restprodukter	-2	-78	
Energiproduktion	199	782	
Budgetøkonomisk resultat ekskl. afgifter og tilskud	77	298	-220
Konsekvenser for statens provenu	Medforbrænding	Forbrænding	Forskel
Affaldsafgift	379 <sup>15</sup>	379	
Affaldsvarmeafgift		130	
Elproduktionstilskud		-75	
Forøget rumvarmeafgift fra konventionelle KV-anlæg	...		(365)
Sparet CO2-afgift	-6		
Samlet nettoafgift ved behandlingsmetode	373	433	-61
Samlede konsekvenser for staten			(304)

NOTE: BELØBENE ER ANGIVET I NUTIDSVÆRDI, I MIO. KR. OG 2002-PRISER, OG ER BEREGNET MED EN KALKULATIONSRENTE PÅ 6% OVER 20 ÅR, FOR 100.000 TONS BRÆNDBART AFFALD.

Tabel 18 viser, at det budgetøkonomiske resultat ekskl. afgifter og tilskud ved medforbrænding er et overskud på 77 mio. kr., og ved forbrænding et overskud på 298 mio. kr. Sidstnævnte resultat skyldes især specielle afregningspriser på el og varme for decentrale kraftvarmeværker. Ved behandling af affald ved medforbrænding fremfor ved forbrænding taber kommunerne altså en nettoindtægt på 298 mio. kr. og Aalborg Portland A/S, inkl. CemMiljø A/S, vinder 77 mio. kr. i omkostningsbesparelser.

Endvidere viser den budgetøkonomiske analyse, at behandling af affald ved medforbrænding giver staten et nettoprovenu på 373 mio. kr., og at behandling af affald ved forbrænding giver staten et nettoprovenu på 433 mio. kr. Til nettoprovenuet ved medforbrænding skal lægges et yderligere provenu på 365 mio. kr., som betales ved produktion af varme på konventionelle kraftvarmeværker, dvs. produktion af den varme som mangler i systemet når affaldet ikke behandles ved forbrænding. Sammenlagt giver medforbrænding af affald fremfor forbrænding altså et nettoprovenu på 304 mio. kr., dvs. staten antageligt også vinder. Sidstnævnte beregning skal kun ses som et eksempel på de potentielle konsekvenser for staten. Beløbet

<sup>15</sup> Hvis bestanddele i affaldet kan udnyttes som råvarer til selve den fremstillede vare kan virksomheden opnå afgiftsfritagelse for denne del.



afhænger af hvilken virkningsgrad der benyttes ved beregningen af provenuet fra rumvarmeafgiften.

Tallene i Tabel 18 forklares efterfølgende.

Udgifterne til anlæg, drift og restprodukter er beregnet ved at multiplicere de reale konsekvenser ved hhv. medforbrænding og forbrænding af 100.000 tons affald med de købspriser, som er angivet i Tabel 4. Herefter er nutidsværdien over 20 år, som er anlæggenes levetid, beregnet ved at multiplicere de årlige betalinger med en annuitetsfaktor på 11,47. Annuitetsfaktoren er nutidsværdien af en annuitet på 20 år med en betaling på 1 kr. pr. år og en diskonteringsrate på 6 procent.

For medforbrænding er værdien af energiproduktionen (1.706.358 GJ brutto), beregnet ved at finde nutidsværdien af de årlige sparede udgifter til fossil energiproduktion. Ved forbrænding er værdien af energiproduktionen beregnet ved at finde nutidsværdien af en årlig produktion af 93.720 Mwh el og 309.170 Mwh varme. Der er multipliceret med den lov-bestemte afregningspris for el for decentrale værker, som i 2002 var ca. 305 kr./Mwh og den substitutions bestemte afregningspris for varme, som i 2002 var 35,54 kr./GJ for KARA (Olsen 2003). Det skal bemærkes, at der er tale om affald med høj brændværdi, og tallene derfor alene udtrykker energiproduktionen ved et energiindhold på ca. 17,06 GJ/tons affald.

