

affald danmark

**Samfundsøkonomisk
vurdering af forbrænding,
medforbrænding og
biologisk behandling**

Rapport

Juni 2009

COWI A/S

Parallelsvej 2
2800 Kongens Lyngby

Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

affald danmark

Samfundsøkonomisk vurdering af forbrænding, medforbrænding og biologisk behandling

Rapport

Juni 2009

Dokumentnr. 1
Version 4
Udgivelsesdato 02.06.09

Udarbejdet MIKR, PECN, LISA, EWI
Kontrolleret MPN
Godkendt EWI

Indholdsfortegnelse

1	Hovedkonklusioner	3
2	Resumé	5
3	Indledning	12
3.1	Baggrund	12
3.2	Formål	12
3.3	Organisering	13
3.4	Rapportens struktur	14
4	Metode og tilgang	15
4.1	Samfundsøkonomisk metode	15
4.2	Tidshorisont	16
4.3	Allerede afholdte investeringer	16
4.4	Opgørelse per ton affald	18
4.5	Scenarier	18
4.6	Centrale forudsætninger og antagelser	21
4.7	Grænseflade til og forskelle fra miljøvurderingen	23
5	Beregningsmæssige forudsætninger	25
5.1	Affaldsmængder og brændværdi	25
5.2	Investeringsbehov i dedikeret forbrænding	28
5.3	Behandlingsmetoder	29
5.4	Indsamling og transport	35
5.5	Energisubstitution	38
5.6	Emissioner og restprodukter	42
6	Resultater	45
6.1	Behandlingsformerne	45
6.2	Scenarierne	52
6.3	Følsomhedsanalyser	56
6.4	Ikke-værdisatte effekter	62

6.5	Konklusion	65
6.6	Perspektivering	66
7	Litteraturliste	67

Bilagsfortegnelse

Bilag 1: Detaljerede resultater for scenarierne

Bilag 2: Betydning af samfundsøkonomiske beregningsværdier

1 Hovedkonklusioner

På baggrund af denne rapport kan man ikke give et entydigt svar på rangordningen af behandlingsalternativerne forbrænding, medforbrænding og biologisk behandling. Rangordningen afhænger af forudsætningerne om den konkrete investeringssituation for forbrændingsanlæggene, og robustheden af konklusionen afhænger af, hvilket varmeopland anlæggene ligger i. Man kan imidlertid konkludere følgende:

- For både varmeområder forsynet af centrale, kulfyrede KV-anlæg og varmeområder forsynet af decentrale naturgasfyrede anlæg er det samfundsøkonomisk **fordelagtigt at medforbrænde affald** på kulfyrede KV-anlæg i forhold til at bygge helt nye ovnlinier på dedikerede affaldsforbrændingsanlæg. Hvis det i disse områder er muligt at bygge nye affaldsforbrændingsanlæg marginalt større, er det **dog** samfundsøkonomisk mest fordelagtigt at gøre dette. Sidstnævnte konklusion forudsætter, at den reducerede brændværdi af restaffaldet ikke øger omkostningerne til forbrænding af dette.
- Ovenstående **konklusioner for det centrale varmeområde er robuste** over for øvrige ændrede forudsætninger.
- Ovenstående **konklusioner for det decentrale varmeområde er følsomme** over for naturgasprisen. Således vil en halvering af gasprisen gøre det samfundsøkonomisk fordelagtigt at medforbrænde affald i forhold til at bygge nye affaldsforbrændingsanlæg marginalt større. Modsat kan en højere gaspris gøre det samfundsøkonomisk ufordelagtigt at medforbrænde affald i forhold til at forbrænde affaldet på helt ny ovnlinier.
- I begge varmeområder er **biologisk behandling samfundsøkonomisk mere fordelagtigt** end nye ovnlinier på dedikerede forbrændingsanlæg, hvis forøgelsen af restaffaldets brændværdi *ikke* medfører, at de eksisterende forbrændingsanlægs kapacitet bliver utilstrækkelig. Hvis forøgelsen af restaffaldets brændværdi medfører, at de eksisterende forbrændingsanlægs kapacitet bliver utilstrækkelig er biologisk behandling **samfundsøkonomisk på niveau med forbrænding på nye ovnlinier**. Konklusionerne er robuste over for variation i de øvrige forudsætninger.

- **Biologisk behandling er mindre samfundsøkonomisk fordelagtigt** end forbrænding på marginalt større forbrændingsovne. Denne konklusion er robust over for variation i de øvrige forudsætninger.
- Der er **ikke nogen samfundsøkonomisk fordel** i både at medforbrænde affald og etablere biologisk behandling af affald i forhold til alene at medforbrænde affald. Denne konklusion er robust over for variation i de øvrige forudsætninger.

2 Resumé

Baggrund

En række affaldsforbrændingsanlæg nærmer sig slutningen af deres levetid, og der er derfor behov for at vurdere konsekvenserne af fremtidige strategiske beslutninger vedrørende forbrændingsegnet affald.

Disse beslutninger kan inkludere udbygning af forbrændingskapaciteten og/eller inddragelse af andre metoder til energiudnyttelse af affald så som medforbrænding af affald på centrale kulfyrede kraftværker eller biogasproduktion.

Affald danmark har på denne baggrund ønsket at belyse konsekvenserne af forskellige metoder til håndtering af det forbrændingsegne affald. Affald danmark fik i 2008 udarbejdet en livscyklusbaseret miljøvurdering af affaldsforbrænding og alternativerne. Affald danmark har siden bedt COWI om at udarbejde en samfundsøkonomisk analyse af de samme behandlingsformer. Nærværende rapport dækker den samfundsøkonomiske analyse og udarbejdet i perioden september 2008 til juni 2009.

Projektet har været fulgt af en følgegruppe bestående af repræsentanter fra Vestforbrænding, Amagerforbrænding, AffaldVarme Århus, Reno Nord, DONG Energy, Solum A/S, Nomi, Miljøstyrelsen og Energistyrelsen.

Formål

Formålet med den samfundsøkonomiske vurdering er at opgøre de samfundsøkonomiske gevinster og omkostninger ved

- medforbrænding på kulfyrede kraftværker og
- kombineret bioforgasning og kompostering (KBK)

i forhold til dedikeret affaldsforbrænding.

Analysens primære sigte er at bidrage til et fælles og fagligt velfunderet besluttelsesgrundlag for affald danmark's medlemmer om forskellige behandlingsformers samfundsøkonomiske effekter og rentabilitet til brug for videre interne strategiske overvejelser.

Metode og tilgang

I grundlaget for en strategisk beslutning indgår en række forskellige aspekter, hvoraf en samfundsøkonomisk vurdering kun er ét blandt flere. Den samfunds-

økonomiske vurderings bidrag er en konsistent afvejning af et tiltags gevinster og omkostninger. I den kvantitative samfundsøkonomiske analyse medregnes såvel de direkte økonomiske konsekvenser som de miljømæssige effekter udtrykt i kr.

Vurderingen af et tiltags eller scenariums samlede lønsomhed baseres på værdien af den samfundsøkonomiske gevinst i forhold til en referencesituation uden tiltaget. En samlet gevinst indikerer, at det vil være fordelagtigt for samfundet samlet set at gennemføre tiltaget. En samlet meromkostning indikerer det modsatte. Referencesituation og alternativscenarier er vist i nedenstående tabel.

Tabel 2.1 *Oversigt over scenarier*

Hovedscenarium (1-4)	Antagelse om forbrændingsanlæg (I og II)	Antagelse om varmeopland (A og B)	
		A: Central KV-område	B: Decentralt naturgasområde
1: Reference 2: Medforbrænding 3: KBK 4: Medforbrænding +KBK	I: Marginal investering i nyt forbrændingsanlæg	Reference 1_I_A Scenarium 2_I_A Scenarium 3_I_A Scenarium 4_I_A	Reference_1_I_B Scenarium 2_I_B Scenarium 3_I_B Scenarium 4_I_B
1: Reference 2: Medforbrænding 3: KBK 4: Medforbrænding +KBK	II: Investering i ny ovnlinie på forbrændingsanlæg	Reference_1_II_A Scenarium 2_II_A Scenarium 3_II_A Scenarium 4_II_A	Reference_1_II_B Scenarium 2_II_B Scenarium 3_II_B Scenarium 4_II_B

Der er i underscenarier skelnet mellem, om man skal investere i en ny ovnlinie på et forbrændingsanlæg, eller om der er mulighed for at bygge et forbrændingsanlæg marginalt større. Det vil afhænge af lokale forhold, om den ene eller den anden situation er gældende. I nogle tilfælde vil man kunne bygge et kommende affaldsforbrændingsanlæg marginalt større, end man ellers ville have gjort, og på den måde opnå den nødvendige kapacitet. I andre tilfælde vil man skulle etablere en ny ovnlinie for at opnå den nødvendige kapacitet. Sidstnævnte løsning er dyrest.

Det betyder samtidig, at det med stor sandsynlighed vil være samfundsøkonomisk mere fordelagtigt at transportere affaldet lidt længere til et forbrændingsanlæg, der skal bygges marginalt større, frem for at etablere en ny ovnlinie lokalt. Det strider dog imod det gældende princip i Danmark, om at der skal være

forbrændingskapacitet nok i hver af fem regioner i Danmark¹. Der er ikke foretaget en vurdering af dette forhold.

Der er ligeledes i underscenerier skelnet mellem, om anlæggene er placeret i et varmeopland med centrale kulkraftfyrede anlæg, eller om de er placeret i et varmeopland med decentrale naturgasfyrede anlæg.

Den marginale el er antaget produceret på kul. En følsomhedsanalyse belyser resultaterne, hvis den marginale el produceres på naturgas. Det skal påpeges, at i praksis er det sandsynligt, at den marginale el i et fremtidigt mere integreret europæisk elsystem fordeler sig med omtrent 80% kul og 20% naturgas. Derfor er det centrale resultat i praksis en sammenvejning af disse to resultater.

Analysen belyser mulige fremtidige alternativer for affaldsbehandling i Danmark. Det er valgt at tage udgangspunkt i 2020 som beregningsår. Det betyder, at affaldsmængder, teknologi mv. så vidt muligt afspejler forholdene i dette år. Analysen forholder sig til den mængde affald, som vurderes at kunne behandles med medforbrænding og biologisk behandling i 2020 som alternativ til dedikeret forbrænding. Det er vurderet at dreje sig om ca. 1,3 mio. tons affald.

Beregningsmæssige forudsætninger

Den samfundsøkonomiske vurderings udgangspunkt er tekniske data og forudsætninger fra miljøvurderingen, og den samfundsøkonomiske vurdering bygger så vidt muligt ovenpå denne. En væsentlig forudsætning er de forudsatte brændværdier for de forskellige fraktioner og dermed for restaffaldet, som skal forbrændes. Den forudsatte fordeling af affaldsmængder i scenarierne samt brændværdien af restaffaldet til dedikeret forbrænding er vist i nedenstående tabel.

¹ Jf. LOV nr. 572 af 24/06/2005. §50B blev indført i miljøbeskyttelsesloven. Link til bemærkninger <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=89498>.

Tabel 2.2 Forudsat fordeling af affaldsmængder (1.000 tons) samt brændværdi af restaffald (GJ/ton)

	RDF	Træaffald	Bioaffald	Rest, forbrænding		Brændværdi af rest
				Eks. anlæg	Nye anlæg	
----- 1.000 tons -----						GJ/ton
Scenarium 1 (reference)	0	0	0	2.420	1.482	11,3
Scenarium 2	700	176	0	2.841	187	9,6
Scenarium 3	0	0	418	2.253	1.232	12,1
Scenarium 4	700	176	418	2.610	0	10,5

Kilde: Miljøvurderingen og egne beregninger.

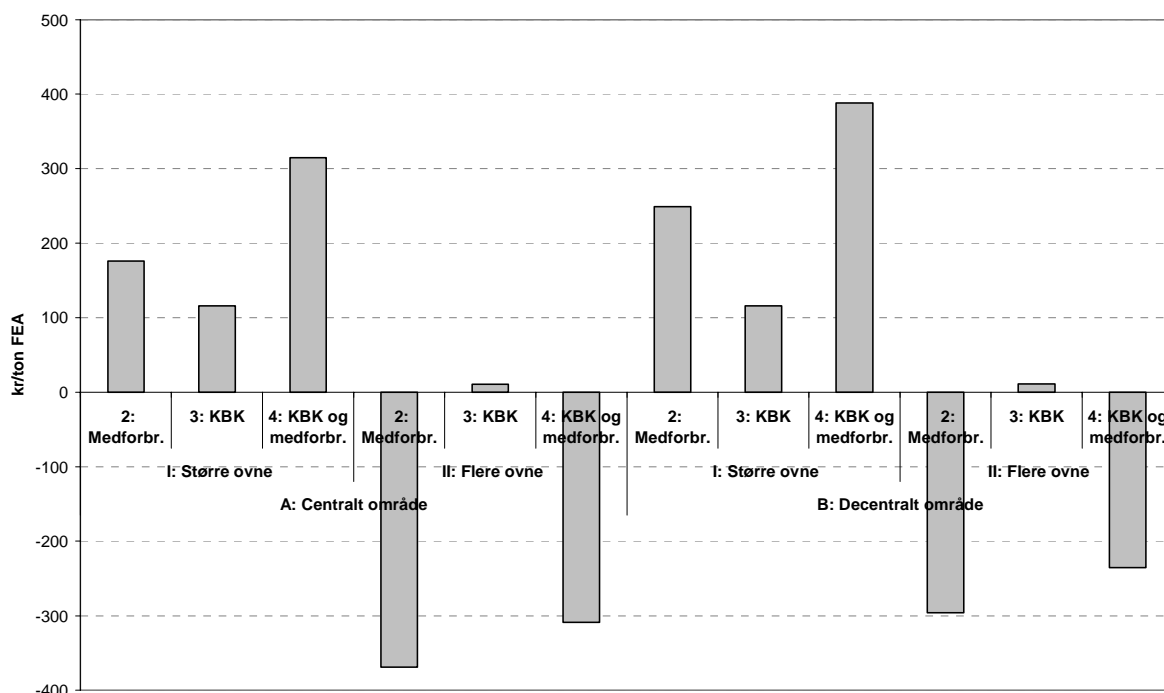
Note: I alt 1,3 mio. tons affald behandles forskelligt i scenarierne.

Note: RDF består af erhvervsaffald og storskrald.

Resultater

Følgende figur viser meromkostningen per ton gennemsnitligt forbrændingseget affald i forhold til referencesituationen (forbrænding). Meromkostningen for samtlige 3,9 mio. tons forbrændingseget affald er opgjort og delt med de knap 1,3 mio. tons affald, som behandles forskelligt i de belyste scenarier.

Figur 2.1 Meromkostninger i scenarierne, kr/ton gennemsnitligt forbrændingseget affald



Meromkostningerne per gennemsnitligt ton affald i **Scenarium 2IA** (medforbrænding i det centrale område i forhold til forbrænding på marginalt større

ovne) er knap 200 kr/ton gennemsnitligt forbrændingseget affald. Dette resultat er sammensat af en række effekter:

- Medforbrænding har målt per GJ højere investerings- og driftsomkostninger end forbrænding på marginalt større ovne.
- I modsat retning trækker, at der er et reduceret behov for at investere i ny forbrændingskapacitet, fordi eksisterende forbrændingsanlæg kan behandle mere affald pga. den lavere brændværdi af restaffaldet (jf. Tabel 2.2).
- Der er meromkostninger forbundet med genanvendelse af træaffald i forhold til at forbrænde dette. Omkostningerne omfatter både afsætning af træet til genanvendelse og produktion af den energi, som mistes ved at genanvende træet i stedet for at forbrænde det.
- Medforbrænding øger transportomkostningerne i forhold til dedikeret forbrænding, fordi der er færre anlæg til medforbrænding end til dedikeret forbrænding.
- Der er en lille CO₂-gevinst ved medforbrænding.

Ser man på **Scenarium 3IA** (KBK i forhold til forbrænding på marginalt større ovne i det centrale område), er der meromkostninger på ca. 120 kr/ton gennemsnitligt forbrændingseget affald. Dette resultat er sammensat af følgende effekter:

- KBK har i sig selv væsentligt højere investerings- og driftsomkostninger målt per GJ end forbrænding af gennemsnitligt affald på marginalt større ovne.
- Dertil kommer, at udsorteringen af det lavværdige bioaffald resulterer i en øget gennemsnitlig brændværdi af restaffaldet. Da det er antaget, at brændværdien er bindende for anlægsinvesteringerne i forbrændingsanlæg, udløser dette et merinvesteringsbehov i forbrændingskapacitet (jf. Tabel 2.2).
- KBK øger indsamlings- og transportomkostningerne pga. det todelte indsamlingssystem og færre anlæg til behandling end forbrænding.
- Der er en lille besparelse i emissioner ekskl. CO₂ i forhold til forbrænding.

Ser man endelig på **Scenarium 4IA** (medforbrænding og KBK i forhold til forbrænding i det centrale område), er der meromkostninger på ca. 340 kr/ton gennemsnitligt forbrændingseget affald. Dette resultat er sammensat af de samme effekter som for de to foregående scenarier. Dog er der i dette scenarium kun et behov for at investere i ny forbrændingskapacitet på ca. 200.000 tons.

Ser man på **Scenarium 2IIA-4IIA** dvs. investering i nye forbrændingsovne i det centrale varmeområde, ser konklusionerne anderledes ud. Forskellen til investering i marginalt større ovne er alene (Scenarium 2IA-4IA), at der indregnes højere investeringsomkostninger og faste driftsomkostninger til forbrændingsanlæg.

I dette tilfælde er medforbrænding samfundsøkonomisk attraktivt med en gevinst på godt 350 kr/ton gennemsnitligt affald. KBK-metoden har en samfundsøkonomisk meromkostning på ca. 10 kr/ton. Endelig giver kombinationen af

medforbrænding og KBK en samfundsøkonomisk gevinst på knap 300 kr/ton gennemsnitligt affald.

Ser man på **B-scenarierne**, som omfatter det decentrale naturgasfyrede varmeområde, fremgår det, at resultaterne svarer til resultaterne for det centrale område. Dette dækker imidlertid over følgende forskelle:

- Gevinsterne ved fortrængning af energi produceret med naturgas og supplerede elproduktion er større end for det decentrale område. Dette er til fordel for forbrænding.
- Der er i referencesituationen omkostninger til at etablere en transmissionsledning (og køleranlæg), som gør forbrænding dyrere end i det centrale område. Dette er til ulempe for forbrænding.

Samlet set er meromkostningerne til medforbrænding lidt større end i det centrale område, mens meromkostningerne til KBK er stort set uændrede. Det betyder, at medforbrænding er samfundsøkonomisk fordelagtigt i forhold til forbrænding med nye ovne. Der er en samfundsøkonomisk gevinst ved at medforbrænde og behandle med KBK-metoden, men gevinsten er mindre end ved alene at medforbrænde. KBK-behandling er på niveau med forbrænding på nye forbrændingsovne.

Følsomhedsanalyser og ikke-værdisatte effekter

Der er gennemført en række følsomhedsanalyser for udvalgte centrale forudsætninger. Følsomhedsanalyserne viser, at konklusionerne er særligt følsomme over for de anvendte kul- og naturgaspriser, samt antagelsen om at brændværdien er bindende for anlægsinvesteringen i forbrændingsanlæg. En følsomhedsanalyse, som øger merindsamlingsomkostningerne for KBK-metoden påvirker ikke konklusionen. Denne følsomhedsanalyse er gennemført for at belyse en evt. meromkostning som følge af todelte indsamling fra etageejendomme.

Der er en række effekt, som ikke kan kvantificeres i den samfundsøkonomiske analyse. Det gælder bl.a. humantoksicitet via luft og økotoksicitet via vand samt økotoksicitet i jord. Disse effekter er belyst i miljøvurderingen, hvor de vurderes at være små eller højst usikre. Desuden er en evt. gene for husholdningerne i form af tidsforbrug ved udsortering af biologisk affald ikke kvantificeret i analysen. Denne effekt er usikker at opgøre, fordi man også kan argumentere for, at en husholdning har en personlig nytte ved at foretage udsorteringen.

Desuden vil fleksibiliteten i elsystemet mindskes, når man fortrænger centrale eller decentrale kraftvarmeanlæg, som i dag og formentlig også i fremtiden tjener som "mellemlast" i elsystemet. Det taler til fordel for medforbrænding af affald, hvor man har mindre belastning på dedikeret forbrænding, som er basislast. Endelig har Danmark påtaget sig en forpligtelse til at nedbringe bruttoenergiforbruget i form af en bindende målsætning. Beregningerne tager ikke højde for, at eventuelle ændringer i bruttoenergiforbruget ved produktion af el og varme for de analyserede anlæg skal udlignes med øvrige tiltag til nedbringelse af bruttoenergiforbruget.