Affaldsafgiften er beregnet som nutidsværdien af afgiften, som er 330 kr./tons, dvs. 33 mio. kr./år for 100.000 tons multipliceret med annuitetsfaktoren på 11,47. Affaldsvarmeafgiften var i 2002 på 10,2 kr./GJ og er beregnet som nutidsværdien af en årlig varmeproduktion på 309.170 Mwh (1.113.013 GJ), dvs. 11,35 mio. kr. multipliceret med annuitetsfaktoren på 11,47. Elproduktionstilskuddet er 0,07 kr./kWh og er beregnet som nutidsværdien af en årlig elproduktion på 93.170 Mwh, dvs. 6,56 mio. kr. multipliceret med annuitetsfaktoren på 11,47. Endelig er den sparede CO<sub>2</sub>-afgift på 0,3 kr. pr. GJ petcoke og beregnet ved en sparet mængde petcoke på 1.706.358 GJ, dvs. 0,51 mio. kr. multipliceret med annuitetsfaktoren på 11,47.

Rumvarmeafgiften ved produktion af varme fra konventionelle kraftvarmeanlæg er beregnet ud fra en afgift på 60,6 kr./GJ kul. Ved beregningen af den samlede rum-

varmeafgift er hele kraftvarmefordelen<sup>16</sup> tildelt varmesiden, dvs. der regnes med en virkningsgrad på 212 procent ved produktion af varme på et konventionelt kraftvarmeværk. Rumvarmeafgiften er beregnet som nutidsværdien af afgiften, som er 60,6 kr./GJ divideret med 2,12 (virkningsgraden) multipliceret med 309.170 Mwh (1.113.013 GJ) og multipliceret med annuitetsfaktoren på 11,47. Beregningen skal kun ses som et eksempel på de potentielle konsekvenser for staten. Beløbet afhænger af hvilken virkningsgrad der benyttes ved beregningen af provenuet fra rumvarmeafgiften.

Sammenfattende viser Tabel 18, at vinderne ved medforbrænding fremfor forbrænding dels er Aalborg Portland A/S, der får et overskud på 77 mio. kr. og dels staten som får et provenu på 304 mio. kr., sidstnævnte tal skal kun ses som et eksempel. Taberne ved medforbrænding er kommunerne, som mister et overskud på 298 mio. kr.

#### *Incitament til medforbrænding*

Resultatet af den budgetøkonomiske analyse er ikke overensstemmende med resultatet fra den velfærdsøkonomiske analyse, som indikerede at der er tale om et velfærdsøkonomisk overskud ved medforbrænding fremfor forbrænding på 189 mio. kr. Konklusionen er derfor, at de nuværende incitament til udnyttelse af den velfærdsøkonomiske gevinst ved medforbrænding er begrænset.

Der gives ikke konkrete anbefalinger til hvordan incitamenterne til medforbrænding kan ændres, men det anbefales at der etableres tilstrækkelige incitament til at den velfærdsøkonomiske gevinst ved medforbrænding vil blive udnyttet.

En anden vigtig faktor som har indflydelse på om udgifter og investeringer prioriteres under hensyntagen til velfærdsøkonomiske fordele er den nuværende organisation af affaldssektoren. Organisationsformen er noget specielt for denne og andre forsyningssektorer. Det hænger for det første sammen med hvile-i-sig-selv-princippet, og for det andet sammen med organisationsformen i fælleskommunale interessentskaber. Denne problemstilling kommenteres i det efterfølgende kapitel.

---

<sup>16</sup> Kraftvarmefordelen er den fordel i form af brændselsbesparelse, som opstår, når el og varme fremstilles sammen i stedet for hver for sig.

## 5 P E R S P E K T I V E R

*Professor i offentlig forvaltning, cand.scient.pol., Jørgen Grønnegård Christensen er forfatter og medforfatter til bøger og artikler om offentlig forvaltning, regulering og styring, se bl.a. (Christensen 2001). Jørgen Grønnegård Christensen har på opfordring af IMV skrevet nedenstående indlæg, der kommenterer den kommunale anvisningspligt af brandbart affald.*

Danmark har en affaldsordning. Som så meget andet betragter man den som specielt god og dermed som særlig dansk. Den minder dog en del om, hvad man kender i andre lande. Det indebærer to ting. Den ene er, at det altovervejende er en kommunal opgave at tage sig af affaldet. Det vil sige at sørge for en betryggende indsamling og efterfølgende håndtering. Men selv om det er en kommunal opgave indebærer det for det andet ikke nødvendigvis, at kommunerne selv skal løse den.

I den sidste henseende er der igen to muligheder. Den ene er, at man overdrager opgaven til private entreprenører, altså på nudansk udliciterer den. Det er en ganske udbredt metode, når det gælder indsamlingen af husholdningsaffald. Det ser man faktisk. Noget imod den generelle trend på udliciteringsområdet, overdrager kommunerne i stigende grad opgaven til private entreprenører og vognmænd, som så bringer affaldet til et eller andet anlæg. Derimod er det ikke almindeligt at private tager sig af forbrænding og deponering. Landets sidste privatejede og -drevne losseplads er under afvikling.

Dermed er vi ved den anden del af konstruktionen. Den går ud på, at de anlæg, hvor man sorterer, forbrænder eller i det hele håndterer affaldet, drives af selskaber, som kommunerne ejer i fællesskab. Lignende løsninger kender man også i andre europæiske lande. Der bruger man den ikke bare på affaldsområdet, men på en stor del af de kommunale opgaveområder. Det hænger sammen med, at deres kommuner ofte er små, meget små endog efter dansk standard.

De fælleskommunale selskaber er altså offentlige, men i modsætning til andre offentlige institutioner og virksomheder, er det demokratiske indslag overordentlig indirekte. Vel har de en politisk ledelse, men den står ikke til ansvar over for vælgerne. Dens medlemmer er i stedet udpeget af de kommunalbestyrelser, som repræsenterer ejerkommunerne. Og da alle ikke kan være med i ledelsen, er det hele

så smart indrettet, at man kan bruge posterne som formænd og bestyrelsesmedlemmer som brikker i de konstitueringsspil, der finder sted hvert fjerde år i hver eneste kommunalbestyrelse.

Politisk og demokratisk skaber det en struktur, som ikke er særlig gennemskuelig. Og den bliver ikke mere klar og gennemsigtig, hvis man medinddrager de retlige og finansielle forhold om selskaberne i vurderingen. Retligt er der tale om selskabskonstruktioner, hvis forhold er rigtig dårligt defineret i lovgivningen. Økonomisk indebærer det særlige princip om, at udgifter og indtægter på forholdsvis kort sigt skal balancere eller, som det hedder, hvile i sig selv, at ledelsen kun har få og svage tilskyndelser til at økonomisere. Det gælder i den daglige drift såvel som på investeringssiden. Samtidig gælder det så meget mere, at politikerne, takket være det højest indirekte og lidet gennemskuelige demokrati, ikke rigtigt står til regnskab over for nogen.

Det er den generelle model, og den er ganske indviklet. Men det bliver endnu værre, når man går til erhvervsaffaldet. Der er kommunerne også affaldsmyndighed, men det betyder ikke nødvendigvis kommunalt monopol på opgaven. Kommunen optræder i stedet som den reguleringsmyndighed, der bestemmer, hvad virksomhederne må og ikke må med deres affald.

Det er mildt sagt indviklet. De kan godt inddrage en anden privat virksomhed i løsningen, og for mange typer af affald som kan genanvendes, kan den private virksomhed helt overtage både bortskaffelse og håndtering. Det eneste krav er, at den skal leve op til de krav, som bliver fastsat af hver eneste af landets kommuner. Det er nok til at gøre det til en sag for specialister. En del af affaldet finder imidlertid ikke anden anvendelse, og der gælder det særlige, at affaldet skal bringes til det sted, som kommunen anviser. Det kan være til deponering eller til et forbrændingsanlæg. I begge tilfælde er der som hovedregel tale om fælleskommunale anlæg.

Logikken bag løsningen tager sig ganske tilforladelig ud. Den er nemlig, at man med den kommunale anvisningsordning sikrer kvalitet og miljø sikkerhed i ordningen. Det synes her underforstået at det kunne man ikke gøre, hvis man gav slip og overlod det til affaldsbranchen selv at finde ud af, hvor den ville slippe af med det affald, som de er forpligtet til at håndtere i overensstemmelse med regler, der er fastsat i et samspil mellem EU, de nationale myndigheder og kommunerne.