Det er naturligvis vanskeligt at vurdere betydningen af de ikke-værdisatte effekter - netop fordi de ikke er værdisat. Det vurderes, at fleksibiliteten af elsystemet kan have betydning for resultatet, mens størrelsesordenen af effekten af forpligtelsen til at nedbringe bruttoenergiforbruget er ukendt. De øvrige ikke-værdisatte effekter har ikke afgørende betydning for det samlede resultatet.

Perspektivering

Scenarierne og følsomhedsanalyserne viser, at sammenligningen af de forskellige behandlingsformer kan give meget forskellige resultater, alt efter de forudsætninger der lægges til grund for beregningen. Af særlig betydning kan her nævnes spørgsmålene om hvorvidt:

- Kapacitetsudbygning kan ske ved at bygge dedikerede forbrændingsanlæg marginalt større.
- Det er affaldets vægt eller energiindhold, der begrænser de eksisterende anlægs kapacitet.

Dette kan eller vil ofte afhænge af forhold i det lokale affalds- / varmeområde, og derfor giver denne rapport ikke en entydig anbefaling om, at en behandlingsform er at foretrække for andre for alle kommende etableringer af nye affaldsbehandlingskapacitet i Danmark. Derimod påviser rapporten, at man i valget af behandlingsform netop skal tage hensyn til de lokale forhold, og dette i særlig grad de to ovennævnte forhold.

En anden vigtig problemstilling er karakteren af den elproduktion, som affaldet kan give anledning til. Centrale eller decentrale kraftvarmeanlæg tjener i dag og formentlig også i fremtiden som "mellemlast" i elsystemet. Fortrænges disse af dedikeret forbrænding (der tjener som "basislast" i elsystemet) vil fleksibiliteten i elsystemet mindskes. Med de stigende krav til VE- og klimahensyn i energiforsyningen, især f.eks. en øget andel af vindenergi, kan dette tænkes at udgøre et selvstændigt problem. Dette er dog ikke belyst nærmere i nærværende rapport.

3 Indledning

3.1 Baggrund

En række affaldsforbrændingsanlæg nærmer sig slutningen af deres levetid, og der er derfor behov for at vurdere konsekvenserne af fremtidige strategiske beslutninger vedrørende forbrændingseget affald.

Disse beslutninger kan inkludere udbygning af forbrændingskapaciteten og/eller inddragelse af andre metoder til energiudnyttelse af affald så som medforbrænding af affald på centrale kulfyrede kraftværker eller biogasproduktion.

Affald danmark har på denne baggrund ønsket at belyse konsekvenserne af forskellige metoder til håndtering af det forbrændingseget affald. Affald danmark har derfor fået udarbejdet en livscyklusbaseret miljøvurdering af affaldsforbrænding og alternativerne. Miljøvurderingen blev udarbejdet af DTU og afleveret i juni 2008. Dens fokus var affaldsforbrænding, medforbrænding og biologisk behandling.

Affald danmark har siden bedt COWI om at udarbejde en samfundsøkonomisk vurdering af de samme behandlingsformer. Nærværende rapport dækker den samfundsøkonomiske vurdering.

3.2 Formål

Formålet med den samfundsøkonomiske vurdering er at opgøre de samfundsøkonomiske gevinster og omkostninger ved

- medforbrænding på kulfyrede kraftværker og
- kombineret bioforgasning og kompostering (KBK)

i forhold til dedikeret affaldsforbrænding.

Den samfundsøkonomiske vurderings udgangspunkt er tekniske data og forudsætninger fra miljøvurderingen, og vurderingen bygger så vidt muligt ovenpå denne.

Det primære sigte med rapporten er at bidrage til et fælles og fagligt velfunderet beslutningsgrundlag for affald danmark medlemmer om forskellige behandlingsformers samfundsøkonomiske effekter og rentabilitet til brug for videre interne strategiske overvejelser.

3.3 Afgrænsning

Medforbrænding på biomasse

Det er en grundforudsætning i analysen, at der i 2020 er tilstrækkelig kraftværkskapacitet i drift til, at man kan medforbrænde 700.000 tons RDF (jf. afsnit 5.1).

Resultaterne i denne analyse gælder alene for medforbrænding af affald på kulfyrede kraftværker. Det betyder, at resultaterne belyser fortrængning af kul på disse værker. Ligeledes er det forudsat, at den el og varme, som produceres på de dedikerede forbrændingsanlæg fortrænger el og varme produceret på hhv. kulfyrede kraftværker og naturgasfyrede kraftværker.

Resultaterne af analysen kan således ikke benyttes til at belyse de samfundsøkonomiske effekter af medforbrænding på kraftværker, hvor der fyres med biomasse, eller fortrængning af el og varme på biomassefyrede anlæg. For at belyse dette, ville man skulle gennemføre en selvstændig analyse.

Biologisk behandling på eksisterende biogasanlæg

Det er i denne analyse forudsat, at biologisk behandling foregår på KBK-anlæg, som specifikt retter sig mod behandling af den organiske del af dagrenovationen.

Der eksisterer i dag biogasanlæg, som behandler biologisk materiale. Denne behandlingsform er væsentligt billigere end behandling på KBK-anlægget. Til gengæld forudsætter de eksisterende biogasanlæg, at det organiske materiale er "rent". Det vil sige, at man ville skulle fjerne alle rester af ikke-organisk affald, før behandlingsformen ville være brugbar til organisk husholdningsaffald. Det ville kræve omfattende sortering og neddeling for at opnå en acceptabel renhed af affaldsfraktionen, som ikke i praksis er opnået endnu.

De samfundsøkonomiske konsekvenser af behandling på eksisterende biogasanlæg er derfor ikke belyst i denne analyse.

3.4 Organisering

Den samfundsøkonomiske vurdering er udarbejdet af COWI i perioden september 2008 til maj 2009.

Affald danmark har været ansvarlig for indsamling og kvalitetssikring af data til analysen.

Projektet har været fulgt af en følgegruppe bestående af repræsentanter fra Vestforbrænding, Amagerforbrænding, AffaldVarme Århus, Reno Nord,

DONG Energy, Solum A/S, Nomi, Miljøstyrelsen og Energistyrelsen. Følgegruppen har bidraget med data til analysen, diskussion af forudsætninger og kommentarer til resultater og rapport.

Rapporten har gennemgået ekstern kvalitetssikring udført af Ea Energianalyse. Evaluators kommentar kan findes på affald danmark's hjemmeside².

3.5 Rapportens struktur

Resten af rapporten er struktureret som følger.

Kapitel 4 beskriver den anvendte metode og tilgang til analysen.

Kapitel 5 beskriver de beregningsmæssige forudsætninger for affaldsmængder og brændværdi, behandlingsmetodernes omkostninger og deres miljøbelastning, transport, energisubstitution og anvendte enhedspriser.

I kapitel 6 præsenteres analysens resultater for hver af behandlingsformerne såvel som for scenarierne samt de gennemførte følsomhedsanalyser. Kapitlet afsluttes med en perspektivering og en konklusion.

² www.affalddanmark.dk.

4 Metode og tilgang

I dette kapitel beskrives den anvendte metode ligesom der redegøres for de centrale forudsætninger, der er lagt til grund for vurderingen.

4.1 Samfundsøkonomisk metode

I grundlaget for en strategisk beslutning indgår en række forskellige aspekter, hvoraf en samfundsøkonomisk vurdering kun er ét blandt flere. Den samfundsøkonomiske vurderings bidrag er en økonomisk analyse, hvor der foretages en konsistent afvejning af et tiltags gevinster og omkostninger.

Resultatet af den samfundsøkonomiske vurdering udtrykker summen af fordele og ulemper ved tiltagets konsekvenser for samfundet som helhed. I den samfundsøkonomiske analyse medregnes såvel de direkte økonomiske konsekvenser som de miljømæssige effekter udtrykt i kr.

Vurderingen af et tiltags samlede lønsomhed baseres på værdien af det samfundsøkonomiske overskud i forhold til en referencesituation uden tiltaget. En positiv samlet værdi indikerer, at det vil være fordelagtigt for samfundet samlet set at gennemføre projektet. En negativ værdi indikerer det modsatte.

I vurderingen af det samfundsøkonomiske resultat er det vigtigt at holde sig for øje, at der inden for miljøøkonomi som oftest er elementer, der ikke inddrages i analysen. I praksis er det således vigtigt at tage en række forhold i betragtning, som ikke fremgår af en simpel vurdering af analysens centrale økonomiske resultat.

Det drejer sig om følgende tre elementer:

- Ikke-værdisatte effekter
- Usikkerhed
- Fordelingsmæssige konsekvenser

Ikke-værdisatte effekter

En samfundsøkonomisk analyse vil sjældent kunne medtage den økonomiske påvirkning af samtlige konsekvenser af et givent tiltag. En række miljøeffekter må nødvendigvis udelades i praksis, enten fordi der ikke findes pålidelige metoder til kvantificering af effektens størrelse, eller fordi der ikke findes brugbar værdisætning (enhedspris) for miljøeffekten. Endvidere udelades effekter, som

på forhånd og med god sikkerhed vurderes at være uden betydning for resultatet, fordi effekten er meget lille og værdisætning af effekten vil være ressourcekrævende eller vanskelig.

Størstedelen af de effekter, som ikke kvantificeres i nærværende samfundsøkonomiske vurdering, er belyst i miljøvurderingen udarbejdet af DTU. Betydningen af de ikke medtagne effekter vil blive diskuteret til slut i rapporten.

Usikkerhed

For en del af de effekter, der medtages i analysen, er både kvantificeringen af effekten og værdisætningen usikker. Følsomhedsanalyser er derfor en meget væsentlig del af den samfundsøkonomiske vurdering, idet de sikrer, at betydningen af sådanne usikkerheder afdækkes.

Følsomhedsanalyserne i nærværende analyse fremgår af afsnit 6.3.

Fordelingsmæssige konsekvenser

Den samfundsøkonomiske vurdering vil aldrig kunne udgøre hele vurderingsgrundlaget, uanset om alle relevante effekter kunne værdisættes. Fordelingsmæssige hensyn spiller også en væsentlig rolle. Det vil sige, hvordan gevinster og omkostninger rammer forskellige befolkningsgrupper eller virksomheder.

Nærværende vurdering belyser ikke eksplicit fordelingsmæssige konsekvenser.

4.2 Tidshorisont

Analysen belyser mulige fremtidige alternativer for affaldsbehandling i Danmark. Det er valgt at tage udgangspunkt i ét fremtidigt beregningsår, nemlig 2020. Det betyder, at affaldsmængder, teknologi mv. så vidt muligt afspejler forholdene i dette år. Desuden er omkostninger, som dækker flere år (investeringsomkostninger), omregnet til en årlig værdi.

Det betyder også, at analysen forholder sig til den mængde affald, som vurderes at kunne behandles med medforbrænding og biologisk behandling i 2020 som alternativ til dedikeret forbrænding. Men analysen indeholder ikke en vurdering af kapacitetsbehovet i den efterfølgende periode som følge af stigende mængder.

Denne afgrænsning er valgt, fordi analysen skal belyse alternative måder at behandle forbrændingseget affald og ikke den specifikke kapacitet over tid.

4.3 Allerede afholdte investeringer

Opgørelsen af de samlede anlægsinvesteringer for en behandlingsform afhænger af, hvordan man opgør værdien af eksisterende kapitalapparat. Der er her to alternativer:

- "Bar mark"-antagelsen, hvor alle dele af produktionsanlægget medregnes til de omkostninger, det koster at producere dem.

- "Alternativomkostnings"-antagelsen, hvor eksisterende dele af anlægget opgøres til den værdi, som det vil have under bedste alternative anvendelse.

Denne analyse omhandler en teknikvalgsproblemstilling. Det vil sige, at det skal afdækkes, hvilken af forskellige metoder til håndtering af forbrændingseget affald, som er mest rentabel for samfundet på langt sigt. I forbindelse med analyser af denne type anbefales det i Miljø- og Energiministeriet, 2000, at man ikke medtager allerede afholdte investeringer ud fra den begrundelse, at man ikke skal være låst af allerede foretagne valg, når man skal beslutte, hvilken teknik der er den bedste.

"Bar mark"-antagelsen benyttes derfor som udgangspunkt i analysen, hvilket betyder, at de fulde investeringer ved de forskellige metoder til behandling af forbrændingseget affald (dvs. dedikeret forbrænding, medforbrænding og KBK) medregnes uanset om de allerede er afholdt eller ej.

Der er dog anvendt en særlig antagelse for de el- og varmeproducerende anlæg, hvis produktion bliver fortrængt eller supplerer i det samlede energiregnskab.

Fortrængte og supplerende energiproducerende værker

Både affaldsforbrænding og KBK fortrænger el- og varme produceret på andre værker. Derfor er diskussionen om bar marks-antagelsen også relevant for de gevinster, der er forbundet med fortrængning af el- og varme fra andre værker.

Som udgangspunkt er det antaget, at reduktionen i det centrale kraftvarmeanlægs produktion ikke giver anledning til sparede kapitalomkostninger. Tilsvarende for det marginal elproducerende anlæg (her kan påvirkningen både være reduceret produktion og forøget produktion). Denne antagelse kan dog diskuteres.

På kort sigt vil den formindskede produktion på kraftvarmeværkerne formentlig ikke medføre sparede investeringer, men på længere sigt kan man sagtens forestille sig, at man f.eks. vil undlade at opføre en ekstra blok, som man ville have opført i fravær af fortrængningen af varmegrundlaget. Investeringer i kraftværker andre steder i Danmark, eller i udlandet kunne også tænkes påvirket af denne problematik.

Den største vanskelighed i bestemmelsen af den sparede investeringsomkostning angår dog det forhold, at hvor kraftvarmeanlæg er relativt fleksible i deres produktion, så skal dedikerede affaldsanlæg køre med så få afbrydelser som muligt. På grund af den manglende fleksibilitet kan elproduktionen fra et nyt affaldsanlæg ikke erstatte elproduktionen fra et kraftvarmeværk i forholdet 1:1, da der stadig vil være brug for fleksibiliteten fra kraftvarmeværket.

Medregner man de sparede investeringsomkostninger vil der altså være tale om et væsentligt overkantsskøn for gevinsten ved affaldsanlægget. Medregner man ikke de sparede investeringsomkostninger, vil der være tale om et underkantsskøn for gevinsten ved affaldsanlægget.

I forhold til denne problemstilling er det valgt, at der som udgangspunkt regnes uden sparede investeringsomkostninger, men med anlæg med relativt dårlige virkningsgrader i forhold til de teknologiske muligheder i dag. Dette afspejler en situation, hvor et eksisterende anlæg forsætter sin drift, men med en formindsket produktion. I en følsomhedsanalyse genberegnes scenarierne med sparede investeringsomkostninger, men hvor virkningsgraderne er højere svarende til de forventede teknologiske muligheder i 2020. En del af besparelsen på investeringerne opvejes herved af den tabte mulighed for en mere effektiv el- og varmeproduktion på kraftvarmeværket.

4.4 Opgørelse per ton affald

Analysen er opbygget, så der tages udgangspunkt i ét ton forbrændingseget affald. Resultaterne er derfor opgjort per ton affald. Denne tilgang er valgt af flere årsager:

- For det første er det nemmere at fortolke dette resultat end de samlede omkostninger i f.eks. mio. kr.
- For det andet er analysen delt op i en række underscenerier (se afsnit 4.5), som er opstillet, fordi der er forskellige lokale forhold i Danmark. Således har affaldsforbrændingsanlæggene forskellige typer varmeopland, og det er forskelligt, om der vil være behov for at bygge nye forbrændingsanlæg, eller om det vil være mulighed for at bygge nye anlæg større til de fremtidige mængder forbrændingseget affald. Derfor vil resultaterne af de enkelte underscenerier ikke være repræsentative for hele Danmark, og dermed vil det samlede resultat som fås ved at opregne til f.eks. mio. kr. ikke give et reelt udtryk for de samlede omkostninger eller gevinster.
- Endelig er per ton-opgørelsen konsistent med miljøvurderingen og det er derfor nemmere at sammenligne resultaterne af de to analyser.

4.5 Scenerier

I den samfundsøkonomiske analyse kvantificeres gevinster og omkostninger ved de to alternative behandlingsformer (medforbrænding og biologisk behandling) i forhold til en referencesituation. Referencesituation og alternativscenerier (hovedscenerier) er beskrevet i det følgende.

Referencesituation³

Forbrændingseget affald behandles på dedikerede forbrændingsanlæg uden forbehandling.

Scenarium 2

Erhvervsaffald og storskrald leveres til sorteringsanlæg, hvor der udsorteres en RDF-fraktion (RDF står for Refused Derived Fuel), der derefter neddeles og

³ Referencescenariet svarer til det, der i Miljøvurderingen betegnes som Scenarium 1. Det er derfor valgt at holde fast i de øvrige scenariers nummerering.

medforbrændes på kulfyrede kraftværker som direkte erstatning for kul. Kraftværkernes produktionsmønster ændres ikke, idet RDF-fraktionen kan lagres ligesom kul.

På sorteringsanlæggene udsorteres desuden en mindre mængde træaffald som genanvendes til spånpladeproduktion. Det resterende affald forbrændes på dedikerede forbrændingsanlæg.

Scenarium 3

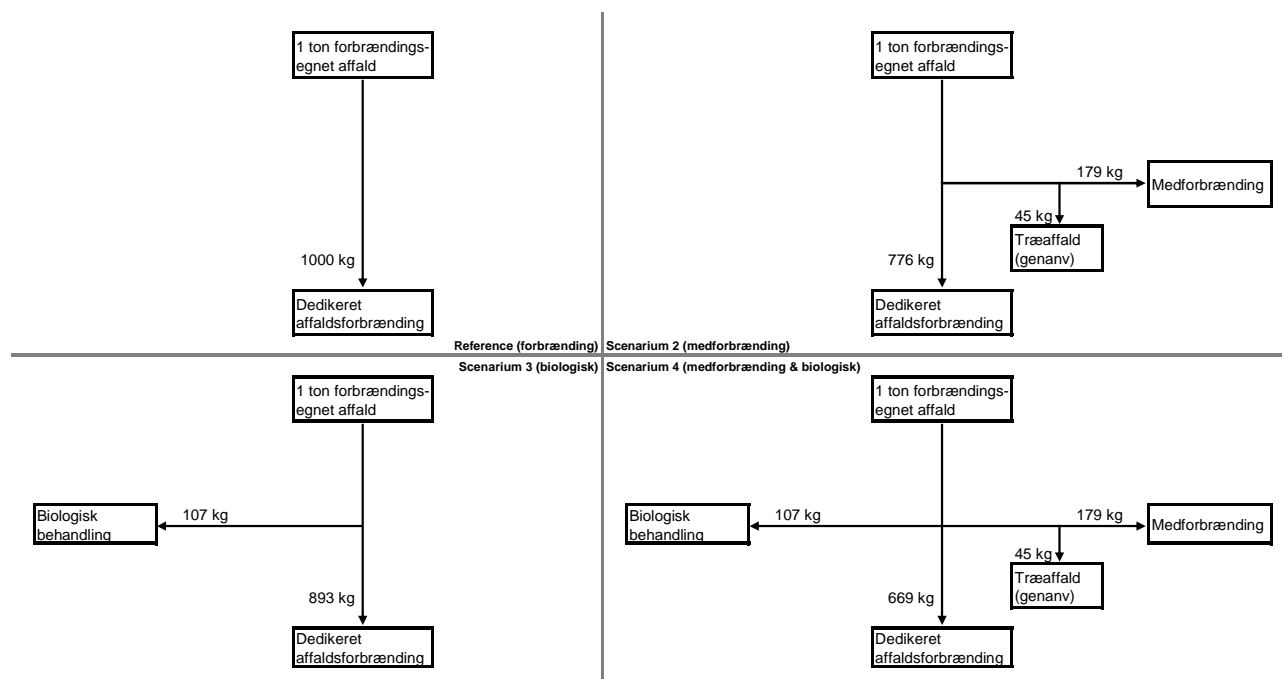
Dagrenovationsandelen af det forbrændingsegnede affald kildesorteres af husholdningerne, så den biologisk nedbrydelige del udnyttes til biogas- og kompostproduktion ved KBK-processen (KBK: Kombineret bioforgasning og kompostering). Det resterende affald forbrændes på dedikerede forbrændingsanlæg.