Problemet er, at kommunernes interesser er godt og grundigt rodet sammen. På den ene side har de ikke mange tilskyndelser til at tænke i økonomi. For borgerne er så langt væk, og virksomhederne er jo tilmed slet ikke vælgere. På den anden side har de også andre opgaver, og en af dem er at sikre varme til deres borgere. De er ikke kun affaldsansvarlige myndigheder, men også planlægningsmyndigheder, ja, i nogle kommuner yderligere producenter og leverandører på varmeområdet. Der er sagen yderligere, at affald kan være billig brændsel.

Det kan det, fordi kommunerne som reguleringsmyndighed kan tvinge de virksomheder, der producerer eller bortskaffer affaldet, til at levere det til bestemte aftagere. Det betyder igen, at man aldrig får prøvet af, om der eventuelt kunne være aftagere, som satte en højere pris på affaldet, fordi de kan få mere ud af det. Der kan være to grunde til, at det forholder sig sådan. Den ene er, at den gennemregulerede bortskaffelse og -håndtering betyder, at man aldrig finder ud, hvilken værdi affaldet repræsenterer. Det bliver afgjort ikke på markedet, men derimod på en stadsplads, hvor myndighederne er eneherkende. Den anden er, at man kun finder en anvendelse, nemlig opvarmning for affaldet, der skal til forbrænding. Det kunne jo være, at visse industrivirksomheder kunne finde flere anvendelser for det, hvis det både indgik i en industriel proces samt i leverancer af varme til forbrugerne.

De muligheder bliver ikke prøvet af i den danske model. Spørgsmålet er, om man kan lave det om. Der skal i så fald sættes ind flere steder. Det oplagte startpunkt er en ændring af reguleringen. Det er, bør man huske, ikke ensbetydende med en offentlig kapitulation i affaldspolitikken. Det kan være lige omvendt, hvad jeg skal vende tilbage til. Derimod ville det indebære en fjernelse af kommunernes anvisningsret. Deres opgave ville i stedet være at se til, at man bortskaffer og håndterer affaldet i overensstemmelse med de miljøkrav, som forudsætningsvis ligger bag kommunernes affaldsplaner og affaldsregulativer.

En reform kræver også en anden ændring. Den forudsætter et kritisk eftersyn af de fælleskommunale affaldsselskaber. Der er intet grundlag for at hævde, at de er teknisk udygtige. Derimod er der et solidt grundlag for at hævde, at deres struktur er uhensigtsmæssig. Det gælder med hensyn til deres retlige status, hvor man har valgt den mest uklare form, det vil sige den værst tænkelige løsning. Der er altså et behov for en retlig adskillelse af skidt og snot. Det kan ske ved at lægge dem ind i det offentlige hierarki; en oplagt, altså logisk, løsning ville være at overdrage dem

til amterne, men det er politisk urealistisk. En anden mulighed ville være at gøre dem til aktieselskaber og i den sammenhæng opgive hvile-i-sig-selv-princippet. Det ville klargøre en del af spillereglerne.

Men reformen må ikke stoppe der. Det er også nødvendigt at erkende, at affaldsselskaberne i dag optræder i svært forenelige dobbeltroller. De er kommunale produktions- og servicevirksomheder. Reelt optræder de imidlertid også som myndigheder. Det hænger sammen med, at kommunerne ofte overlader det til dem at forberede affaldsplaner og -regulativer, ligesom de ofte inddrager dem i, ja, ikke sjældent reelt delegerer sagsbehandlingskompetence til dem.

Med disse strukturer og den politiske og administrative praksis, der er knyttet til dem, har man placeret sig selv i den værste af alle verdener: Uigennemsigtig, politisk såvel som økonomisk. Det er hverken marked eller hierarki.

Det bringer mig til en anden tanke. Hvad hindrer egentlig, at man privatiserede de kommunale affaldsselskaber? Det ville antageligt være godt for både miljø og økonomi. Man ville nemlig få den adskillelse af regulerings- og myndighedsfunktioner på den ene side, driftsfunktioner på den anden. Det har man opnået på tele- og energiområdet med rigtigt fine resultater, så hvorfor ikke her? Det kunne gøre affaldsmyndighederne mere miljøbevidste, når det var opgaven, og det kunne samtidig forbedre økonomien, fordi det ville være helt klart, at det hensyn ikke længere kunne syltes ind i ord om alt muligt andet.