Scenarium 4

RDF-fraktionen medforbrændes og træaffald genanvendes som i Scenarium 2. Dette kombineres med kildesortering af den biologisk nedbrydelige del af dagrenovationen til KBK-processen som i Scenarium 3. Det resterende affald forbrændes på dedikerede forbrændingsanlæg.

De tilhørende massestrømme er vist i nedenstående figur.

Figur 4.1 Massestrømme i scenarierne



Note: Bemærk, at figuren er ændret i forhold til miljøvurderingen som konsekvens af de voksende mængder i perioden 2012 til 2020.

Underscenarier for investeringsbehov for forbrændingsanlæg

Det vil lokalt være forskelligt, hvilken kapacitet der er til rådighed for dedikeret affaldsforbrænding. I nogle tilfælde vil man kunne bygge et kommende nyt af-

faldsforbrændingsanlæg marginalt større, end man ellers ville have gjort, og på den måde opnå den nødvendige kapacitet. I andre tilfælde vil man skulle etablere en ny ovnlinie for at kunne opnå den nødvendige kapacitet. Sidstnævnte løsning er dyrest.

Begge disse alternativer er realistiske situationer, som afhænger af den konkrete lokale situation. Det er derfor valgt at opstille to parallelle beregninger for investeringerne i dedikerede affaldsforbrændingsanlæg. I det følgende betegnes de to typer underscenerier som følger:

I. Marginal investering i nyt dedikeret affaldsforbrændingsanlæg.

II. Investering i ny ovnlinie.

Det vil med stor sandsynlighed være samfundsøkonomisk mere fordelagtigt at transportere affaldet lidt længere til et forbrændingsanlæg, der skal bygges marginalt større, frem for at etablere en ny ovnlinie lokalt. Det strider dog imod det gældende princip i Danmark, om at der skal være forbrændingskapacitet nok i hver af fem regioner i Danmark⁴. Der er ikke foretaget en vurdering af dette forhold.

Underscenerier for varmeområde

Affaldsforbrændingsanlægget og KBK-anlægget producerer varme, som substituerer varme produceret på andre anlæg. De valgte scenariers indpasning i energisystemet er derfor væsentlige for den samfundsøkonomiske analyses resultater. For hvert scenarium regnes på to geografiske områder med forskellige fjernvarmesystemer:

A. Den producerede varme erstatter varme produceret på et centralt kulfyret kraftvarmeværk (svarende til eksempelvis Århus).

B. Den producerede varme erstatter varme produceret på et decentralt naturgasanlæg (svarende til eksempelvis Viborg/Silkeborg).

Elproduktion substituerer marginal el, der som udgangspunkt antages at være produceret på kul i alle scenarier. I en følsomhedsanalyse belyses konsekvenserne af alternativt at antage, at den marginale el produceres på naturgas.

Oversigt over scenarierne

Samlet set fører disse kombinationer til 16 scenarier (inklusive referencescenariet), som er vist i nedenstående tabel.

⁴ Jf. LOV nr. 572 af 24/06/2005. §50B blev indført i miljøbeskyttelsesloven. Link til bemærkninger <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=89498>.

Tabel 4.1 *Oversigt over scenarier*

Hovedscenarium (1-4)	Antagelse om forbrændingsanlæg (I og II)	Antagelse om varmeopland (A og B)	
		A: Central KV-område	B: Decentralt naturgasområde
1: Reference 2: Medforbrænding 3: KBK 4: Medforbrænding +KBK	I: Marginal investering i nyt forbrændingsanlæg	Reference 1_I_A	Reference_1_I_B
		Scenarium 2_I_A	Scenarium 2_I_B
		Scenarium 3_I_A	Scenarium 3_I_B
		Scenarium 4_I_A	Scenarium 4_I_B
1: Reference 2: Medforbrænding 3: KBK 4: Medforbrænding +KBK	II: Investering i ny ovnlinie på forbrændingsanlæg	Reference 1_II_A	Reference_1_II_B
		Scenarium 2_II_A	Scenarium 2_II_B
		Scenarium 3_II_A	Scenarium 3_II_B
		Scenarium 4_II_A	Scenarium 4_II_B

4.6 Centrale forudsætninger og antagelser

I det følgende redegøres for en række centrale forudsætninger og antagelser anvendt i den samfundsøkonomiske analyse. Tabellen nedenfor summerer disse.

Tabel 4.2 *Centrale forudsætninger*

Parameter	Værdi/forudsætning
Grundlæggende metode	Markedsprismetode baseret på velfærdsøkonomiske principper
Tidshorisont	2020
Diskonteringsfaktor	5%
Nettoafgiftsfaktor	35%
Skatteforvridningsfaktor	20%
Geografisk afgrænsning	Danmark
Prisniveau	2008-priser

Note: Betydningen af at anvende ovenstående værdier er belyst i Bilag 2.

Diskonteringsfaktoren

For at kunne omregne værdier, som falder over tid, til en årlig værdi benyttes en diskonteringsfaktor.

Diskonteringsfaktoren fastsættes af Finansministeriet. Den seneste officielle værdi er 6%, men en opdateret samfundsøkonomisk vejledning fra Finansministeriet er i skrivende stund i høring. I dette udkast foreslås en værdi på 5%. Det er valgt at benytte denne værdi i analysen.

Skatteforvridning og nettoafgiftsfaktor

I overensstemmelse med Finansministeriets anbefalinger medregnes et skatteforvridningstab for alle nettoomkostninger. Skatteforvridningstabet er sat til 20% i overensstemmelse med anbefalingen i Finansministeriets vejledning.

Der regnes i markedspriser i analysen. For at udtrykke produktionsgoders marginale værdiproduktivitet i et prisniveau, der afspejler markedspris og dermed betalingsvilligheden for de resulterende produkter, skal produktionsgodernes købspriser forhøjes med en gennemsnitlig nettoafgiftsfaktor. Nettoafgiftsfaktoren udtrykker det afgiftstryk, der i gennemsnit findes på forbrugsvarer.

Høringsudgaven af Finansministeriets vejledning anbefaler, at der anvendes en nettoafgiftsfaktor på 35%. Denne sats er anvendt i analysen.

Beregningspriser og værdisætning af miljøeffekter

De samfundsøkonomiske konsekvenser fra tidligere led i produktionsprocessen eller fra fortrængt produktion er implicit medregnet i de anvendte enhedspriser på input og produkter for de betragtede processer.

Et særligt aspekt knytter sig til miljøeffekterne fra de tidligere led og fortrængt produktion (op- og nedstrømsprocesser). Kun i det omfang disse er fuldt internaliserede via afgifter på de pågældende markeder, kan de også betragtes som medregnet i de ovennævnte priser.

Sparede miljøeffekter fra fortrængte processer er i denne analyse eksplicit medregnet på basis af data fra miljøvurderingen, der er baseret på en livscyklustilgang.

Det er alene luftemissioner, som kan værdisættes med den nuværende viden. Det er redegjort nærmere for de anvendte priser i afsnit 5.6.

Geografisk afgrænsning

Der anvendes som udgangspunkt en national afgrænsning i den samfundsøkonomiske vurdering i overensstemmelse med anbefalingerne fra Finansministeriet.

Undtagelsen herfra er, at miljøvurderingen medtager emissioner forbundet med brydning og transport af kul, som ligger uden for Danmarks grænser. Det har ikke været muligt inden for projektets rammer at foretage en ny beregning, som fraregner disse emissioner.

Dertil kommer, at miljøvurderingen inkluderer genanvendelse og energiudnyttelse af frasorteret træ, som i miljøvurderingen er antaget at foregå i Sverige. Denne proces kunne imidlertid ligeså godt foregå i Danmark og derfor vurderes det, at emissionerne fra denne proces bør medtages i analysen.

CO₂-kvotesystem/ikke-kvotebelagtsektor

I nogle scenarier overflyttes affald fra dedikerede affaldsanlæg (der ikke er omfattet af EUs CO₂ kvotehandel) til anlæg (f.eks. centrale kraftvarmeværker), som giver anledning til fossile CO₂ emissioner. I disse tilfælde skal den sam-

fundsøkonomiske enhedsomkostning ved udledningerne beregnes som den forventede europæiske kvotepris, frem for omkostningen ved det forventede marginale reduktionstiltag i den danske ikke-kvotebelagte sektor, den såkaldte skyggepris.

En lang række af de nationale tiltag i den ikke-kvotebelagte sektor forventes at have en enhedsreduktionsomkostning, som er højere end kvoteprisen⁵. Imidlertid bliver det lovligt at opfylde over halvdelen af Danmarks nationale forpligtelse ved køb af JI og CDM (kreditter fra lande uden for EU). Endvidere kan EU landene også handle både ikke-kvotebelagte reduktioner og uudnyttede muligheder for kredit-handel indbyrdes. Disse meget betydelige handelsmuligheder sandsynliggør, at den danske skyggepris kommer til at ligge tæt på kvoteprisen.

Energistyrelsen forventer en kvotepris på 30 Euro/ton i 2020, og denne pris er anvendt i beregningerne. Ligeledes er der anvendt en dansk skyggepris på 30 Euro/ton. Der er endvidere foretaget en følsomhedsanalyse på skyggeprisen på plus 50% jf. afsnit 6.3.

4.7 Grænseflade til og forskelle fra miljøvurderingen

Den samfundsøkonomiske vurderings udgangspunkt er tekniske data og forudsætninger fra miljøvurderingen, og analysen bygger så vidt muligt ovenpå denne. Det er dog valgt på en række punkter at afvige fra miljøvurderingens forudsætninger, og derfor er de to analyser ikke fuldstændigt sammenlignelige. Forskellene beskrives i det følgende.

Den samfundsøkonomiske vurdering belyser effekterne i 2020, mens miljøvurderingen belyser effekterne i 2012. Som konsekvens heraf er der forskelle på affaldsmængder og brændværdier i de to vurderinger.

Stigende affaldsmængder kombineret med en fastlagt maksimal grænse for den energimængde fra RDF, som kan tilføres kraftværkerne gør, at det gennemsnitlige ton affald, der resteret til dedikeret forbrænding, er forskelligt i den samfundsøkonomiske analyse og i miljøvurderingen. Samtidig forventes den gennemsnitlige brændværdi af affald at stige, og derfor er det gennemsnitlige ton affald forskelligt i de to analyser. Endvidere er brændværdien af affaldet til medforbrænding ændret på baggrund af faktiske analyser fra NOMI A/S, som producerer dette produkt. En mere detaljeret beskrivelse af antagelser om mængder og brændværdier fremgår af afsnit 5.1.

Der er så vidt muligt taget højde for denne problemstilling ved at DTU har udarbejdet en ny beregning baseret på miljøvurderingen men med ændrede forud-

⁵ I fald Danmark kun kunne imødekomme den ikke-kvotebelagte forpligtelse med nationale tiltag, måtte man forvente at skyggeprisen var væsentligt højere end kvoteprisen. Herved ville det for Danmark isoleret set være en gevinst ved at flytte emissioner fra den ikke-kvotebelagte sektor til den kvotebelagte, f.eks. ved at medforbrænde RDF i kvoteomfattede anlæg.

sætninger. Der er i denne beregning taget højde for den ændrede fordeling mellem mængden af affald tilført kraftværker og tilført forbrændingsanlæg. Endvidere har COWI foretaget estimater af betydningen for CO₂-emissionen per behandlet ton, da brændværdierne er øget for både det samlede ton og for RDF. En mere detaljeret beskrivelse af miljødata til den samfundsøkonomiske analyse fremgår af afsnit 5.6.

I miljøvurderingen blev der regnet på tre typer varmeoplande: Centralt kulfyret kraftvarmeværk, decentralt naturgasfyret kraftvarmeværk og forskellige kraftvarmeværker og brændsler som ses i Københavnsområdet. Det er i den samfundsøkonomiske analyse valgt ikke at regne på den sidste type varmeopland, fordi resultaterne fra miljøvurderingen for dette varmeopland lå mellem de to andre varmeoplande og derfor ikke tilførte ekstra viden.

5 Beregningsmæssige forudsætninger

I dette kapitel gennemgås de specifikke beregningsmæssige forudsætninger, som er lagt til grund for analysen.

Data for de specifikke behandlingsmetoder (forbrænding, medforbrænding og biologisk behandling) samt transport- og indsamlingsomkostninger er indsamlet af affald danmark. Kvalitetssikring af disse data er også udført af affald danmark. Miljødata stammer fra miljøvurderingen, mens de øvrige data til brug for analysen er tilvejebragt af COWI.

5.1 Affaldsmængder og brændværdi

Som nævnt i kapitel 3 er 2020 beregningsår for analysen. Affaldsmængder og sammensætninger, herunder affaldets brændværdi, skal derfor afspejle dette.

Affaldsmængder

Ifølge affald danmark's rapport om udviklingen i mængden af forbrændingseget affald⁶ vil den samlede affaldsmængde til forbrænding i 2020 udgøre 4,05 mio. tons affald. Heraf udgør farligt affald 144.445 tons. Da farligt affald ikke indgår i miljøvurderingen medregnes denne mængde ikke her, og den samlede mængde forbrændingseget affald vil således udgøre 3,9 mio. tons.

Den samfundsøkonomiske analyse tager så vidt muligt udgangspunkt i miljøvurderingen af hensyn til genanvendelse af datagrundlag og forudsætninger, og at resultaterne umiddelbart kan sammenlignes.

I miljøvurderingen er det i Scenarium 2 og 4 forudsat, at der leveres 253 kg af det betragtede ton forbrændingseget affald til medforbrænding og 45 kg træaffald til genanvendelse. Følgegruppen har dog i forbindelse med den samfundsøkonomiske analyse foretaget en nærmere vurdering af behovet for brændsel til medforbrænding og på dette grundlag fastlagt, at der i medforbrændingsscenarierne er kapacitet til at medforbrænde 700.000 tons. Dette affald betegnes RDF og omfatter erhvervsaffald og storskrald. Dette svarer til 17,9%, hvilket er noget lavere end de 25,3%, som i miljøvurderingen er vurderet til at kunne medforbrænde.

⁶ Affald danmark (2008): Vurdering af mængden af forbrændingseget affald i Danmark.

Mængden af affaldstræ er fastholdt på 4,5%, og tilsvarende er mængden af affald til kombineret bioforgasning og kompostering fastholdt på 10,7%. Fordelingen af affaldsmængderne i procent og antal ton ses i nedenstående tabel.

Tabel 5.1 Forudsat fordeling af affaldsmængder

	RDF	Træaffald	Bioaffald	Restaffald
Miljøvurderingen (%)				
Scenarium 1 (reference)	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
Scenarium 2	25,3%	4,5%	0,0%	70,2%
Scenarium 3	0,0%	0,0%	10,7%	89,3%
Scenarium 4	25,3%	4,5%	10,7%	59,5%
Den samfundsøkonomiske vurdering (%)				
Scenarium 1 (reference)	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
Scenarium 2	17,9%	4,5%	0,0%	77,6%
Scenarium 3	0,0%	0,0%	10,7%	89,3%
Scenarium 4	17,9%	4,5%	10,7%	66,9%
Den samfundsøkonomiske vurdering (tons)				
Scenarium 1 (reference)	0	0	0	3.902.776
Scenarium 2	700.000	175.625	0	3.027.151
Scenarium 3	0	0	417.597	3.485.179
Scenarium 4	700.000	75.625	17.597	2.609.554

Kilde: Miljøvurderingen og egne beregninger.

Brændværdier

I affald danmark's rapport om udviklingen i mængden af forbrændingseget affald⁷ anføres nedenstående om udviklingen i affaldets brændværdi:

"Der har gennem de sidste årtier været jævnt stigende brændværdi for den forbrændingsegnete affaldsfraktion. Denne stigning i brændværdien betyder, at den faktiske kapacitet udtrykt i tons affald per time på ældre anlæg falder, idet den termiske belastning er stigende per tons affald. Derfor bliver nye forbrændingslinjer i øjeblikket typisk udlagt for en brændværdi på 11-12,5 MJ/kg, hvor anlæggene der blev bygget for ca. 20 år siden blev udlagt med en brændværdi på ca. 8-9 MJ/kg."

"Der forventes fortsat en svag stigning i brændværdien fra den nuværende værdi på 10,5-11,5 MJ/kg, dog således at stigningen forventes at være aftagende og ikke at overstige 13 MJ/kg, medmindre der indføres væsentlige nye initiativer, som vil kunne påvirke affaldets sammensætning. En eventuel udsortering af fraktioner med høj brændværdi til medforbrænding vil påvirke brændværdien i nedadgående retning. Trods en eventuel udsortering til medforbrænding i det her anførte omfang, vil udsorteringen dog ikke kunne neutralisere den for-

⁷ Affald danmark (2008): Vurdering af mængden af forbrændingseget affald i Danmark.

ventede stigning i brændværdien, som således må forventes at stige svagt under alle omstændigheder. Tilsvarende vil en udsortering af organisk affald påvirke brændværdien i opadgående retning."

Antages det, at brændværdien er steget til det ovenfor anførte maksimum i 2030, som er rapportens sidste beregningsår, vil den med en lineær udvikling fra 2005 (som er det år miljøvurderingen tager udgangspunkt i, og hvor brændværdien for forbrændingseget affald er sat til 10,8 GJ/ton) være 12,1 GJ/ton i 2020. Dette er formentligt i overkanten, da man må forvente, at både ønsket om at reducere PVC-mængden og CO₂ relaterede tiltag vil begrænse mængden af plast i affaldet.

Affald danmark har foretaget en rundspørge til en række forbrændingsanlæg i Danmark for at forhøre sig om deres forventninger til stigningen i brændværdi samt deres holdning til, hvor lave brændværdier anlæggene kunne operere ved uden behov for væsentlige ombygninger og/eller støttebrændsel.

Resultatet af denne undersøgelse med hensyn til den forventelige fremtidige brændværdi er en anbefaling om at anvende en brændværdi for det forbrændingsegnede affald på 11,3 GJ/ton i 2020.

Derudover har det været diskuteret, om brændværdien for det affald, der anvendes til medforbrænding, i miljøvurderingen er fastsat for lavt i forhold til faktiske målinger på denne type affald. På baggrund af analyseresultater af brændværdier for det resulterende produkt på NOMI A/S' anlæg er det besluttet at fastsætte brændværdien på affald til medforbrænding til 20,4 GJ/ton (tør vægt) svarende til 17,3 GJ/ton (våd vægt). Brændværdierne for henholdsvis træaffald og bioaffald er fastholdt på de samme værdier som i miljøvurderingen, nemlig henholdsvis 16,2 og 4,3 GJ/ton.

Nedenfor vises forudsætningerne for brændværdiberegningerne.

Tabel 5.2 Forudsatte brændværdier (våd vægt), GJ/ton

	Miljøvurderingen	Den samfundsøkonomiske vurdering
Forbrændingseget affald, gns.	10,8	11,3
RDF	16,5	17,3
Træaffald	16,2	16,2
Bioaffald	4,3	4,3

De forudsatte brændværdier giver anledning til følgende brændværdier for det restaffald, som skal forbrændes på dedikerede forbrændingsanlæg.

Tabel 5.3 Resulterende brændværdier for restaffaldet, GJ/ton

	Scenarium 1	Scenarium 2	Scenarium 3	Scenarium 4
Miljøvurderingen	10,8	8,4	11,6	9,1
Den samfundsøkonomiske vurdering	11,3	9,6	12,1	10,5

Det ses af Tabel 4.3, at de ændrede forudsætninger vil give en minimums-brændværdi på 9,6 GJ/ton, hvilket er over de 9-9,5 GJ/ton, som de fleste anlæg i affalds danmark's rundspørge har angivet som den mindste brændværdi, de kan operere ved.

5.2 Investeringsbehov i dedikeret forbrænding

Selv uden medforbrænding og biologisk behandling som alternativer til dedikeret forbrænding er det vanskeligt at udtale sig om investeringsbehovet i ny dedikeret forbrændingskapacitet i 2020. Det skyldes, at det kræver en samlet oversigt over, hvornår eksisterende anlæg nedlægges eller har behov for reinvestering.

I nærværende analyse er det derfor forsimplet antaget at der i Scenarium 4 (kombinationsscenarioet med medforbrænding, genanvendelse af træ og bioforgasning) ikke skal investeres i yderligere dedikerede forbrændingsanlæg. Hermed ses kun på et investeringsbehov i ny dedikeret forbrændingskapacitet som modsvarer kapaciteten for de øvrige undersøgte behandlingsformer⁸ (se Tabel 5.1).

På baggrund af samtaler med eksperter på forskellige forbrændingsanlæg er det anslået at de eksisterende forbrændingsanlæg vil være begrænsede af anlæggenes energimæssige dimensionering (i modsætning til vægtmæssige dimensionering). Dvs. givet de brændværdier, som anlæggenes er udlagt til og det forbrændingsegne affalds brændværdi, er det anlæggenes mulighed for at omsætte varmen til fjernvarme og el, der sætter den øvre grænse for, hvor mange tons affald der kan behandles.

Udsortering af de forskellige fraktioner (RDF, træ til genanvendelse eller bioaffald) påvirker brændværdien for restaffaldet betydeligt som vist i ovenstående tabel. I kombination med de eksisterende anlægges energimæssige begrænsning, medfører dette at behandlingsmuligheden målt i tons for den eksisterende kapacitet varierer i de fire scenarier. F.eks. medfører udsortering af RDF og træ til genanvendelse i medforbrændingsscenariet (Scenarium 2) et fald i brændværdien på ca. 1,7 GJ/ton i forhold til referencescenariet. Dette svarer til en øget behandlingsmulighed på 420.000 tons restaffald med den lavere brændværdi på 9,6 GJ/ton. Modsat medfører udsortering af bioaffald, at brændværdien for rest-

⁸ I fald der var et behov for yderligere dedikeret kapacitet, ville dette være ens i alle fire scenarier, og dermed ikke påvirke forholdet mellem omkostningerne i de forskellige scenarier.

affaldet stiger med 0,8 GJ/ton. Hermed falder behandlingsmuligheden med 170.000 tons.

Disse ændringer betinger behovet for investeringer i ny dedikeret forbrændingskapacitet i de forskellige scenarier. I nedenstående tabel er fordelingen af affald til forbrændingsanlæg på hhv. eksisterende og ny dedikeret kapacitet i de fire hovedscenarier opregnet. Tabellen viser, hvor stor forskel der er i kapacitetsbehovet for nye anlæg i de forskellige scenarier.

Tabel 5.4 Fordeling af affaldsmængder på eksisterende og nye forbrændingsanlæg (investeringsbehov i ny dedikeret kapacitet til restaffald)

	Brændværdi GJ/ton	Eksisterende anlæg		Nye anlæg		I alt
		PJ	Mio. ton	PJ	Mio. ton	Mio. ton
Scenarium 1 (reference)	11,3	27,4	2,4	16,8	1,5	3,9
Scenarium 2	9,6	27,4	2,8	1,8	0,2	3,0
Scenarium 3	12,1	27,4	2,3	15,0	1,2	3,5
Scenarium 4	10,5	27,4	2,6	0,0	0	2,6

Kilde: Egne beregninger.

Disse beregninger hviler som nævnt på forudsætningen om, at energimængden er den begrænsende faktor, hvilket igen til dels betinges af forudsætningen om stigende brændværdier for gennemsnitsaffaldet. Dette betyder, at det umiddelbart er problematisk at udsortere fraktioner med lav brændværdi, da det ikke i samme grad som udsortering af højværdige fraktioner letter presset på investeringsbehovet.

I en situation hvor vægtmængderne var den begrænsende faktor, ville det forholde sig omvendt. Her ville udsortering af bioaffald (stor vægt per energiindhold) bidrage yderligere til at nedsætte investeringsbehovet relativt til en udsortering af højværdigt affald som træ og plastic. Denne situation er belyst i en følsomhedsanalyse (se afsnit 6.3).

5.3 Behandlingsmetoder

Der ses i det følgende på de tre behandlingsformer, som understøtter hhv. referencesituationen og de tre scenarier som beskrevet i afsnit 4.5:

- Forbrænding (på hhv. ny ovnlinje og marginalomkostningerne ved udvidelse af forbrændingskapaciteten på større ovne)
- Medforbrænding.
- Kombineret bioforgasning og kompostering (også betegnet KBK).

For de tre behandlingsformer beregnes investeringsomkostninger samt faste og variable driftsomkostninger på baggrund af data indsamlet og kvalitetssikret af affald danmark. Herunder gennemgås inputdata samt de bagvedliggende forudsætninger.

Transport- og indsamlingsomkostninger beskrives i afsnit 5.4.

Indtægter fra salg af el og varme er ikke medregnet i de samfundsøkonomiske beregninger. Til gengæld medregnes besparelser og omkostninger forbundet med ændringer i alternativ produktion af el og varme på almindelige el- og kraftvarmeværker. Indtægter fra affaldsproducenter og diverse specifikke affaldsrelaterede afgifter indgår ligeledes ikke i de samfundsøkonomiske beregninger.

Forbrænding

Dedikeret forbrænding fungerer som referencescenarium i denne analyse samt som supplerende behandlingsform i de øvrige scenarier. Affaldsforbrænding er den primære affaldsbehandlingsmetode i Danmark i dag, idet stort set alt affald, der ikke genanvendes, skal forbrændes.

Forbrændingseget affald behandles på dedikerede forbrændingsanlæg uden forbehandling. Omkostningerne ved forbrænding varierer i praksis fra anlæg til anlæg, men i beregningerne er der forudsat nedenstående repræsentative anlæg.

Omkostningerne til forbrænding beregnes som beskrevet i afsnit 4.3 for ny kapacitet. Der kan her være tale om nybygning af hele anlæg såvel som nye ovnlinjer på eksisterende anlæg. Det er af to årsager forudsat, at der i 2020 i alle tilfælde skal foretages investeringer i ny kapacitet. For det første er en del eksisterende anlæg udtjente og skal genetableres, og for det andet forventes betydeligt mere forbrændingseget affald i 2020 end i dag. Udbygningen af kapaciteten kan ske på to måder:

- I. Flere ovne: Ud over de genetablerede ovnlinjer (som hver forudsættes at have samme kapacitet som i dag) bygges flere nye ovnlinjer.
- II. Større ovne: Genetableringen foretages sådan at ovnlinjerne bliver større. Herved kan kapaciteten øges væsentligt, men pga. stordriftsfordele bliver omkostninger lavere, end når der bygges flere ovne.

Det er her væsentligt at notere sig, at det på nogle anlæg er praktisk umuligt (f.eks. af pladshensyn) at bygge større ovne, mens det vil være en oplagt mulighed på andre anlæg. De to muligheder skal derfor betragtes som sidestillede, og giver som sådan et spænd for omkostningerne ved etablering af ny dedikeret forbrændingskapacitet. De to tilfælde har derfor fået hver deres underscenario.

I begge tilfælde forudsættes anlæggenes levetid at være 20 år. For underscenarioet med flere ovne betragtes ovne med en kapacitet på 200.000 ton per år, mens underscenarioet for større ovne baseres på forskellen mellem en ovn på 200.000 ton/år og 280.000 ton/år, altså en udvidelse af ovne på 80.000 ton/ovn/år.

Tabellen nedenfor præsenterer de samlede forudsætninger og de deraf følgende omkostninger per ton gennemsnitligt affald.

Tabel 5.5 Forudsætninger og omkostninger for dedikeret forbrænding

Beskrivelse	Enhed	Flere ovne	Større ovne
Total levetid, anlæg	År	20	20
Kapacitet	Ton gns. affald/år	200.000	80.000
Kapacitet	Ton gns. affald/time	25	10
Dimensioneret brændværdi	GJ/ton gns. affald	12,0	12,0
Virkningsgrad, varme	GJ varme / GJ affald	73%	73%
Virkningsgrad, el	GJ el / GJ affald	23%	23%
Investering	Mio. kr./anlæg	1.251	149
Investering	Kr/årston gns. affald	6.253	1.869
Totale variable driftsomkostninger (fuld kapacitetsudnyttelse)	Mio. kr/år	23	9
Totale faste driftsomkostninger	Mio. kr/år	32	10
Omkostninger per ton gennemsnitligt affald ved fuld kapacitetsudnyttelse			
Investeringsomkostninger	Kr/ton gns. affald	502	150
Faste driftsomkostninger	Kr/ton gns. affald	158	125
Variable driftsomkostninger	Kr/ton gns. affald	116	116
I alt	Kr/ton gns. Affald	776	391

Kilde: Vestforbrænding.

Note: Større ovne er forskellen mellem at bygge et anlæg med kapacitet på 200.000 tons og et på 280.000 tons. Data for begge anlæg er baseret på tilbud Vestforbrænding har indhentet.

Investeringsomkostningerne per ton er væsentlig højere for etablering af en ny ovnlinje end omkostningerne ved udvidelse til større ovne, idet en udvidelse trækker på en stor del af det eksisterende anlægs faciliteter. Således er investeringsomkostningerne 502 kr./ ton for en ny ovnlinje og 150 kr./ton for udvidelse til større ovne. Tilsvarende er driftsomkostningerne lidt lavere per ton ved drift på større ovne end en ny ovnlinje.

For nye anlæg opgøres variable og faste omkostninger samt investeringsomkostninger i kroner per ton, dvs. at anlægget kan dimensioneres til forskellige brændværdier uden væsentlige ændringer i totalomkostningerne. I omregningen af investeringsomkostning til kroner per GJ afskrives investeringen over anlæggets levetid til den samfundsøkonomiske kalkulationsrente på 5% jf. afsnit 0.

For gamle anlæg medregnes investeringsomkostninger ikke, mens de faste omkostninger er de samme for alle scenarier. De variable omkostninger opgøres i kroner per ton, da disse bunder i elforbrug til håndtering af affald og slagter, samt indkøb af vand, kalk og hjælpestoffer. Ændringer i behandlingskapacite-

ten som følge af ændringer i brændværdien vil altså medføre øgede totale variable omkostninger (ud fra den samme variable enhedsomkostning).

For forbrændingsanlæg i det decentrale område vil man udover investeringen i selve anlægget være nødt til at investere i en transmissionsledning for at kunne afsætte hele varmen. Transmissionsledningen er vurderet nødvendig for at sammenkoble to varmeområder og på den måde at sikre varmeafsætningen. De anvendte forudsætninger for dette er vist i nedenstående tabel.

Tabel 5.6 Forudsætninger og omkostninger for transmissionsledning i det decentrale område

Beskrivelse	Enhed	Værdi
Ledningsstrækning	Meter	30.000
Ledningspris	Kr/m	7.000
Levetid	År	30
Kapacitet	MW	26,0
Driftstimer	Timer/år	8.000
Anlægsudgift	Kr	210.000.000
Energi transmitteret	GJ/år	2.260.000
Årlig afskrivning	Kr/år	13.660.801
Investeringsomkostninger for transmission	Kr/GJ ind	6,0
Omkostninger per ton gennemsnitligt affald ved fuld kapacitetsudnyttelse		
Investeringsomkostninger for transmission	Kr/ton gns. affald	68

Kilde: Vestforbrænding.

Som det fremgår af tabellen er investeringsomkostningerne til transmissionsledningen beregnet til 68 kr. per ton gennemsnitligt affald.

I stedet for at bygge en transmissionsledning kunne man bygge et mindre forbrændingsanlæg med en tilsvarende lavere varmeproduktion, som ville fjerne behovet for et større opland. Dette ville ligeledes øge enhedsomkostningen per ton pga. storskalafordele. Beregninger foretaget i anden sammenhæng viser, at forøgelsen i omkostningen ville være omkring 100 kr/ton affald, hvis man eksempelvis etablerede et 100.000 tons forbrændingsanlæg. Denne ekstraomkostning er dermed på niveau med de beregnede ekstraomkostninger til transmissionsledningen. Det indikerer, at resultaterne ved at inkludere et mindre forbrændingsanlæg, ville være omtrent de samme som den valgte tilgang.

Ved fortrængning af decentrale gasturbiner mister man disse anlægs elproduktionskapacitet, der er betinget af mulighed for afsætning af overskudsvarmen. Da gasturbiner har højere elvirkningsgrad end dedikerede forbrændingsanlæg, bliver den samlede til rådighed stående effekt i det danske elsystem mindre. Ønsker man at bibeholde samme effekt, kan man udstyre de fortrængte gasturbiner med bortkølingsanlæg svarende til den mindre elkapacitet fra de dedike-

rede forbrændingsanlæg. Denne omkostning er indregnet som omkostningerne i scenarierne, hvor der fortrænges decentral kraftvarme.

Tabel 5.7 Forudsætninger og omkostninger for køleranlæg på forbrændingsanlæg i det decentrale område

Beskrivelse	Enhed	Værdi
Enhedsanlægsudgift til køler	Kr/MW varme	400.000
Levetid for køler	År	20
DKV andel af varme	%	70%
Anlægsudgift til køler	DKK	9.248.684
Afskrivning af køler	DKK/år	742.138
Investeringsomkostning for køler	DKK/GJ ind	0,33
Omkostninger per ton gennemsnitligt affald ved fuld kapacitetsudnyttelse		
Investeringsomkostning for køler	DKK/ton gns. affald	3,7

Som det fremgår, er omkostningen til køleranlægget ca. 4 kr/ton gennemsnitlig affald.

Medforbrænding

Denne proces omfatter medforbrænding af erhvervsaffald og storskrald. Affaldet leveres til eksisterende sorteringsanlæg, som er spredt over hele landet. Herefter udsorteres en fraktion af affaldet, RDF (Refuse Derived Fuel, som typisk består af findelte rester af træ, papir, plast og pap). Desuden udsorteres en mindre mængde træaffald (jf. Figur 4.1), der genanvendes i spånpladeproduktion. Det øvrige affald forbrændes på et dedikeret forbrændingsanlæg. Omkostningerne forbundet med behandling af RDF består således af følgende elementer:

- Modtagelse af blandet affald samt udsortering og neddeling af RDF-egnede fraktioner.
- Lager til og indblæsning af RDF i kedel.
- Mindre tekniske ændringer på kulkraftværkerne.

Omformningen af de egnede fraktioner til RDF sker ved flere omgange af ned- og findeling, sortering og mellemlagring af affaldet. Neddelingsmaskinerne bliver hurtigere slidt end resten af processens komponenter. Førstnævnte er derfor antaget at have en økonomisk levetid på 10 år, mens resten er antaget at have en økonomisk levetid på 20 år.

På kraftværkerne skal endvidere foretages modifikationer af indblæsningssystemerne til afbrænding af det findelte RDF (10 mm). Afbrændingen af RDF giver også anledning til ekstra håndteringsomkostninger af restprodukter (gips, bund- og flyveaske) på 30 kr./ton RDF. Det første år af værkets drift med RDF bruges 15 mio. kr. (indregnet i investeringsomkostninger) på godkendelse af flyveaske og ekstra håndtering. I øvrigt kører kulkraftværket i normal drift.

Kulkræfterkernes øvrige investerings-, faste og variable omkostninger antages at være upåvirkede af medforbrændingen dog spares omkostninger til kul. Denne besparelse indregnes i resultatafsnittet men indgår ikke i dette afsnit.

De omkostninger der medregnes til medforbrænding er således de ekstra udgifter til neddeling, oplagring og indblæsning af RDF i kraftværkets kedler.

Produktion af RDF omfatter også en frasortering af træ til genanvendelse ved spånpladeproduktion. Genanvendelsen omfatter en finsortering af træet, transport til spånpladefabrikken og afsætning dertil. Der er – på basis af data fra 2 aktører på markedet – skønnet en omkostning pr. ton træaffald til finsortering, transport og afsætning til spånpladeproduktion. Data er fortrolige og leveret som sådan til COWI, og de fremgår derfor ikke af rapporten.

Tabellen nedenfor præsenterer de samlede forudsætninger og de deraf følgende omkostninger per ton RDF.

Table 5.8 Forudsætninger og omkostninger til tilvirkning og afbrænding af RDF

Beskrivelse	Enhed	Værdi
Total levetid, anlæg	År	20
Total levetid, findeler	År	10
Kapacitet *	Ton RDF/år	80.000
Total investering	Mio kr/anlæg	256
Investering (levetid 20 år)	Kr/årston RDF	2.950
Virkningsgrad, varme **	GJ varme / GJ brændsel	44,7%
Virkningsgrad, el **	GJ el / GJ brændsel	48,3%
Investering, findeler (levetid 10 år)	Kr/årston RDF	250
Totale faste omkostninger	Kr/år	0
Totale variable driftsomkostninger (fuld kapacitetsudnyttelse)	Kr/år	32,8***
Omkostninger per ton RDF ved fuld kapacitetsudnyttelse		
Investeringsomkostninger	Kr/ton RDF	269
Faste driftsomkostninger	Kr/ton RDF	0
Variable driftsomkostninger	Kr/ton RDF	410**
I alt	Kr/ton RDF	679

Kilde: DONG og Nomi.

* Anlægget behandler i alt 160.000 tons affald, hvoraf ca. halvdelen benyttes til medforbrænding.

** Bemærk at disse tal ikke påvirker resultaterne, da RDF fortrænger kul 1:1 målt på GJ.

*** Inklusiv håndtering af restprodukter fra kraftværket, som er opgjort til at koste 30 kr/ton RDF, og inklusiv elforbrug på ca. 114 kWh/ton RDF.

Som det fremgår, er de samlede omkostninger beregnet til 679 kr./ton RDF.

Kombineret bioforgasning og kompostering (KBK)

Ved denne proces kildesorteres dagrenovation og den biologisk nedbrydelige del udnyttes ved KBK-processen til biogas- og kompostproduktion. Det resterende affald forbrændes på dedikerede forbrændingsanlæg. De indregnede omkostninger dækker ud over investerings-, drifts og vedligeholdelseskostninger til KBK anlæg indtægter ved salg af kompost. KBK-metodens fortrængning af energi gennemgås først i resultatafsnittet.

Prisen på komposten der produceres som led i KBK-processen – eller rettere den pris, der spares på en tilsvarende mængde kunstgødning – forudsættes at være 40 kr./ton kompost. KBK anlæg opererer med såkaldte "reject" affaldsmængder – dvs. affald som ikke kan behandles i anlægget, men skal forbrændes i dedikerede forbrændingsanlæg. Da KBK anlæggene er lokaliseret sammen med dedikerede forbrændingsanlæg antages, at reject ikke medfører andre omkostninger, end de som er forbundet med dedikeret forbrænding.

Omkostningerne ved ekstra indsamling og transport er beskrevet i afsnit 5.4.

Tabel 5.9 Forudsætninger for kombineret bioforgasning og kompostering

Beskrivelse	Enhed	Værdi
Total levetid, anlæg	År	20
Kapacitet	Ton bioaffald/år	35,000
Virkningsgrad, varme	GJ varme / GJ affald	29,6%
Virkningsgrad, el	GJ el / GJ affald	23,2%
Investering	Mio. kr./anlæg	65
Investering	Kr./årston bioaffald	1,857
Totale faste driftsomkostninger	Mio. kr./år	2
Kompostmængde	Kg/ton bioaffald	279
Kompostpris	Kr./ton kompost	40
Omkostninger per ton bioaffald ved fuld kapacitetsudnyttelse		
Investeringsomkostninger	Kr./ton bioaffald	149
Faste driftsomkostninger	Kr./ton bioaffald	57
Variable omk.	Kr./ton bioaffald	220
Indtægt fra kompost	Kr./ton bioaffald	11
I alt, nettoomkostninger	Kr./ton bioaffald	415

Kilde: Økonomidata notat fra Aikan

Som det fremgår, er de samlede omkostninger beregnet til 415 kr./ton bioaffald. Dette tal er eksklusiv den rest der leveres til forbrænding.

5.4 Indsamling og transport

Udgangspunktet for nærværende analyse er en referencesituation hvor alt affald behandles på dedikerede forbrændingsanlæg. Derfor falder det naturligt at af-

grænse de beregnede omkostninger sådan, at almindelig indsamling ikke indgår. Derimod medregnes ændring i omkostninger forbundet med de øvrige scenarier. Ændringen i omkostningerne kan skyldes:

- Forøgede omkostninger til indsamling.
- Transport af mellemprodukter.
- Øgede transportafstande.

I de tilfælde hvor scenarierne giver anledning til ændret transportarbejde, beregnes eksternalitetsomkostningerne heraf. I alle scenarier antages tom returkørsel at være indregnet i de opgjorte transportomkostninger.

Dedikeret forbrænding

Da dedikeret forbrænding udgør referencesituationen, omfatter analysen ikke transportomkostninger ved dedikeret forbrænding. Alle øvrige transportomkostninger bliver således regnet som forskel til referencen.