## 6 K O N K L U S I O N

I Affaldsstrategi 2005-2008 er sigtelinjen, at 26 procent af den totale affaldsmængde skal forbrændes for at minimere deponering og udnytte affaldets energiindhold samt at reducere dets volumen og vægt. Prognoser viser at mængden af brændbart affald forventes at vokse fremover.

Bortskaffelsen af brændbart affald er i dag en opgave som varetages af fælleskommunale affaldsforbrændingsanlæg. De offentlige affaldsforbrændingsanlæg producerer enten varme eller kraftvarme. Samtidig har kommunerne retten til at anvise affaldet, både til behandlingsmetode, samt til selskabet som skal stå for den endelige bortskaffelse. Kommunernes dobbeltrolle indenfor affaldshåndteringen gør det svært for produktionsvirksomheder, som f.eks. Aalborg Portland A/S der ønsker at medforbrænde affaldet ved cementproduktionen, at få fat i tilstrækkelige mængder.

Resultaterne i nærværende rapport indikerer, at det er velfærdsøkonomisk mere hensigtsmæssigt at udbygge medforbrænding ved cementproduktionen på Aalborg Portland A/S sammenlignet med at udbygge den offentlige forbrændingskapacitet. Resultaterne viser også, at så længe udlandet har en høj betalingsvilje for bortskaffelse af brændbart affald, er det velfærdsøkonomisk mest hensigtsmæssigt at importere affald til medforbrænding. Endeligt indikerer resultaterne at udbygning af medforbrænding og øjeblikkelig overflytning af brændbart affald fra det mest effektive eksisterende affaldsforbrændingsanlæg *ikke* er velfærdsøkonomisk hensigtsmæssigt.

Resultaterne er specielt følsomme overfor elprisen. Ved høje importpriser på el tyder følsomhedsanalyserne på, at udbygning af den offentlige forbrændingskapacitet vil være et lige så godt eller et bedre teknikvalg end medforbrænding.

En rundspørge blandt energitunge virksomheder i Danmark tyder på, at der er potentiale for medforbrænding af mere end de 100.000 tons affald, som er den mængde der er anvendt i beregningerne i nærværende rapport. Aalborg Portland A/S alene har på sigt mulighed for at aftage op mod 250.000 tons brændbart affald. Derudover er andre energitunge virksomheder interesseret i at medforbrænde

affald. Dermed er der betydelige muligheder for medforbrænding ved fremstillingsvirksomheder i Danmark.

Professor Jørgen Grønnegård skriver i perspektiveringen, at den nuværende regulering af affaldssektoren betyder, at man aldrig får prøvet af om der eventuelt kunne være aftagere, som satte en højere pris på affaldet, fordi de kan få mere ud af affaldet end de offentlige forbrændingsanlæg. Problemet er at kommunernes interesser er sammenblandet. Løsningerne kræver at der sættes ind på tre centrale steder.

For det skal første kræver det en ændring af reguleringen, hvilket bl.a. vil indebære en fjernelse af kommunernes anvisningsret. For det andet kræver en reform også at de fælleskommunale affaldsselskaber gøres til aktieselskaber. For det tredje er det også nødvendigt at de kommunale affaldsselskaber bliver privatiserede. Herved fås den nødvendige adskillelse af regulerings- og myndighedsfunktioner på den ene side, og driftsfunktioner på den anden side. Dette vil muliggøre at fremstillingsvirksomheder, der ønsker at medforbrænde affald, vil kunne indgå på markedet for bortskaffelse af brændbart affald. Nærværende rapport viser at der kan være en velfærdsøkonomisk gevinst at hente.



## T A K T I L

I arbejdet med denne rapport har en række personer bidraget med information, råd og vejledning.

Den eksterne kvalitetskontrol af rapporten er foretaget af Seniorforsker Flemming Møller, Danmarks Miljøundersøgelser, og COWI A/S.

En række personer fra Aalborg Portland A/S, CemMiljø A/S, I/S KARA og Nordjyllandsværket har bidraget med informationer og data til rapporten. Preben Andreasen, Miljøchef, og Henrik Møller Thomsen, Miljøingeniør, fra Aalborg Portland A/S har muliggjort at tekniske, miljømæssige, og økonomiske data for cementproduktion er gjort tilgængelige for IMV. Ligeledes har Tommy Kristensen, Adm. Direktør, CemMiljø A/S, bidraget til rapporten med tekniske, miljømæssige, og økonomiske data for medforbrænding ved cementproduktion. Endelig har John Olsen, Teknisk direktør, I/S KARA, bidraget med de tekniske, miljømæssige, og økonomiske data for forbrændingsanlægget KARA.