Medforbrænding

Det er forudsat, at sortering, neddeling og findeling sker på eksisterende sorteringsanlæg, og at udnyttelsen af RDF sker på 5 anlæg fordelt rundt på landets kulkraftværker. Det vil sige, at affaldet transporteres over længere afstande, fordi det skal håndteres på færre anlæg. Den ekstra transport er skønnet til 55 tonkm for hvert ton RDF. Vurderingen af den ekstra transportafstand stammer fra miljøvurderingen. Den ekstra transportafstand er inklusiv ekstra kørsel med frasorterede materialer, som ikke kan anvendes til RDF produktion.

Kørslen med disse materialer forudsættes at ske med såkaldte "sliding floor" sættevogne, der har en kapacitet på 20 tons nyttelast. Sammen med affald danmark og styregruppen er skønnet en kilometerpris for denne køretøjstype, som fremgår af nedenstående tabel.

Tabel 5.10 Meromkostninger for transport af RDF

	Enhed	Pris
Kilometerpris	Kr./vogn-kilometer	30
Kilometerpris	Kr./ton-kilometer	1,5
Samlet mertransportomkostning	Kr./ton RDF	82,5

Kilde: affald danmark.

Kombineret bioforgasning og kompostering

Der forudsættes todelt indsamling over hele landet med en indsamlingseffektivitet på 50%, som forudsat i Vestforbrændings miljøvurdering. Der forudsættes 10 bioforgasningsanlæg, hvorfor der vil være en lidt længere transport til behandling end for forbrænding, hvor der er ca. 30 anlæg i dag. Der er derfor forudsat en ekstratransport på 25 km i komprimatorvogn til biogasanlæg i forhold til forbrænding. Transporten med komprimatorvogn vurderes at koste 19,2 kr./vognkm med en nyttelast på 6,5 tons.

Todelt indsamling forudsættes at ske som 14 dages indsamling – hver anden uge bioaffald og hver anden uge restaffald. Det medfører en meget begrænset omkostningsforøgelse på 5% i forhold til normal ugentlig indsamling af dagrenovation. Omkostninger til dagrenovationsindsamling er baseret på Vestforbrændings økonomiske vurdering af todelte indsamling som er 872 kr./ton ved almindelig ugentlig indsamling af dagrenovation og 898 kr./ton ved den todelte indsamling. Det vil sige en meromkostning på 26 kr./ton til indsamling.

Samlet giver det nedenstående meromkostninger til indsamling og transport for bioforgasning.

Tabel 5.11 Meromkostninger til indsamling og transport for bioaffald

	Enhed	Pris
Transportomkostning	Kr./vogn-kilometer	19,2
Transportomkostning	Kr./ton-kilometer	4
Omkostninger per ton bioaffald		
Mertransportomkostning	Kr./ton bioaffald	80
Merindsamlingsomkostning	Kr./ton bioaffald	26
Samlede meromkostninger	Kr./ton bioaffald	106

Kilde: Affald danmark og Vestforbrænding.

Eksternaliteter fra transport

Transport har negative afledte konsekvenser i form af bl.a. miljøpåvirkning kaldet eksternaliteter. Eksternaliteterne omfatter samfundsøkonomiske omkostninger ved luftforurening (SO₂, NO_x, HC, CO og partikler), klima, støj, uheld, trængsel, og slid på infrastruktur. Eksternalitetsomkostningerne opgøres af Transportministeriet i de Transportøkonomiske Enhedspriser (DTU Transport, 2008).

Eksternaliteterne opregnes under en lang række forskellige forhold, særligt om transporten foregår i by eller på land, under trængsel eller i fri trafik mv. Den ekstra transport, som er relevant for denne analyse vil typisk foregå på lande- eller motorvej. De specifikke valg mellem de forskellige eksternalitetsomkostninger er betinget heraf.

Tabel 5.12 Sammensætning og baggrund for eksternalitetsomkostninger ved ekstra transport (2008 prisniveau)

	Skøn	Værdi (kr./vognkm)
Luftforurening	Land, middel	0,20
Klima	Middel	0,11
Støj	Land, middel	0,10
Uheld	Motorveje, middel	0,36
Trængsel	Land, mindre belastet	0,00
Infrastruktur	Motorveje, middel	0,47
I alt		1,23

Kilde: DTU (2008): Transportøkonomiske Enhedspriser, februar 2008.

De angivne eksterne omkostninger er anvendt for både merindsamling og mertransport i analysen.

5.5 Energisubstitution

Som det fremgår af afsnit 4.5 vurderes to muligheder for substitution af varme, idet der ses på områder varmforsynet af (bl.a.) kulfyrede centrale kraftvarmeværker og områder forsynet af decentrale naturgasfyrede kraftvarmeværker og spidslastkedel-regioner.

Da elvirkningsgraden på et kraftvarmeanlæg typisk er større end på et dedikeret affaldsanlæg, vil substitution af kraftvarmeanlæggets varmeproduktion oftest medføre, at et dansk eller udenlandsk kraftværk skal producere mere strøm givet uændret efterspørgsel. Som i Miljøvurderingen er der taget udgangspunkt i, at den manglende strøm produceres af et dansk kraftværk.

Da det danske elmarked er integreret i det nordiske elsystem, er denne antagelse kun en tilnærmelse. I realiteten vil den manglende strøm blive erstattet af et miks af kul- og gasbaseret el, vand-, vind-, og a-kraft fra Danmark og vores nabolande. Den nøjagtige sammensætning af dette miks vil på langt sigt afhænge af den fremtidige sammensætning af kapaciteten i det nordiske elsystem, samt udviklingen i energipriserne på både kort og langt sigt.

Medforbrænding

Ved medforbrænding af RDF substitueres kun kul i energiforholdet 1:1. Det vil sige, at de kraftværker som benytter sig af RDF vil producere nøjagtigt samme mængde el og varme, som hvis de kun benyttede sig af kul. Der er derfor ikke yderligere substitutionseffekter til andre el- og varmeproducerende anlæg.

De centrale områder

I de centrale områder er det som i Miljøvurderingen antaget, at den ekstra varmeproduktion fra det/de nye affaldsanlæg (dedikerede forbrændingsanlæg og KBK anlæg) fortrænger varme fra et kulfyret centralt kraftvarmeværk af udtagstypen.

Udtagsanlæg kan løbende ændre på forholdet mellem produceret el og varme. Som i Miljøvurderingen er det antaget, at det centrale kraftvarmeanlæg ændrer på forholdet mellem el og varme, så det producerer lige netop den mængde varme mindre, som det/de nye affaldsanlæg producerer mere. Udtagsanlægget ændrer forholdet mellem el- og varmeproduktion sådan, at det producerer lige nøjagtigt den samme mængde strøm som før idriftsættelsen af det/de nye affaldsanlæg.

Denne antagelse er forenkende, da særligt markedsforholdene dikterer sammensætningen af el- og varmeproduktionen på udtagsanlæg. Med relativt høje elpriser kan det være økonomisk fordelagtigt for udtagsanlægget kun at producere el, mens mere normale elpriser ofte gør det mest fordelagtigt med samproduktion af el og varme. Hvis udtagsanlægget mister dele af sit varmegrundlag, er grundlaget for elproduktionen også spinklere. Hvilken type anlæg der i stedet ville overtage den mistede elproduktion, kan man dog ikke anføre nogen generel regel for.

Som nævnt i afsnit 4.3 er det som udgangspunkt antaget, at reduktionen i det centrale kraftvarmeanlægs produktion ikke giver anledning til sparede kapitalomkostninger. Der er dog taget udgangspunkt i udtagsanlæg med relativt dårlige virkningsgrader i forhold til de teknologiske muligheder i dag. Dette afspejler en situation, hvor et eksisterende udtagsanlæg forsætter sin drift, men med en formindsket produktion. I en følsomhedsanalyse genberegnes scenarierne med sparede investeringsomkostninger, men hvor virkningsgraderne er højere svarende til de forventede teknologiske muligheder i 2020. En del af besparelsen på investeringerne opvejes herved af den tabte mulighed for en mere effektiv el- og varmeproduktion på kraftvarmeværket.

De decentrale områder

I de decentrale områder er det som i Miljøvurderingen antaget, at den ekstra varmeproduktion fra det/de nye affaldsanlæg (dedikerede forbrændingsanlæg og KBK anlæg) fortrænger varme fra et gasfyret decentralt kraftvarmeværk af modtrykstypen, mere nøjagtigt gasturbiner i størrelser omkring 50 MW elektrisk effekt.

Som med de centrale kraftvarmeværker er elvirkningsgraden også typisk højere for gasturbiner end for dedikerede forbrændingsanlæg. Derfor vil fortrængningen af de decentrale kraftvarmeanlæg også medføre et underskud af el, som skal dækkes.

Kraftvarmeanlæg af modtrykstypen kan (i modsætning til udtagstypen) ikke ændre forholdet mellem el- og varmeproduktion efter anlægget er opført. Det ligger dermed helt fast, hvor meget el der fortrænges, når varmegrundlaget for de decentrale kraftvarmeanlæg overtages af det/de nye affaldsanlæg. Den manglende elproduktion antages at blive overtaget af såkaldt marginale kul-kraftværker, som i dag typisk er gamle og næsten udtjente kul-kraftværker af kondensstypen (kun elproduktion) med en forholdsvis dårlig elvirkningsgrad.

En del af brændselsbesparelsen og CO₂-gevinsten fra fortrængningen af de decentrale kraftvarmeanlæg ophæves altså ved benyttelsen af de marginale kul-

kraftværker. Det er værd at bemærke, at elvirkningsgraden for det fortrængte decentrale kraftvarmeanlæg er af stor betydning for denne modsatrettede effekt: Jo højere elvirkningsgrad det fortrængte decentrale anlæg har, des større er den modsatrettede effekt hidrørende fra brændselsforbrug og CO₂ udledning fra de marginale kulkraftværker.

Også for de fortrængte decentrale kraftvarmeanlæg melder diskussionen sig om hvorvidt der fortrænges eksisterende eller nye anlæg. Det er sandsynligt, at man på langt sigt vil fortrænge investeringsomkostningen til nye decentrale kraftvarmeanlæg ved at bygge nye varmeproducerende affaldsanlæg. Det er dog usikkert, om de eksisterende decentrale kraftvarmeanlæg er udtjente allerede i 2020. For at være konsistent med behandlingen af de centrale områder er det valgt at der ikke fortrænges investeringsomkostninger til nye decentrale anlæg.

Det kan også diskuteres, om man bør medregne investeringsomkostninger til marginal el, da problemstillingen omkring det nordiske elmarked fra de centrale scenarier også gør sig gældende i de decentrale scenarier. Af konsistenshensyn er det valgt at eksisterende kulfyrede kondensanlæg kan dække det øgede behov for strøm som følge af fortrængningen af de decentrale kraftvarmeanlæg.

Som med de centrale områder foretages dog en følsomhedsanalyse, hvor de fortrængte anlæg er nybyggede, sådan at investeringsomkostningen kan spares. Til gengæld antages det også, at det heraf opståede ekstra behov for strøm på langt sigt ikke kan dækkes af eksisterende ældre kulkraftanlæg, men at der i stedet opstår et øget investeringsbehov for kulfyret kondensproduktion.

Følsomhedsanalysen kan således siges at beskrive det helt lange sigt, mens basisantagelsen er mere kortsigtet af natur. Som beskrevet i afsnittet om de centrale områder er begge beregningsmetoder behæftet med metodiske problemer. De to metoder angiver dog et spænd som med nogen rimelighed kan siges at dække den metodiske usikkerhed omkring problemstillingen.

Teknologiske karakteristika for el- og varmeanlæggene

I scenarierne er anlæggene, der indgår i beregningerne gamle, dvs. der er ikke tilknyttet investeringsomkostninger. Til gengæld er anlæggenes virkningsgrader dårligere end de nye anlæg som benyttes i følsomhedsanalyserne.

Tabel 5.13 Karakteristika for el- og varmeproducerende anlæg

		CKV udtag, mod- tryk	CKV udtag, kon- dens	Margi- nal el	DKV gas- turbi- ne	Gas kedel
Elvirkningsgrad	%	29,7%	36,5%	38,7%	45,5%	0,0%
Varmevirkningsgrad	%	38,8%	0,0%	0,0%	42,8%	90,0%
Variable omkostninger	Kr/GJ ind	3,7	3,7	3,7	5,7	0,0
Brændselsomkostning	Kr/GJ ind	26,3	26,3	26,3	79,9	79,9
Kvotekomkostning	Kr/GJ ind	21,2	21,2	21,2	13,2	13,2
Total omkostning	Kr/GJ ind	51,3	51,3	51,3	98,8	93,1
Total omkostning	Kr/GJ ud	74,9	140,6	132,4	111,9	103,4

Note: GJ ind er indfyret brændsel, GJ ud angiver den samlede mængde produceret varme og el. Kvotekomkostningen er beregnet ud fra den antagne kvotepris og emissionskoefficienter for kul og naturgas. Udkilde: Miljøvurderingen (virkningsgrader) og Energistyrelsen 2005 (økonomi).

Beregningsteknisk er der benyttet det forhold, at et udtagsanlæg kan betragtes som et modtryksanlæg og et kondensanlæg, der hver især producerer med sin andel af brændselsinputtet, mens den andel del af anlægget tager sig af den resterende del af brændslet. Dette er en regneteknisk fordel, som ikke påvirker resultatet i forhold til at opfatte det som ét anlæg. De tekniske karakteristika for udtagsanlægget er således beskrevet i to kolonner i tabellen ovenfor.

Det er værd at bemærke, at varmevirkningsgraderne for de substituerede udtagsanlæg og gasturbiner er lavere end varmevirkningsgraden på 73% på de nye dedikerede forbrændingsanlæg. Det betyder, at der her fortrænges mere end 1 GJ brændsel (gas eller kul) for hver gang der indfyres 1 GJ affald i det dedikerede forbrændingsanlæg. Med de relativt høje elvirkningsgrader medfører dette et øget behov for supplerende elproduktion.

Brændselspriser

Brændselspriserne er baseret på de seneste værdier fra Energistyrelsen for 2020. Kun kul og naturgas er prissat i modellen, da disse brændsler er de eneste der fortrænges. Brændselspriserne fremgår af følgende tabel.

Tabel 5.14 Anvendte brændselspriser, kr/GJ

Brændsel	Enhed	Pris
Kul	Kr/GJ	31,8
Gas	Kr/GJ	70,4

Kilde: Energistyrelsen,

http://www.ens.dk/graphics/Publikationer/Energipolitik/Forudsætninger%20for_jan09.pdf.

Med de pt. relativt høje naturgaspriser vil substitution af naturgasfyret varme umiddelbart medføre en større brændselsomkostningsbesparelse end substituti-

on af kulraft. Højere naturgaspriser gør således dedikeret forbrænding i decentrale områder mere samfundsøkonomisk rentabelt. I fald man i fremtiden ville komme ud for lavere gaspriser relativt til kul, ville dette i højere grad tale til fordel for medforbrænding frem for dedikerede forbrændingsanlæg i decentrale områder. Energipriserne kan således forventes at have væsentlig indflydelse på resultaterne. Der er derfor foretaget en følsomhedsanalyse med et alternativt sæt energipriser i afsnit 6.3.

5.6 Emissioner og restprodukter

Emissionerne anvendt i den samfundsøkonomiske vurdering stammer som nævnt tidligere fra miljøvurderingen, idet de enkelte teknologiers emissioner inkluderer opstrøms- og nedstrømsmissioner. Denne opgørelse af de enkelte teknologiers emissioner er foretaget af Jacob Møller, DTU, som var hovedkraft på miljøvurderingen. I den samfundsøkonomiske analyse indgår luftemissioner, mens emissioner til jord og grundvand ikke kan værdisættes og derfor ikke indgår i analysen (se også afsnit 6.4).

Det blev som tidligere beskrevet besluttet at ændre andelen af det affald, der anvendes til medforbrænding fra 25,3% til 17,9%. Dette vil selvfølgelig afstedkomme en ændring i fordelingen mellem de samlede emissioner på, hvilke der udledes på forbrændingsanlægget, og hvilke der udledes på kraftværket. Denne ændring kan foretages ved en proportionel omallokering af den emission, der tidligere blev udledt via kraftværket, men som nu udledes på forbrændingsanlægget, forudsat at sammensætningen af RDF ikke er ændret. En sådan omallokering af emissionerne er tillige foretaget af Jacob Møller, DTU.

Som det fremgår af afsnit 4.1, er der foretaget visse ændringer i affaldsmængder og brændværdier, som i princippet også vil give sig udtryk i ændrede emissioner og restprodukter; ikke alene mængdemæssigt med også sammensætningsmæssigt.

Det er beskrevet tidligere, at mængden af forbrændingseget affald forventes at stige fra miljøvurderingens beregningsår (for mængder er anvendt 2005) til beregningsåret for den samfundsøkonomiske vurdering (2020), og at der samtidigt sker en stigning i brændværdien. Dette er ensbetydende med, at øgningen i affaldsmængden må bestå af affald, der i sig selv har en væsentligt højere brændværdi (13,3 GJ/ton), som angivet i nedenstående tabel.

Tabel 5.15 Forudsatte stigninger i affaldsmængder og brændværdier fra 2005 til 2020 og den deraf følgende brændværdi for selve den øgede mængde

	Mængde	Brændværdi
2005	3.135.000	10,8
2020	3.902.776	11,3
Forskel	767.776	13,3

Det er dog vanskeligt at sige, om denne stigning alene skyldes yderligere fossilt carbon i denne del af affaldet. Det er derfor besluttet, at CO₂-emissionsfaktoren for affaldet fastholdes pr. ton. Der er således alene indregnet en øget CO₂-emission som følge af den øgede mængde.

For RDF må det derimod forventes, at stigningen i brændværdi skyldes et øget indhold af affaldstyper såsom plast, der vil medføre et øget indhold af fossilt carbon og dermed en øget CO₂-emissionsfaktor. Ved sammenligning af forskelle mellem affaldet som helhed og RDF er det skønnet, at emissionsfaktoren stiger med 3%, hvorfor emissionsfaktoren for restaffaldet samtidigt falder med 3%. De anvendte emissionsfaktorer fremgår af nedenstående tabel.

Tabel 5.16 Anvendte emissionsfaktorer for værkerne inklusiv op- og nedstrømsemissioner (per GJ indfyret brændsel)

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	SO ₂	Partikler	NM-VOC	NH ₃	Kviksølv	Bly	Dioxin	
Metode	Enhed	kg	g	g	g	g	g	g	mg	mg	ng	
Dedikeret forbrænding												
- Rest uden RDF, 9,6 GJ/t		43,9	101,0	0,2	110,2	19	2,9	0,7	0,2	1,1	0,6	1,8
- Rest uden RDF+bio, 10,5 GJ/t		45,3	76,9	0,2	101,3	18	2,2	1,4	0,2	1,1	0,6	1,7
- Gns. affald, 11,3 GJ/t		42,8	54,0	0,2	93,9	15	1,6	1,3	0,2	0,7	0,4	1,5
- Rest uden bio., 12,1 GJ/t		43,3	37,5	0,2	87,5	17	1,1	1,2	0,1	0,7	0,4	1,4
Medforbrændt RDF		37,9	-31,7	-0,1	15,1	-5	13,0	0,4	0,0	1,2	10,4	-19,2
Bioforgasning		5,3	420,0	30,6	35,0	5	162,3	5,8	34,3	1,3	261,9	0,0
Central kraftvarme (kul, modtryk)		100,5	584,4	0,2	127,8	62	8,9	2,7	0,0	1,2	1,4	0,1
Decentral kraftvarme (gas)		62,0	2,2	2,7	141,6	1	0,6	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Varme, spidslast (gas)		61,3	15,7	1,5	54,2	1	0,6	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Marginal el (kul)		97,4	576,0	1,0	144,0	74	9,4	8,3	0,0	1,0	1,0	0,0
Marginal el (gas)		62,0	2,2	2,7	141,6	1	0,6	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0

Kilde: Miljøvurderingen.

Note: Emissionsfaktorerne inkluderer op- og nedstrømsemissioner for den pågældende proces.

De angivne luftemissioner er prissat i den samfundsøkonomiske analyse. De anvendte enhedspriser er i det følgende opdelt i emissionen af kvotebelagte CO₂-emissioner, ikke-kvotebelagte CO₂-emissioner og luftforurening fra skorsten.

Ved beregning af kvoteomkostningerne antages en kvotepris på 30 Euro per ton CO₂, hvilket er den pris Energistyrelsen forventer i 2020. Mængden af CO₂ bestemmes ud fra ændringen i brændsel ved emissionsfaktorerne for de forskellige brændselstyper. Fordi den ikke-fossile andel af affaldet ikke medfører netto CO₂-udledninger, vil der være en netto kvotebesparelse i scenarierne. Dette skyldes, reduktionen i forbrænding af konventionelle brændsler til fordel for benyttelse af affald.