Projektmedarbejderne vil specielt takke Seniorforsker Flemming Møller fra Danmarks Miljøundersøgelser, som dels har foretaget kvalitetskontrol af rapporten, og dels har bistået med råd og vejledning i forbindelse med udformningen af analysen.

Herudover vil projektmedarbejderne gerne takke Professor i offentlig forvaltning, cand.scient.pol., Jørgen Grønnegård Christensen fra Århus Universitet for at have bidraget med en politisk, organisatorisk og forvaltningsmæssig vinkel på den nuværende organisering af affaldssektoren.

Jørgen Grønnegård Christensen har ansvaret for indholdet af kapitel 5.

Institut for Miljøvurdering har det fulde ansvar for rapportens resultater og konklusioner, som ikke vedrører kapitel 5.

## R E F E R E N C E L I S T E

- Aalborg Portland A/S (Andreasen, P.) 2002 *Miljørededgørelse og grønt regnskab 2002* Aalborg Portland A/S.
- Andersen, P., Nielsen, L., Nissen, T. 1999 *Velfærdsøkonomi - Teori og Anvendelser* Odense universitetsforlag.
- Andreasen, P., Kristensen, T., Thomsen, H. M. 2003 *Møde med Aalborg Portland A/S og CemMiljø A/S*
- Bøgelund, M., Willumsen, E., Jensen, M. P. 2002 *Effektiviseringspotentiale på forbrændingsanlæg og deponeringsanlæg i Danmark* Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 2. Miljøstyrelsen.
- CemMiljø A/S 2002 *Grønt Regnskab for CemMiljø A/S 2001* CemMiljø A/S.
- CemMiljø A/S 2003 *Grønt Regnskab for CemMiljø A/S 2002* CemMiljø A/S.
- Christensen, J. G. 2001 *Affaldssektorens politiske organisering* Danske Entreprenører, Miljøsektionen.
- Elkraft System 2002 *Emissionsfaktorer Planlægningsafdelingen*, Elkraft sytem.  
[http://presse.elkraft-system.dk/C1256AA8003B8676/sysOakFil/Emissionsfaktornotat\\_060302/\\$File/Emissionsfaktornotat%20060302.pdf](http://presse.elkraft-system.dk/C1256AA8003B8676/sysOakFil/Emissionsfaktornotat_060302/$File/Emissionsfaktornotat%20060302.pdf)
- Elsam 2003 *Elsam lexicon, CO2 neutral* Elsam. <http://www.elsam.com/>
- Energistyrelsen 2003a *Affald til energiformål* Energistyrelsen. <http://www.ens.dk>
- Energistyrelsen 2003b *En omkostningseffektiv opfyldelse af Danmarks reduktionsforpligtelse. Dokumentation af fremskrivning og analyser på energiområdet.* Energistyrelsen.
- Finansministeriet 1999 *Vejledning i udarbejdelse af samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger* Finansministeriet.
- I/S KARA 2003 *Grønt Regnskab 2002*
- Kristensen, T. 2003 *Økonomiske nøgletal for CemMiljø A/S, personlig meddelelse*
- Miljøstyrelsen 2001 *Affaldsforbrænding i 2004 og 2008, mængder og kapaciteter* Orientering fra miljøstyrelsen Nr. 11. Miljøministeriet.
- Miljøstyrelsen 2003a *Affaldsstatistik 2001* Orientering fra Miljøstyrelsen Nr. 1. Miljøministeriet.
- Miljøstyrelsen 2003b *Affaldsstatistik 2002* Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 6. Miljøministeriet.