Tabel 5.17 Emissionsomkostninger for drivhusgasser

	Enhed	Værdi
CO ₂ kvotepris	DKK/ton	224
CO ₂ skyggepris	DKK/ton	224

Kilde: Energistyrelsen.

Note: Kvoteprisen anvendes til emissionerne inden for kvotesystemet og skyggeprisen anvendes til emissionerne uden for kvotesystemet.

Emissionen af drivhusgasser fra ikke-kvotebelagte emissioner i scenarierne omregnes til CO₂-equivalenter efter Global Warming Potential (GWP) metoden jf. nedenstående tabel.

Tabel 5.18 CO₂-ækvivalenter for øvrige drivhusgasser

	Enhed	Værdi
CO ₂	tonCO ₂ e/ton	1
CH ₄	tonCO ₂ e/ton	21
N ₂ O	tonCO ₂ e/ton	310

Emissionerne forbundet med luftforurening er værdisat med enhedspriserne vist i nedenstående tabel.

Tabel 5.19 Anvendte værdier for luftforurening

Emissionstype	Enhed	Enhedspris
NO _x ¹⁾	Kr./kg	52,0
SO ₂ ¹⁾	Kr./kg	126,5
Partikler ¹⁾	Kr./kg	151,6
Dioxin ³⁾	Kr./g	1.500.000
Hg ¹⁾	Kr./kg	1.906
CO ²⁾	Kr./kg	0,003
NMVOG ²⁾	Kr./kg	5,5
Pb ¹⁾	Kr./kg	10.406

Kilder: 1) DMU (2008) data for bymæssig bebyggelse 2) DTU (2008): Transportøkonomiske Enhedspriser, februar 2008 3) DMU (2003).

Det kan diskuteres, om ændret forsortering og håndtering af frasorteret affald til RDF vil have betydning for restproduktmængden fra dedikeret forbrænding. Affald Danmark har vurderet, at der ikke bør korrigeres for dette forhold, da denne ændring vil være afhængig af forsorteringsmetoden, som må forventes at variere afhængigt af leverandør. Restproduktmængder og der til knyttede emissioner er således hentet fra miljøvurderingen (bortset fra de ændringer, som følger af ændrede mængder).

6 Resultater

I dette kapitel beskrives analysens centrale resultater samt følsomhedsanalyser og ikke-værdisatte effekter. Kapitlet afsluttes med en konklusion og perspektivering.

Kapitlets resultater er struktureret sådan, at resultaterne for de enkelte behandlingsformer beskrives først. Resultaterne er opgjort som kr/ton relevant affald (dvs. gennemsnitligt forbrændingseget affald, RDF eller bioaffald). Disse delresultater fører hen til de samlede resultater for scenarierne. Scenariernes resultater er ligeledes opgjort som kr/ton, men der er her tale om et gennemsnitligt ton forbrændingseget affald. Scenarieresultater kan derfor sammenlignes direkte på tværs af scenarierne, mens man skal være varsom med at fortolke resultaterne for de enkelte behandlingsformer, fordi de er rettet mod forskellige dele af det forbrændingseget affald.

6.1 Behandlingsformerne

Først præsenteres resultaterne for de tre behandlingsformer, som indgår i analysen. Hver behandlingsform er rettet mod forskellige fraktioner af det forbrændingseget affald med hver deres brændværdier, jf. nedenstående tabel. Man skal derfor være varsom med direkte at sammenligne behandlingsmetodernes enhedsomkostninger.

Tabel 6.1 Forudsatte brændværdier, GJ/ton

Affaldsfraktion	Den samfundsøkonomiske vurdering
Forbrændingseget affald, gns.	11,3
RDF	17,3
Træaffald	16,2
Bioaffald	4,3

Resultaterne for dedikeret forbrænding i dette afsnit er præsenteret for en brændværdi på 11,3 GJ/ton. I scenarierne varierer brændværdien af restaffaldet til forbrænding og derfor er enhedsværdierne for forbrænding i dette afsnit alene repræsentative for referencescenariet (Scenarium 1).

Resultater eksklusiv fortrængning af anden energi

Nedenstående tabel viser de beregnede enhedsomkostninger for behandlingsformerne eksklusiv fortrængning af andre værkers produktion af el og varme. Det vil sige, at der er tale om bruttoomkostninger, som ikke inkluderer gevinsterne fra el- og varmeproduktion. Omkostningerne for forbrænding er desuden eksklusiv etablering af transmissionsledning og køleranlæg, som indgår i det decentrale område.

Det skal bemærkes, at medforbrændingsomkostningerne i tabellen ikke inkluderer omkostninger til genanvendelse af træ. Denne omkostning inkluderes i scenarieberegningerne i afsnit 6.2.

Tabel 6.2 Behandlingsomkostninger eksklusiv fortrængt energiproduktion, kr/ton behandlet affaldsfraktion

	Dedikerede forbrændingsanlæg		Medforbrænding	KBK
	Større ovne	Flere ovne		
Behandlet affaldsfraktion	Gns. affald 11,3 GJ/t	Gns. affald 11,3 GJ/t	RDF 17,3 GJ/t	Bioaffald 4,3 GJ/t
Faste omkostninger				
Investeringsomkostninger	150	502	269	149
Faste omkostninger	125	158	0	57
Variable driftsomkostninger				
Øvrige variable omkostninger	116	116	380	220
Indsamlings- og transportomkostninger				
Merindsamling- og transportomk. (ekskl. moms)	0	0	83	106
Netto fortrængning				
Brændselsomk., fortrængning	0	0	-550	0
Kvoteomk., fortrængninger	0	0	-299	0
Restprodukter	0	0	30	-11
Miljøeffekter og andre eksternaliteter				
Ikke-kvotebelagt GHG	111	111	-49	23
Eksternaliteter ab skorsten	82	82	-249	23
Eksternaliteter fra mertransport	0	0	3	5
Totale omk. ekskl. afgifter	584	969	-382	571
Afgifter (naf)	176	311	-48	190
Skatteforvridning	136	240	-37	147
Totale omk. inkl. afgifter og skatteforvridning	896	1.520	-466	909

Ses alene på investerings- og driftsomkostninger inklusiv restprodukter for behandlingsformerne fremgår det af tabellen, at forbrænding i "flere ovne", dvs.

på nye anlæg, har omkostninger på knap 800 kr/ton forbrændingseget affald (eksklusiv afgifter og skatteforvridning).

Investerings- og driftsomkostninger (inklusive restprodukter) for medforbrænding er knap 700 kr/ton RDF (dvs. eksklusiv fraseret affald til forbrænding). Til disse omkostninger skal lægges omkostningerne til genanvendelse af træaffald.

Biologisk behandling og forbrænding på (marginalt) større ovne har investerings- og driftsomkostninger (inklusive restprodukter) på ca. 400 kr/ton forbrændingseget affald hhv. bioaffald.

Tillægges mertransportomkostningerne for medforbrænding er omkostningerne for denne behandlingsform til behandling af RDF godt 750 kr/ton RDF.

Biologisk behandling har merindsamlings- og transportomkostninger på ca. 100 kr/ton bioaffald, så omkostningerne inklusive dette er ca. 500 kr/ton.

Driftsøkonomisk er der en stor besparelse af kul som brændsel i kraftværket, når man medforbrænder affald. Dette er en afgørende post, idet man sparer kul til en værdi på ca. 550 kr/ton RDF. Dertil kommer, at man sparer kvoter for drivhusgasemissioner fra kul til en værdi på knap 300 kr/ton RDF.

Dedikeret forbrænding af affald er forbundet med drivhusgasudslip til en omkostning på godt 100 kr/ton forbrændingseget affald. Dertil kommer øvrige luftemissioner der giver lokal forurening til en omkostning på ca. 80 kr/ton forbrændingseget affald. Denne omkostning skyldes primært SO₂- og NO_x-emissioner og i lille grad partikler. De øvrige luftemissioner herunder bly, kviksølv og dioxin bidrager meget lidt til den samlede belastning fra luftemissioner.

Bioforgasning har en væsentligt mindre netto drivhusgasemission per ton bioaffald, hvilket skyldes den lave brændværdi og den store del organiske materiale i bioaffald, som er CO₂-neutralt. Omkostningerne fra øvrige luftemissioner fra bioforgasning samt op- og nedstrømsproduktion hertil er værdisat til ca. 20 kr/ton bioaffald. Dette skyldes primært bly, NO_x og SO₂.

Medforbrænding giver en besparelse i ikke-kvotebelagte drivhusgasser (methan og lattergas), og der er en stor besparelse i øvrige luftemissioner forbundet med lokal forurening som følge af skiftet fra kul til RDF. Det drejer sig specielt om reduktion af NO_x- og SO₂-emissioner. De øvrige luftemissioner herunder bly, kviksølv og dioxin bidrager meget lidt til den samlede belastning fra luftemissioner.

Medforbrænding og KBK har desuden meromkostninger på 3-5 kr/ton, der skyldes eksternaliteter fra ekstra transport.

Endelig tillægges alle metoderne afgifter og skatteforvridning proportionalt med de relevante nettoomkostninger. Derfor har forbrænding og bioforgasning omkostninger til dette, mens medforbrænding har negative omkostninger på denne post.

Samlet set - når man ikke inkluderer fortrængning af andre energikilder - er bruttoomkostningerne per ton forbrændingseget affald på nye forbrændingsanlæg (flere ovne) 1.500 kr/ton forbrændingseget affald. De tilsvarende omkostninger for forbrænding på marginalt større anlæg er ca. 900 kr/ton forbrændingseget affald. For bioforgasning er omkostningerne per ton bioaffald ca. 900 kr/ton. Endelig er medforbrænding af RDF forbundet med en negativ samfundsøkonomisk omkostning (ca. -450 kr/ton), idet gevinsterne overstiger omkostningerne.

Resultater inklusiv fortrængning af og supplerende med anden energi samt etablering af transmissionsledning

I ovenstående resultater blev fortrængning af el- og varmeproduktion fra andre værker ikke medtaget. Det vil sige den gevinst, der er forbundet med energiproduktion. Fortrængning er relevant, når man betragter forbrænding og bioforgasning, som producerer el- og varme, mens medforbrænding ikke fortrænger el- og varmeproduktion fra andre værker. Desuden blev omkostninger til etablering af transmissionsledning og køleranlæg til forbrændingsanlæg i det decentrale område ikke medregnet.

I nedenstående tabel og tilhørende figur vises resultaterne for de enkelte behandlingsformer inklusiv energifortrængning, transmissionsledning og køleranlæg. Resultaterne for medforbrænding er uændrede i forhold til Tabel 6.2, fordi medforbrænding ikke fortrænger energiproduktion fra andre værker. For de øvrige behandlingsformer er resultaterne i tabellen splittet op på varmeområde, dvs. om varmen fortrænges i et centralt kulkraftfyret område eller et decentralt naturgasfyret område, jf. scenarieopbygningen i Tabel 4.1.

De omkostningsposter, som er indregnet, når man inddrager fortrængning af anden energi, er:

- Variable omkostninger - dvs. omkostningerne til energiproduktion på de fortrængte værker eksklusiv brændselsforbrug.
- "Netto fortrængning", som omfatter ændring i brændselsmængde og ændring i drivhusgasemissioner.
- Ikke-kvotebelagte drivhusgasemissioner og øvrige emissioner fra skorsten.

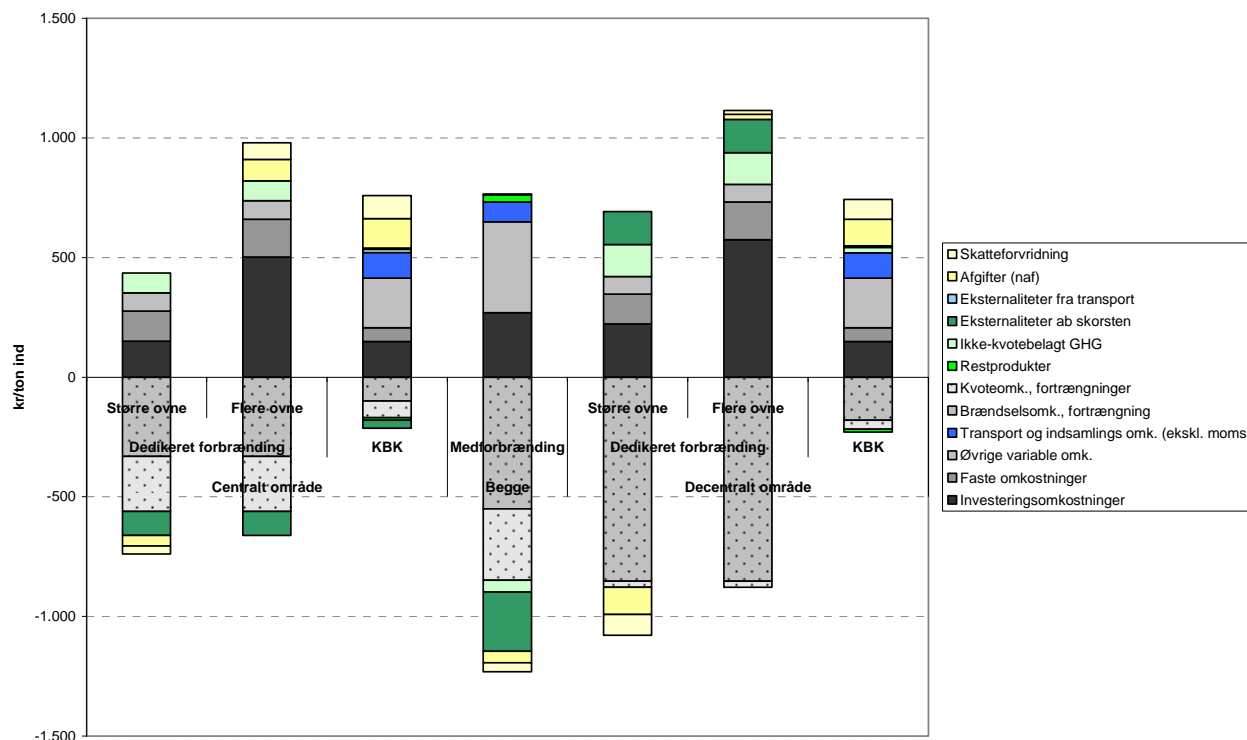
Sparede faste omkostninger (anlægsinvesteringer og faste driftsomkostninger) fra de fortrængte værker indgår ikke i basisberegningerne, men inddrages i en følsomhedsanalyse i afsnit 6.3.

Nedenstående tabel viser resultaterne per ton behandlet affald inklusiv fortrængning af el- og varmeproduktion fra andre værker.

Tabel 6.3 Behandlingsomkostninger inklusiv fortrængt energiproduktion, kr/ton behandlet affaldsfraktion

	Centralt område			Begge	Decentralt område		
	Dedikerede forbrændingsanlæg		KBK	Medforbrænding	Dedikerede forbrændingsanlæg		KBK
	Større ovne	Flere ovne			Større ovne	Flere ovne	
Behandlet affaldsfraktion	Gns. affald 11,3 GJ/t	Gns. affald 11,3 GJ/t	Bioaffald 4,3 GJ/t	RDF 17,3 GJ/t	Gns. affald 11,3 GJ/t	Gns. affald 11,3 GJ/t	Bioaffald 4,3 GJ/t
Faste omkostninger							
Investeringsomkostninger	150	502	149	269	222	574	149
Faste omkostninger	125	158	57	0	125	158	57
Variable driftsomkostninger							
Øvrige variable omkostninger	78	78	208	380	74	74	208
Indsamlings- og transportomk.							
Merindsamling- og transportomk. (ekskl. moms)	0	0	106	83	0	0	106
Netto fortrængning							
Brændselsomk., fortrængning	-332	-332	-100	-550	-853	-853	-181
Kvoteomk., fortrængninger	-230	-230	-69	-299	-26	-26	-38
Restprodukter	0	0	-11	30	0	0	-11
Miljøeffekter og eksternaliteter							
Ikke-kvotebelagt GHG	83	83	14	-49	134	134	22
Eksternaliteter ab skorsten	-100	-100	-33	-249	138	138	3
Eksternaliteter fra mertransport	0	0	5	3	0	0	5
Totale omk. ekskl. afgifter	-227	158	325	-382	-186	199	320
Afgifter (naf)	-44	90	124	-48	-114	21	109
Skatteforvridding	-34	70	96	-37	-88	-16	84
Totale omk. inkl. afgifter og skatteforvridding	-305	318	545	-466	-387	236	514
Totale omk. inkl. afgifter og skatteforvridding, kr/GJ	-27,0	28,2	126,7	-26,9	-34,3	20,9	119,6

Tabel 6.4 Behandlingsomkostninger inklusiv fortrængt energiproduktion, kr/ton behandlet affaldsfraktion



Først gennemgås resultaterne for **det centrale område**, hvor el- og varmeproduktion fra hhv. affaldsforbrænding og KBK substituerer kulraftfyrede KV-værker og marginal el, der ligeledes er produceret på kul.

Ses på dedikeret forbrænding og KBK spares variable omkostninger på de fortrængte værker.

Den store forskel i forhold til resultaterne uden energifortrængning ligger imidlertid i posten "netto fortrængning", som omfatter sparet kul og CO₂-kvoter. Tilsammen spares ca. 575 kr/ton forbrændingseget affald, når man ser på forbrændingsanlæg og ca. 170 kr/ton bioaffald. Forskellen skyldes affaldets forskellige brændværdi.

Ikke-kvotebelagte drivhusgasser forbedres med ca. 30 kr/ton forbrændingseget affald for dedikeret forbrænding, mens det tilsvarende tal for KBK er 10 kr/ton bioaffald.

Eksternaliteter fra luftforurening forbedres med knap 200 kr/ton forbrændingseget affald og ca. med 60 kr/ton bioaffald for KBK, fordi kulfyrede anlægs emissioner fortrænges.

Endelig tillægges alle metoderne afgifter og skatteforvridning proportionalt med de relevante nettoomkostninger. Derfor reduceres disse omkostningselementer for forbrænding og bioforgasning i forhold til Tabel 6.2 .

Samlet set for de centrale område betyder inkluderingen af fortrængt el- og varmeproduktion - ikke overraskende - meget for resultaterne. Således har dedikeret affaldsforbrænding på marginalt større ovne nettoomkostninger på ca. -330 kr/ton forbrændingseget affald. Det betyder, at der er større gevinster end omkostninger ved affaldsforbrænding på marginalt større ovne, når fortrængning inkluderes. Ved nybygning af ovne er der en nettoomkostning på ca. 300 kr/ton forbrændingseget affald. Endelig er nettoomkostningen for KBK knap 550 kr/ton bioaffald.

Sammenligner man resultaterne for **det decentrale område** med resultaterne for det centrale område fremgår det af tabellens tre højre kolonner, at der er stor forskel på de fortrængte brændselsomkostninger. De sparede omkostninger til brændsel er således ca. dobbelt så store som for det decentrale område. Det skyldes, at gas er et væsentligt dyrere brændsel end kul. Til gengæld er fortrængningspotentiallet målt på klimagasser (primært CO₂) lavere, så der opnås ikke ligeså stor klimagevinst som for det decentrale område.

Ligeledes fortrænges ikke lige så store mængder luftforureningsemissioner som for det centrale område. Populært sagt er gas dyrt men rent, mens kul er billigt men mere beskidt.

Nedenstående tabel viser, hvordan fortrængningen af brændsel og klimagasser fordeler sig på el og varme.

Tabel 6.5 Nettoomkostninger ved fortrængt energiproduktion, kr/ton behandlet affaldsfraktion

	Centralt område			Begge	Decentralt område		
	Dedikerede forbrændingsanlæg		KBK	Medforbrænding	Dedikerede forbrændingsanlæg		KBK
	Større ovne	Flere ovne			Større ovne	Flere ovne	
Behandlet affaldsfraktion	Gns. affald 11,3 GJ/t	Gns. affald 11,3 GJ/t	Bioaffald 4,3 GJ/t	RDF 17,3 GJ/t	Gns. affald 11,3 GJ/t	Gns. affald 11,3 GJ/t	Bioaffald 4,3 GJ/t
Fortrængt varme	-1.214	-1.214	-187	0	-1.559	-1.559	-240
- heraf brændsel	-504	-504	-78	0	-1.143	-1.143	-176
- heraf kvoter	-356	-356	-55	0	-225	-225	-35
Ændret marginal el	403	403	-59	0	717	717	-11
- heraf brændsel	173	173	-22	0	291	291	-4
- heraf kvoter	127	127	-14	0	199	199	-3

Tabellen viser, at der er stor forskel i besparelsen af både brændsel og klimagasser fra fortrængt varmeproduktion. Til gengæld øges elproduktionen i både det centrale og det decentrale område, fordi affaldsforbrændingsanlæggene har en lavere elproduktion relativt til varmeproduktionen end de fortrængte anlæg.