- Miljøstyrelsen 2003c *Skal husholdningernes madaffald brændes eller genanvendes? Samfundsøkonomisk analyse af øget genanvendelse af organisk dagrenovation*. Miljøprojekt 814. Miljøministeriet.
- Møller, F., Andersen, P., Grau, P., Huusom, H., Madsen, T., Nielsen, J., Strandmark, L. 2000 *Samfundsøkonomisk vurdering af miljøprojekter*: Danmarks Miljøundersøgelser; Miljøstyrelsen; Skov- og Naturstyrelsen. <http://www.dmu.dk>
- Nordjyllandsværket 2003 *Nordjyllandsværket - Grønt regnskab 2002* Elsam. <http://www.elsam.com/>
- Olsen, J. 2003 *Personlig meddelelse, Teknisk direktør, I/S KARA*
- Thomsen, H. M. 2003 *Emissioner fra ovn 87, Aalborg Portland A/S, personlig meddelelse*
- Udenrigsministeriet 98 A.D. *Finansudvalgets spørgsmål nr. 1-16 af den 2. september 1998 vedr. aktstykke 295, - Mozambique, oprydning og bortskaffelse af pesticidlagre*  
[http://www.folketinget.dk/Samling/19972/udvtilag/URU/Almdel\\_bilag165.htm](http://www.folketinget.dk/Samling/19972/udvtilag/URU/Almdel_bilag165.htm)
- Videncenter for affald 2003 *Forbrænding* Videncenter for affald. <http://www.affaldsinfo.dk/default.asp?side=355>

## B I L A G

### **Bilag 1.**

#### Fremstillingsprocessen for cement ved Aalborg Portland

Aalborg Portland producerer cement efter semi-tør metoden. Første del af processen slemmes kridt op med vand i en slemmetromle, mens sand males i en sandmølle. Herefter blandes materialerne til færdigslam, som sprøjtes ind i en tørreknuser, hvor der tilsættes flyveaske. Med varm røggas forvandler tørreknuseren materialet til råmel, der via en udskillecyklon transporteres til cyklonforvarmeren, som varmer råmelet op til 750 C°. I kalcinatorerne varmes materialet yderligere op til 900 C°, hvorved kuldioxiden udskilles. Herefter skal materialet igennem en 74 meter lang rotéovn. Her sker en gradvis opvarmning til 1.500 C°, hvorved materialet brændes til cementklinker. Efter afkøling finmales klinkerne i cementmøllen med tilsætning af nogle få procent gips. (Aalborg Portland A/S 2002)

**Bilag 2.****Tabel 19. Forbrug af arbejdskraft, råvarer, og energi samt produktion af restprodukter og emissioner ved en årlig medforbrænding af 33.408 tons brændbart affald**

	Enhed	Samlet produktion og forbrug	Produktion og forbrug pr. tons affald
Modtaget affaldsmængde	Tons	33.408	1
Produktion			
Energi ved medforbrænding	GJ	570.060	17,06
Drift			
Arbejdskraft	antal pers.	8	2,39E-04
Råvarerforbrug			
Hydraulikolie	Liter	1.376	4,12E-02
Motorolie	Liter	490	1,47E-02
Oliefjerner	Liter	30	8,98E-04
Smørefedt	Liter	22	6,59E-04
Energi			
El	Kwh	1.339.087	4,01E+01
Miljødiesel, i alt	Liter	101.286	3,03E+00
Restprodukter			
til genanvendelse	Tons	250	7,48E-03
til forbrænding	Tons	19	5,69E-04
til deponering	Tons	11	3,29E-04
olieaffald	Tons	1,2	3,59E-05
Emissioner til luft			
CO <sub>2</sub>	Tons	0	0
NO <sub>x</sub>	Tons	479	1,43E-02
SO <sub>2</sub>	Tons	3,53	1,06E-04
HCl	Tons	?	?
Støv, partikler mm.	Tons	10,6	3,17E-04
Pb+Cr+Cu+Mn	Tons	?	?
Pb	Tons	0,0046	1,37E-07
Ni+As	Tons	?	?
Cd+Hg	tons	0,0021	6,31E-08
HF	tons	?	?
TOC	tons	?	?
CO	tons	5,7	1,71E-04
Dioxin	tons	1,5E-06	4,52E-11

KILDE: KRISTENSEN (2003); CEMMILLJØ A/S (2003); THOMSEN (2003)

**Bilag 3.****Tabel 20. Forbrug af kapitalapparat, arbejdskraft, råvarer og energi samt produktion af restprodukter ved en årlig forbrænding af 171.524 tons affald på I/S KARA**