Det fremgår af tabellen, at den ekstra elproduktion bidrager med ca. det samme i det centrale og det decentrale scenarium.

Endelig medfører investeringen i køleranlæg og særligt transmissionsledning i det decentrale område, at investeringsomkostninger stiger med ca. 75 kr/ton gennemsnitligt affald.

Samlet set for det decentrale område har dedikeret forbrænding på marginalt større ovne en samfundsøkonomisk nettoomkostning på knap -400 kr/ton forbrændingseget affald. Det vil sige, at gevinsterne er væsentligt større end omkostningerne. For nye forbrændingsovne er nettoomkostningen på godt 200 kr/ton forbrændingseget affald. Medforbrændingsomkostningen er uændret ca. -450 kr/ton RDF. Endelig er nettoomkostningen for KBK ca. 500 kr/ton bioaffald. KBK er således den behandlingsform, som er mindst afhængig af forudsætningen om, hvor varmen fortrænges.

Som det fremgår, påvirker varmeplanet resultaterne, men rangordningen mellem forbrænding, medforbrænding og KBK ændres ikke.

6.2 Scenarierne

I dette afsnit præsenteres resultaterne for de opstillede scenarier (jf. Tabel 4.1). Scenarieresultaterne er analysens kernerresultater.

I scenarierne vægtes enhedsværdierne fra forrige afsnit sammen på basis af de forudsatte fordelinger af affaldsmængderne. Affaldsmængderne er gengivet i nedenstående tabel.

Tabel 6.6 Forudsat fordeling af affaldsmængder (1.000 tons) samt brændværdi af restaffald (GJ/ton)

	RDF	Træaffald	Bioaffald	Rest, forbrænding		Brændværdi af rest
				Eks. anlæg	Nye anlæg	
	----- 1.000 tons -----					GJ/ton
Scenarium 1 (reference)	0	0	0	2.420	1.482	11,3
Scenarium 2	700	176	0	2.841	187	9,6
Scenarium 3	0	0	418	2.253	1.232	12,1
Scenarium 4	700	176	418	2.610	0	10,5

Kilde: Miljøvurderingen og egne beregninger.

Note: I alt 1,3 mio. tons affald behandles forskelligt i scenarierne.

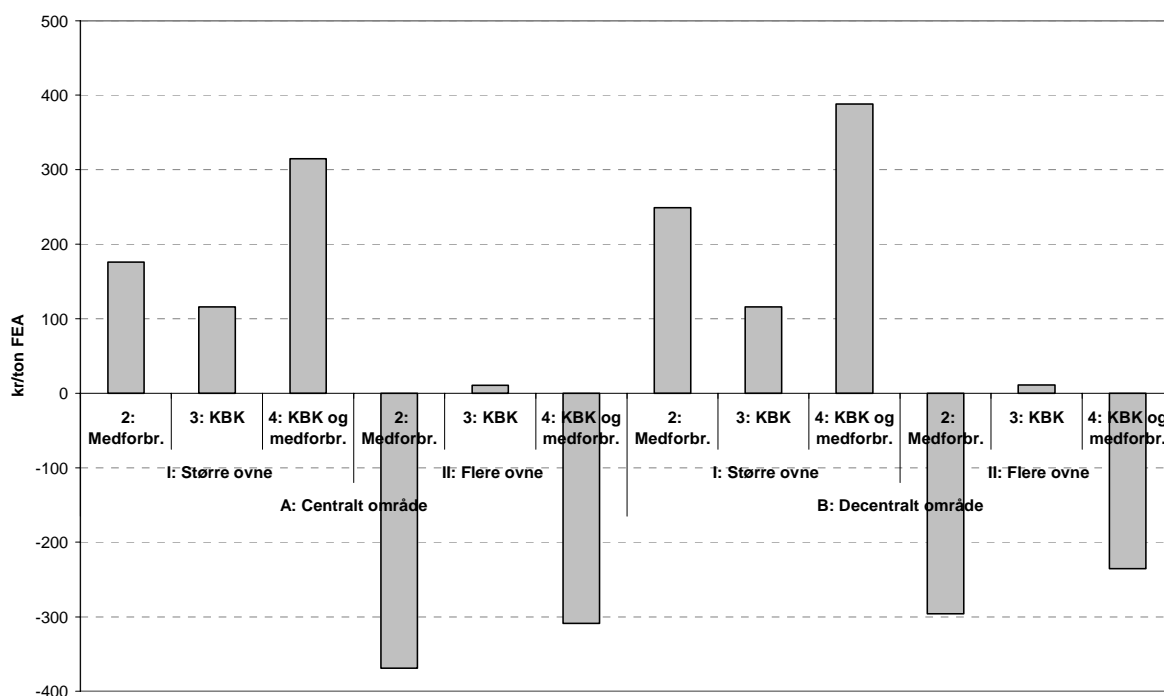
Dertil kommer, at træaffald indgår i scenarierne, så den forudsatte pris for genanvendelse heraf indgår på lige fod med enhedsomkostningerne fra forrige afsnit. Endelig påvirker ændringerne i brændværdien af restaffaldet energiforbrændningen ved forbrænding og den nødvendige kapacitet til at forbrænde restaffaldet på dedikerede forbrændingsanlæg (jf. Tabel 5.4). Disse elementer

gør, at scenarieresultaterne ikke blot er en simpel sammenvægtning af resultaterne fra afsnit 6.1.

Resultat per ton

Nedenstående figur viser meromkostningen per ton gennemsnitligt forbrændingseget affald i forhold til referencesituationen (forbrænding). Meromkostningen for samtlige 3,9 mio. tons forbrændingseget affald er opgjort og delt med de knap 1,3 mio. tons affald, som behandles forskelligt i de belyste scenarier⁹.

Figur 6.1 Meromkostninger i scenarierne, kr/ton gennemsnitligt forbrændingseget affald



Note: De detaljerede resultater, der ligger til grund for figuren, fremgår af Bilag 1.

⁹ Man kunne også vælge af dele med hele den forbrændingsegete mængde affald på ca. 3,9 mio. tons. I dette tilfælde ville enhedsomkostningerne per ton blive mindre, men konklusionerne baseret på tallene ville være uændrede. Ved at benytte de 1,3 mio. tons vurderes det imidlertid at der opnås de mest retvisende tal for ændringen i enhedsomkostning, da disse tal er sammenlignelige med de opgjorte enhedsomkostninger for behandlingsmetoderne.

Først ses på **Scenarium 2IA** medforbrænding i det centrale område i forhold til forbrænding på marginalt større ovne. Det fremgår af figuren, at meromkostningerne per gennemsnitligt ton affald i dette scenarium er knap 200 kr/ton gennemsnitligt forbrændingsegnet affald. Dette resultat er sammensat af følgende hovedeffekter:

- **Investeringsomkostninger:** Målt per GJ har medforbrænding lidt højere investeringsomkostninger end dedikeret forbrænding på marginalt større ovne. Dette gælder for de 700.000 tons RDF, der medforbrændes. Til gengæld er der et mindre behov for at investere i ny forbrændingskapacitet, fordi eksisterende anlæg kan behandle mere affald pga. den lavere brændværdi af restaffaldet (jf. Tabel 5.4). Dette er en konsekvens af, at det er antaget, at brændværdien er bindende for anlægsinvesteringerne i forbrændingsanlæg. Det gælder for de ca. 400.000 tons forbrændingsegnet affald. Samlet set opvejer de to effekter hinanden, så effekten på investeringsomkostningerne er ca. nul.
- **Driftsomkostninger:** Medforbrænding har højere driftsomkostninger end forbrænding på marginalt større ovne både målt per ton og per GJ. Dette gælder for de 700.000 tons RDF, der medforbrændes.
- **Træaffald:** Det er forbundet med en omkostning at genanvende træaffald, hvilket skal tillægges medforbrændingsomkostningen. Det gælder for de ca. 175.000 tons træaffald. Denne omkostning dækker både afsætning af affaldstræet til genanvendelse, og at man ved at fjerne træet fra affaldsmængden skal supplere med anden energiproduktion til at dække den fjernede mængde energi.
- **Transport:** Medforbrænding øger transportomkostningerne i forhold til dedikeret forbrænding, fordi der er færre anlæg til medforbrænding end til dedikeret forbrænding. Det gælder for de 700.000 tons RDF.
- **CO₂:** Endelig er der en lille netto CO₂-gevinst ved scenariet.

Ser man på **Scenarium 3IA** KBK i forhold til forbrænding på marginalt større ovne i det centrale område er konklusionen tilsvarende. I dette scenarium er der meromkostninger på ca. 120 kr/ton gennemsnitligt forbrændingsegnet affald. Dette resultat er sammensat af følgende hovedeffekter:

- **Investeringsomkostninger:** Målt per GJ har KBK væsentligt højere investeringsomkostninger end dedikeret forbrænding på marginalt større ovne. Dette gælder for de ca. 400.000 tons bioaffald, der behandles med KBK-metoden. Dertil kommer, at udsorteringen af det lavværdige bioaffald resulterer i en gennemsnitlig brændværdi af restaffaldet på 12,1 GJ/ton. Da det er antaget, at brændværdien er bindende for anlægsinvesteringerne i forbrændingsanlæg udløser dette et merinvesteringsbehov i forbrændingskapacitet på ca. 7% per ton. Dette gælder for ca. 100.000 tons affald, jf. Tabel 5.4.

- Driftsomkostninger: Målt per GJ har KBK væsentligt højere investeringsomkostninger end dedikeret forbrænding på marginalt større ovne. Dette gælder for de ca. 400.000 tons bioaffald, der behandles med KBK-metoden.
- Indsamlings- og transportomkostninger: Der er højere indsamlingsomkostninger forbundet med KBK-metoden pga. det todelte indsamlingssystem. Endvidere er der højere transportomkostninger som følge af at der vil være færre anlæg end forbrændingsanlæggene. Dette gælder for de ca. 400.000 tons bioaffald, der behandles med KBK-metoden.
- Emissioner (ekskl. CO₂): Der er en lille gevinst som følge af reducerede emissioner fra skorsten i forhold til forbrænding.

Ser man endelig på **Scenarium 4IA** medforbrænding og KBK i forhold til forbrænding er konklusionen tilsvarende. I dette scenarium er der meromkostninger på godt 300 kr/ton gennemsnitligt forbrændingsegnet affald. Dette resultat er sammensat af følgende hovedeffekter:

- Investeringsomkostninger: Samlet set er der en lille merinvesteringsomkostning. Den er sammensat af effekterne fra Scenarium 2IA og Scenarium 3IA. Dog er der i dette scenarium kun et behov for at investere i ny forbrændingskapacitet på ca. 200.000 tons (jf. Tabel 5.4).
- Driftsomkostninger: Både medforbrænding og KBK har højere driftsomkostninger end dedikeret forbrænding på marginalt større ovne (som det fremgår i Scenarium 2IA og Scenarium 3IA). Dette gælder for de ca. 1,1 mio. tons bioaffald og RDF.
- Træaffald: Der er som i medforbrændingsscenariet (Scenarium 2IA) en meromkostning forbundet med genanvendelse af træaffaldet. Det gælder for de ca. 175.000 tons træaffald.
- Indsamlings- og transportomkostninger: Der er højere indsamlings- og transportomkostninger som i Scenarium 2IA og Scenarium 3IA.
- CO₂: Der er ligesom i medforbrændingsscenariet (Scenarium 2IA) en lille netto CO₂-gevinst ved scenariet.
- Emissioner (ekskl. CO₂): Der er en lille gevinst som følge af reducerede emissioner fra skorsten i forhold til forbrænding (som i Scenarium 3IA).

Samlet set er forbrænding på marginalt større forbrændingsovne samfundsøkonomisk fordelagtigt i forhold til medforbrænding og KBK-behandling samt kombinationen heraf, når man ser på det centrale varmeområde.

Ser man på **Scenarium 2IIA- Scenarium 4IIA** dvs. det centrale varmeområde, men med investering i nye forbrændingsovne, ser konklusionerne anderledes ud. Forskellen til investering i marginalt større ovne (Scenarium 2IA-4IA) er, at

der indregnes højere investeringsomkostninger og faste driftsomkostninger til forbrændingsanlæg.

I dette tilfælde er medforbrænding samfundsøkonomisk attraktivt med en gevinst på ca. 370 kr/ton gennemsnitligt affald. KBK-metoden har en samfundsøkonomisk meromkostning på ca. 10 kr/ton. Endelig giver kombinationen af medforbrænding og KBK en samfundsøkonomisk gevinst på godt 300 kr/ton gennemsnitligt affald.

Samlet set er medforbrænding således samfundsøkonomisk fordelagtigt i forhold til forbrænding med nye ovne. Der er en samfundsøkonomisk gevinst ved at medforbrænde og behandle med KBK-metoden, men gevinsten er mindre end ved alene at medforbrænde. KBK-behandling er på niveau med forbrænding på nye forbrændingsovne.

Ser man på **B-scenarierne** i det decentrale område, fremgår det, at resultaterne svarer til resultaterne for det centrale område. Dette dækker imidlertid over følgende forskelle:

- Gevinsterne ved fortrængning af energi produceret med naturgas og supplerede elproduktion er større end for det decentrale område. Dette er til fordel for forbrænding.
- Der er i referencesituationen omkostninger til at etablere en transmissionsledning (og køleranlæg), som gør forbrænding dyrere end i det centrale område. Dette er til ulempe for forbrænding.

Samlet set er meromkostningerne til medforbrænding lidt større end i det centrale område, mens meromkostningerne til KBK er stort set uændrede. Det betyder, at medforbrænding er samfundsøkonomisk fordelagtigt i forhold til forbrænding med nye ovne. Der er en samfundsøkonomisk gevinst ved at medforbrænde og behandle med KBK-metoden, men gevinsten er mindre end ved alene at medforbrænde. KBK-behandling er på niveau med forbrænding på nye forbrændingsovne.

6.3 Følsomhedsanalyser

For at vurdere resultaternes robusthed er der gennemført en række følsomhedsanalyser. De undersøgte variationer er præsenteret og begrundet i tabellen nedenfor.

Tabel 6.7 Liste over følsomhedsanalyser

Følsomhedsanalyse	Beskrivelse
Fortræng nye el- og kraftvarmeanlæg	Opførelsen af ny affaldskapacitet medfører, at man ikke behøver opføre nye centrale og decentrale kraftvarmeanlæg. Herved spares faste omkostninger og investeringsomkostninger. Til gengæld er brændselsbesparelsen mindre, da nye kraftvarmeanlæg er mere effektive end de gamle anvendt i basisscenerierne. Se Tabel 6.8 nedenfor.
Lavere kul- og gaspriser	Her anvendes et alternativt og lavere skøn (sidste års skøn fra ENS) om kul og gaspriserne. Kul: 13 kr/GJ; gas: 38 kr/GJ.
IEAs kul- og gaspriser	Her anvendes IEAs energipriser fra 2008. Kul: 26 kr/GJ; gas: 80 kr/GJ.
Alternative CO ₂ skyggepris	Skyggeprisen for CO ₂ er 50% højere end kvoteprisen, hvilket afspejler en situation hvor det er vanskeligt at finde reduktioner i den ikke-kvotebelagte sektor.
Marginal el produceret på naturgas i stedet for kul	Givet udfordringerne på klimaområdet kan det tænkes at fremtidens marginale el produceres på naturgas frem for kul.
Alternative indsamlingsomkostninger for KBK	Merindsamlingsomkostningerne for biologisk affald er 186 kr/ton i stedet for 26 kr/ton. Her antages, at etageejendomme får en omkostningsforøgelse på 447 kr/ton, som skyldes at man er nødt til at indsamle hyppigere i denne type beboelse. Der er ca. 38% etageejendomme i forhold til det samlede antal boliger i Danmark. Resten får en omkostningsforøgelse på 26 kr/ton.
Mertransportomkostninger for medforbrænding =0	Her vises effekten af en antagelse om, at der ikke er mertransport forbundet med medforbrænding af KBK
Vægt begrænser eksisterende anlæg	Den begrænsende faktor for de eksisterende forbrændingsanlæg forudsættes at være affaldets vægt frem for energiindhold. Opførelse af KBK anlæg (som behandler det tunge, lavværdige affald) medfører, at brændværdien for restaffaldet stiger. I denne følsomhedsanalyse kan de eksisterende anlæg behandle en uændret mængde affald men fortrænge mere varme fra kraftværkerne, hvilket medfører en forbedret samfundsøkonomi for KBK anlæg. Modsat effekt for medforbrænding.

Tabel 6.8 Karakteristika for el- og varmeproducerende anlæg i første følsomhedsanalyse

		CKV udtag, mod- tryk	CKV udtag, kon- dens	Margi- nal el	DKV gas- turbi- ne	Gas kedel
Elvirkningsgrad	%	44,7%	55,0%	64,0%	55,0%	0,0%
Varmevirkningsgrad	%	48,3%	0,0%	0,0%	36,0%	97,0%
Årlig driftstid	Timer/år	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Investeringsomkostning	Kr/GJ ind	17,8	17,8	8,5	11,3	2,4
Faste omkostninger	Kr/GJ ind	0,5	0,5	2,9	2,3	1,2
Variable omkostninger	Kr/GJ ind	3,7	3,7	3,1	5,7	0,0
Brændselsomkostning	Kr/GJ ind	26,3	26,3	79,9	79,9	79,9
Kvoteomkostning	Kr/GJ ind	21,2	21,2	13,2	13,2	13,2
Total omkostning	Kr/GJ ind	69,6	69,6	107,6	112,4	96,7
Total omkostning	Kr/GJ ud	74,8	126,5	168,2	123,5	99,7

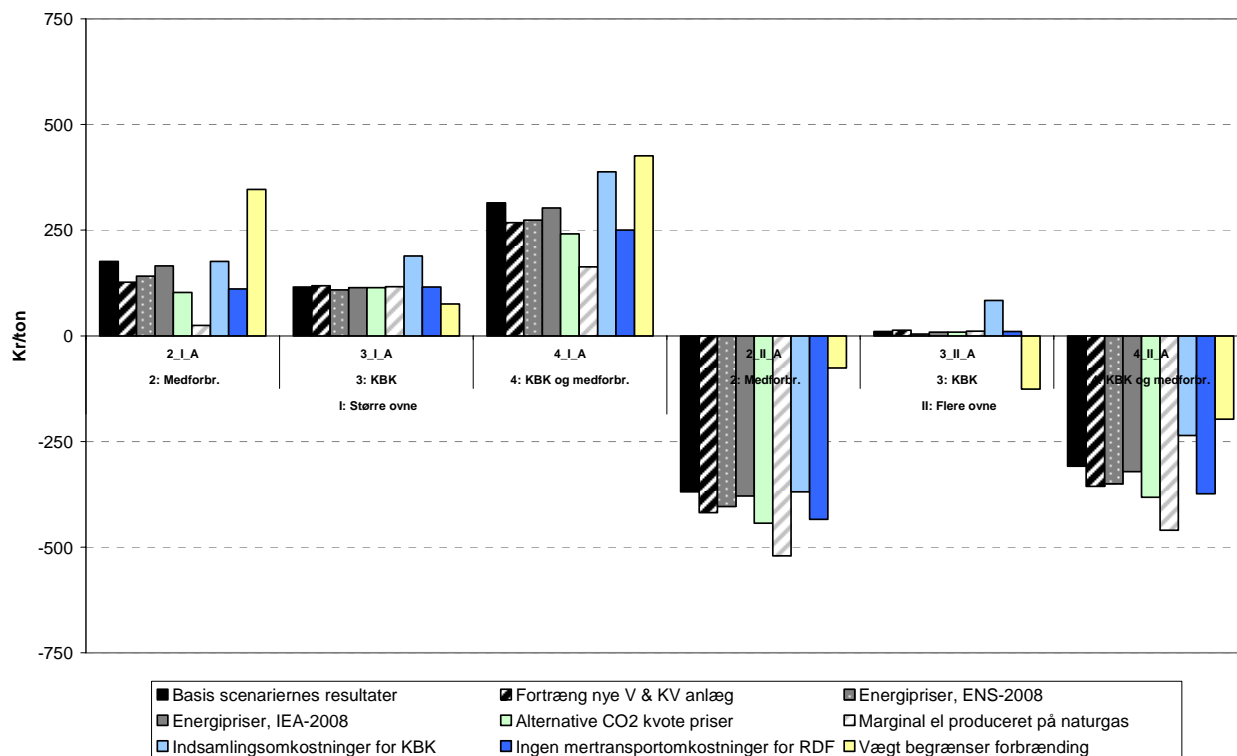
Kilder: Energistyrelsen 2005 (virkningsgrader og økonomi).