2002, ovn 5	Enhed	Samlet forbrug og produktion	Forbrug eller produktion pr. t. affald
Modtaget affaldsmængde	Tons	171524	
<b>Anlæg</b>			
<b>Kapitalapparat</b>			
Investering	kr.	480000000	2798
Levetid	År	20	
<b>Drift</b>			
Arbejdskraft	Antal pers.	39	2,27E-04
<b>Råvareforbrug</b>			
Kalk	Tons	1009	5,88E-03
Wulfraisorp	Tons	155	9,04E-04
Fældningsmiddel TMT 15	Tons	4,4	2,57E-05
Natronlud, NAOH	Tons	142,68	8,32E-04
<b>Energi</b>			
El	Mwh	15190	8,86E-02
Naturgas	m3	240745	1,40E+00
<b>Fornybare ressourcer</b>			
Sanitærvand	m3	1417	8,26E-03
Procesvand	m3	71361	4,16E-01
<b>Restprodukter</b>			
til genanvendelse (slagge)	Tons	29631	1,73E-01
til deponering (slagge)	Tons	1379	8,04E-03
røggasresningsprod. til deponi	Tons	5149	3,00E-02

KILDE: OLSEN (2003); I/S KARA (2003)

**Bilag 4.****Tabel 21. Emissioner ved en årlig forbrænding af 171.524 tons affald på I/S KARA**

2002, ovn 5	Enhed	Samlet produktion	Produktion pr. t. affald
<b>Emissioner til vand</b>			
Spildevand	Liter	20.499.000	119,51
Sulfat	Kg	12.709	7,41E-02
Klorid	Kg	818.935	4,77E+00
Pb	Kg	5,26	3,07E-05
Cd	Kg	0,64	3,74E-06
Cr	Kg	0,685	3,99E-06
Cu	Kg	2,22	1,29E-05
Hg	Kg	0,269	1,57E-06
Ni	Kg	3,36	1,96E-05
Zn	Kg	10,04	5,86E-05
Olie/fedt	Kg	32,8	1,91E-04
COD	Kg	13.529	7,89E-02
N-total	Kg	453	2,64E-03
<b>Emissioner til luft</b>			
CO <sub>2</sub>	Tons	0	0,00E+00
NO <sub>x</sub>	Tons	294	1,71E-03
SO <sub>2</sub>	Tons	8,9	5,20E-05
HCl	Tons	2,8	1,63E-05
Støv, partikler mm.	Tons	0,34	2,00E-06
Pb+Cr+Cu+Mn	Tons	0,18	1,05E-06
Pb	Tons	0,07	4,11E-07
Ni+As	Tons	0,12	6,97E-07
Cd+Hg	Tons	0,044	2,57E-07
HF	Tons	0,235	1,37E-06
TOC	Tons	2,35	1,37E-05
CO	Tons	12,74	7,43E-05
Dioxin	Tons	9,8E-10	5,71E-15

KILDE: OLSEN (2003); I/S KARA (2003)

**Bilag 5.****Tabel 22. Emissioner ved en årlig nettoenergiproduktion på 3.289.143 Mwh på Nordjyllandsværket**

	enhed	Produktion/forbrug	produktion/forbrug pr. produceret Mwh
<b>Produktion</b>			
Elproduktion	Mwh	2.235.265	
Varmeproduktion	Mwh	1.053.878	
i alt energi	Mwh	3.289.143	
<b>Forbrug af energi</b>			
El	Mwh	154.190	4,69E-02
Varme	Mwh	2.078	6,32E-04
kul	tons	726.044	0,22
Olie	tons	6.157	1,87E-03
i alt brændsel	Mwh	5.308.697	1,61
<b>Emissioner</b>			
CO2	tons	1.811.362	0,55
NOx	tons	1.094	3,33E-04
SO2	tons	172	5,24E-05
HCl	tons	59	1,79E-05
Støv, partikler mm.	Tons	107	3,25E-05
Pb+Cr+Cu+Mn	Tons	?	?
Pb	Tons	0,074	2,25E-08
Ni+As	Tons	0,22	6,69E-08
Cd+Hg	Tons	0,021	6,38E-09
HF	Tons	?	?
TOC	Tons	?	?
CO	Tons	?	?
Dioxin	Tons	?	?

KILDE: (NORDJYLLANDSVÆRKET 2003)