Note: GJ ind er indfyret brændsel, GJ ud angiver den samlede mængde produceret varme og el. Kvotekomkostningen er beregnet ud fra den antagne kvotepris og emissionskoefficienter for kul og naturgas.

Resultat af følsomhedsanalyser for scenarierne

Resultatet af følsomhedsanalyserne for enhedsomkostningerne i scenarierne er præsenteret i nedenstående figurer. Først ses resultaterne for det centrale område.

Figur 6.2 Følsomhedsanalyser for meromkostninger i scenarierne, kr/ton gennemsnitligt forbrændingseget affald, centralt område



Nedenfor gennemgås hver af følsomhedsanalyserne for det centrale område:

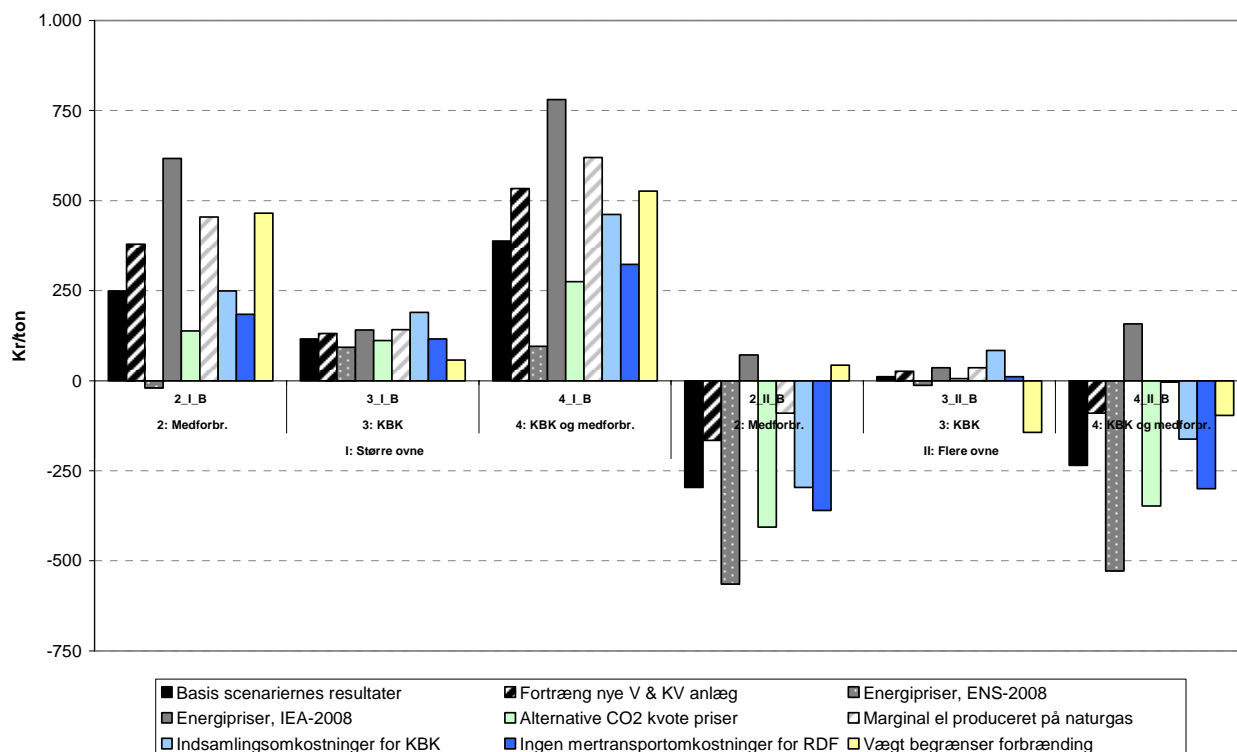
- Følsomhedsanalysen, hvor de **fortrængte anlægs** faste driftsomkostninger og investering spares, reducerer meromkostningerne ved medforbrænding i det centrale område. Det skyldes, at forbrænding netto fortrænger investerings- og faste omkostninger fra el- og varmeproduktion, men pga. den bedre energieffektivitet på de fortrængte anlæg, så fortrænger forbrænding en mindre mængde kul og færre emissioner. Samlet set bliver forbrænding mindre fordelagtigt. Derfor bliver medforbrænding mere fordelagtigt i forhold til forbrænding. Scenarium 3 (KBK) er upåvirket af følsomhedsanalysen, fordi den påvirker forbrænding i referencesituationen parallelt. Analysens konklusion ændres ikke som følge af denne følsomhedsanalyse.
- Det fremgår af figuren, at følsomhedsanalysen med **lavere energipriser** reducerer meromkostningerne ved medforbrænding og KBK. Følsomhedsanalysen påvirker dog ikke konklusionen, når man ser på det centrale område.
- Det fremgår af figuren, at følsomhedsanalysen med **IEAs energipriser** ligeledes reducerer meromkostningerne ved medforbrænding og KBK, fordi kulprisen er lavere end i basisberegningen. Følsomhedsanalysen påvirker dog ikke konklusionen, når man ser på det centrale område.

- I følsomhedsanalysen hvor **CO₂-skyggeprisen** øges med 50% i forhold til kvoteprisen (som fastholdes), reduceres meromkostningen for medforbrænding. Det skyldes, at man i dette scenarium flytter CO₂ fra ikke kvotebelagt sektor (dedikeret affaldsforbrænding) til kvotebelagt sektor (medforbrænding). KBK-scenariet er stort set upåvirket af denne ændring.
- Følsomhedsanalyse med **marginal el produceret på naturgas** reducerer meromkostningerne ved medforbrænding. Det skyldes, at forbrænding bliver mindre fordelagtigt, fordi man fortrænger en renere energiproduktion og besparelsen i gas ikke stiger lige så meget. KBK er upåvirket af denne ændring. Det skal påpeges, at i praksis i et fremtidigt scenarium er det sandsynligt, at den marginale el fordeler sig med omtrent 80% kul og 20% naturgas. Derfor er resultatet i praksis en sammenvejning af resultaterne af denne følsomhedsanalyse og den centrale analyse. En sådan sammenvejning ændrer ikke analysens konklusion.
- Følsomhedsanalysen med højere **merindsamlingsomkostninger for KBK** øger meromkostningerne ved KBK. Men forøgelsen af indsamlingsomkostningerne ændrer ikke alene analysens konklusion.
- Følsomhedsanalysen uden mertransportomkostninger for RDF reducerer meromkostningerne for medforbrænding. Men reduktionen af transportomkostningerne ændrer ikke alene analysens konklusion.
- I den følsomhedsanalyse, hvor **vægt antages at være den begrænsende faktor i stedet for energimængde på forbrændingsanlæggene**, påvirkes analysens konklusion. I dette tilfælde bliver KBK samfundsøkonomisk mere fordelagtigt end forbrænding på nye ovne i det centrale område. Meromkostningerne ved medforbrænding forøges, men ikke nok til at ændre på konklusionen.

Det kan således for det centrale område konkluderes, at den ændring i forudsætning, som påvirker analysens konklusion, er antagelsen om at vægt er den begrænsende faktor i stedet for energimængde på forbrændingsanlæggene. De øvrige følsomhedsanalyser påvirker ikke analysens konklusion i det centrale område.

Nedenfor ses resultaterne af følsomhedsanalyserne for det decentrale område.

Figur 6.3 Følsomhedsanalyser for meromkostninger i scenarierne, kr/ton gennemsnitligt forbrændingseget affald, decentralt område



Nedenfor gennemgås hver af følsomhedsanalyserne for det decentrale område:

- Følsomhedsanalysen hvor de **fortrængte anlægs** faste driftsomkostninger og investering spares, øger meromkostningerne ved medforbrænding i det decentrale område. Det skyldes, at forbrænding netto ikke fortrænger investerings- og faste omkostninger fra el- og varmeproduktion, men til gengæld fortrænger mere gas pga. den bedre energieffektivitet på de fortrængte anlæg. Selvstændigt ændrer denne følsomhedsanalyse dog ikke konklusionen for medforbrænding. Scenarium 3 (KBK) er stort set upåvirket af følsomhedsanalysen.
- For det decentrale område reduceres meromkostningerne ved alternativerne til forbrænding i følsomhedsanalysen med **lavere energipriser**. Når man sammenligner marginalt større forbrændingsovne bliver medforbrænding samfundsøkonomisk fordelagtigt i denne følsomhedsanalyse. Det skyldes, at gevinsten ved forbrænding reduceres væsentligt mere end gevinsten ved medforbrænding. KBK bliver bedre end forbrænding på nye ovne, og derfor bliver medforbrænding og KBK tilsammen fordelagtigt, men ikke ligeså godt som medforbrænding alene.
- Det fremgår af figuren, at følsomhedsanalysen med **IEAs energipriser** øger meromkostningerne ved medforbrænding og KBK, fordi gasprisen er højere end i basisberegningen. Følsomhedsanalysen påvirker således ikke konklusionen, når man ser på det decentrale område.

- I følsomhedsanalysen hvor **CO₂-skyggeprisen** øges med 50% i forhold til kvoteprisen (som fastholdes), reduceres meromkostningen for medforbrænding. Det skyldes, at man i dette scenarium flytter CO₂ fra ikke kvotebelagt sektor (dedikeret affaldsforbrænding) til kvotebelagt sektor (medforbrænding).
- I følsomhedsanalysen hvor **marginal el produceres på naturgas** i stedet for kul øges meromkostningerne ved medforbrænding i forhold til dedikeret forbrænding. Det skyldes, at forbrænding får lavere nettoomkostninger, fordi besparelsen ved fortrængning bliver større. Denne følsomhedsanalyse kan dog ikke alene ændre konklusionen. Det skal påpeges, at i praksis i et fremtidigt scenarium er det sandsynligt, at den marginale el fordeler sig med omtrent 80% kul og 20% naturgas. Derfor er resultatet i praksis en sammenvejning af resultaterne af denne følsomhedsanalyse og den centrale analyse. En sådan sammenvejning ændrer ikke analysens konklusion.
- Følsomhedsanalysen med højere **merindsamlingsomkostninger for KBK** øger meromkostningerne ved KBK. Men forøgelsen af indsamlingsomkostningerne ændrer ikke alene analysens konklusion.
- Følsomhedsanalysen uden mertransportomkostninger for RDF reducerer meromkostningerne for medforbrænding. Men reduktionen af transportomkostningerne ændrer ikke alene analysens konklusion.
- I den følsomhedsanalyse, hvor **vægt antages at være den begrænsende faktor i stedet for energimængde på forbrændingsanlæggene**, påvirkes analysens konklusion. I dette tilfælde bliver KBK samfundsøkonomisk mere fordelagtigt end forbrænding på nye ovne både i det centrale område og det decentrale område. Det skyldes, at man i dette tilfælde ikke skal investere i ekstra forbrændingskapacitet som følge af, at man fjerner det lavværdige affald. Tilsvarende bliver meromkostningerne ved medforbrænding højere, fordi man skal investere i ny kapacitet, fordi man fjerner det højværdige affald.

Det kan således for det decentrale område konkluderes, at de ændringer i forudsætning, som påvirker analysens konklusion, er de anvendte energipriser og antagelsen om at vægt er den begrænsende faktor i stedet for energimængde på forbrændingsanlæggene. De øvrige følsomhedsanalyser påvirker ikke analysens konklusion i det decentrale område.

6.4 Ikke-værdisatte effekter

Der er en række elementer, som ikke er medtaget i den samfundsøkonomiske analyse. Nogle elementer medtages ikke, fordi der ikke findes metoder til at opgøre eller værdisætte dem. Det drejer sig bl.a. om en række effekter, der er belyst i miljøvurderingen. Andre effekter er ikke medtaget, fordi det kan diskuteres, om scenarierne påvirker dem. Det drejer sig bl.a. om gene for husholdninger for udsortering af biologisk affald.

Nedenfor beskrives de ikke-værdisatte effekter:

- **Miljøvurderingen** indeholder opgørelser af både ikke-toksiske og toksiske påvirkningskategorier. De ikke-toksiske kategorier omfatter luftemissioner (CO₂, SO₂, NO_x, CH₄, VOC), som er opgjort og værdisat i den samfundsøkonomiske analyse. Den toksiske kategori omfatter påvirkning via luft (primært fra VOC med små bidrag fra NO_x og PAH). Desuden omfatter den toksiske kategori påvirkning via vand og jord. Begge disse to påvirkninger indgår ikke i den samfundsøkonomiske analyse, men belyses overordnet i det følgende.
 - **Humantoksicitet via luft** er værdisat i den samfundsøkonomiske analyse ved værdien af VOC og NO_x, men PAH er ikke værdisat i den samfundsøkonomiske analyse. Da PAH udgør en mindre del af de emissioner, som bidrager til humantoksicitet vurderes det at være mindre afgørende at PAH ikke er værdisat i den samfundsøkonomiske analyse.
 - **Økotoksicitet i vand** fremkommer som følge af emissionsændringer af PAH og strontium fra opstrømsprocesser. Miljøvurderingens vurdering af datagrundlaget for opgørelsen er, at dette er usikkert, og resultaterne for denne kategori bør derfor ifølge miljøvurderingen ikke tillægges så stor værdi. Resultaterne af miljøvurderingen er, at der er en nettobesparelse for alle behandlingsformer i det centrale område og en nettoforøgelse for alle behandlingsformer i det decentrale område. Affaldsforbrænding har den største absolutte effekt i begge tilfælde. Det betyder, at der netto vil være en **negativ effekt på økotoksicitet i vand for Scenarium 2A-4A** i forhold til dedikeret forbrænding (det centrale område) og en netto **positiv effekt på økotoksicitet for Scenarium 2B-4B** i forhold til dedikeret forbrænding (det decentrale område). Forskellen er størst for medforbrænding og tæt ved ubetydelig for KBK. Altså målt på denne kategori er scenarierne i det decentrale område bedst.
 - Påvirkningen af **økotoksicitet i jord** beskrives i miljøvurderingen som værende ekstremt små. Resultaterne for denne kategori bør derfor ifølge miljøvurderingen ikke indgå i vurderingen.
 - **Samlet set** vurderes de ikke-værdisatte effekter fra miljøvurderingen ikke at kunne ændre analysens konklusioner, fordi effekterne enten er små eller højst usikre.
- **Gene for husholdning for udsortering af biologisk affald.** Ved KBK-metoden forudsættes det, at der etableres todelte indsamlinger. Det kræver, at husholdningerne sorterer og fordeler deres affald i to beholdere. Det betyder, at private husholdninger potentielt skal bruge ekstra tid til at sortere deres affald, hvilket er forbundet med en omkostning. Ifølge Transportøkonomiske Enhedspriser er den officielle tidsværdi for fritid ca. 80 kr/time. En husholdning generer ca. ½ ton husholdningsaffald per år. Hvis det antages, at en husholdning bruger ca. 1 minut ekstra per dag på at sor-

tere affaldet, inden det puttes i skraldespanden, så svarer det til en meromkostning på knap 250 kr/ton husholdningsaffald. Det vil sige, at hvis der er et ekstra tidsforbrug ved sortering betyder dette potentielt meget for den samfundsøkonomiske analyses resultat for KBK-metoden. Imod dette argument tæller, at den enkelte person kan have en nytte ved at sortere sit affald, fordi man føler, at man bidrager til miljøet. Dette vil i givet fald tælle i den anden retning. Det er således ikke klart, hvad nettoeffekten vil være. Derfor kan det kun konkluderes, at denne effekt påvirker Scenarium 3 og 4, hvor KBK-metoden indgår, hvis man mener, at der er en påvirkning.

- Centrale eller decentrale kraftvarmeanlæg tjener i dag og formentlig også i fremtiden som "mellemlast" i elsystemet. Fortrænges disse af dedikeret forbrænding (der tjener som "basislast" i elsystemet) vil **fleksibiliteten i elsystemet** mindskes. Med de stigende krav til VE- og klimahensyn i energiforsyningen, især f.eks. en øget andel af vindenergi, kan dette tænkes at udgøre et selvstændigt problem. Det taler til fordel for medforbrænding af affald, hvor man har mindre belastning på dedikeret forbrænding, som er basislast.
- Danmark har påtaget sig en forpligtelse til at nedbringe bruttoenergiforbruget i form af en bindende målsætning. Beregningerne tager ikke højde for, at eventuelle ændringer i bruttoenergiforbruget ved produktion af el og varme for de analyserede anlæg skal udlignes med øvrige tiltag til nedbringelse af bruttoenergiforbruget. I scenarier hvor bruttoenergiforbruget stiger, vil der derfor være en ikke værdisat samfundsøkonomisk omkostning til at nedbringe bruttoenergiforbruget i andre dele af energisystemet. I scenarier med lavere bruttoenergiforbrug vil der derimod være tale om en samfundsøkonomisk gevinst.

Det er naturligvis vanskeligt at vurdere betydningen af de ikke-værdisatte effekter - netop fordi de ikke er værdisat. Det vurderes, at fleksibiliteten af elsystemet kan have betydning for resultatet, mens størrelsesordenen af effekten af forpligtelsen til at nedbringe bruttoenergiforbruget er ukendt. De øvrige ikke-værdisatte effekter ikke har afgørende betydning for det samlede resultatet.

6.5 Konklusion

På baggrund af analysen kan man ikke give et entydigt svar på rangordningen af behandlingsalternativerne. Det skyldes, at rangordningen afhænger af forudsætningerne om den konkrete investeringssituation for forbrændingsanlæggene, og at robustheden af konklusionen afhænger af, hvilket varmeopland forbrændings- og KBK-anlæggene ligger i.

Ser man på resultaterne af den kvantitative samfundsøkonomiske analyse, kan man imidlertid konkludere følgende:

- For både varmeområder forsynet af centrale, kulfyrede KV-anlæg og varmeområder forsynet af decentrale naturgasfyrede anlæg er det samfundsøkonomisk **fordelagtigt at medforbrænde affald** på kulfyrede KV-anlæg i forhold til at bygge helt nye ovnlinier på dedikerede affaldsforbrændingsanlæg. Hvis det i disse områder er muligt at bygge nye affaldsforbrændingsanlæg marginalt større, er det **dog** samfundsøkonomisk mest fordelagtigt at gøre dette. Sidstnævnte konklusion forudsætter, at den reducerede brændværdi af restaffaldet ikke øger omkostningerne til forbrænding af dette.
- Ovenstående **konklusioner for det centrale varmeområde er robuste** over for øvrige ændrede forudsætninger.
- Ovenstående **konklusioner for det decentrale varmeområde er følsomme** over for naturgasprisen. Således kan en halvering af gasprisen gøre det samfundsøkonomisk fordelagtigt at medforbrænde affald i forhold til at bygge nye affaldsforbrændingsanlæg marginalt større. Modsat kan en højere gaspris gøre det samfundsøkonomisk ufordelagtigt at medforbrænde affald i forhold til at forbrænde affaldet på helt ny ovnlinier.
- I begge varmeområder er **biologisk behandling samfundsøkonomisk mere fordelagtigt** end nye ovnlinier på dedikerede forbrændingsanlæg, hvis forøgelsen af restaffaldets brændværdi *ikke* medfører, at de eksisterende forbrændingsanlægs kapacitet bliver utilstrækkelig. Hvis forøgelsen af restaffaldets brændværdi medfører, at de eksisterende forbrændingsanlægs kapacitet bliver utilstrækkelig er biologisk behandling **samfundsøkonomisk på niveau med forbrænding på nye ovnlinier**. Konklusionerne er robuste over for variation i de øvrige forudsætninger.
- **Biologisk behandling er mindre samfundsøkonomisk fordelagtigt** end forbrænding på marginalt større forbrændingsovne. Denne konklusion er robust over for variation i de øvrige forudsætninger.
- Der er **ikke nogen samfundsøkonomisk fordel** i både at medforbrænde affald og etablere biologisk behandling af affald i forhold til alene at medforbrænde affald. Denne konklusion er robust over for variation i de øvrige forudsætninger.

Konklusionerne af den kvantitative samfundsøkonomiske analyse skal sammenholdes med de effekter, som ikke er opgjort og værdisat i analysen. Det vurderes som nævnt i forrige afsnit, at de fleste af disse effekter ikke ændrer analysens konklusioner. Det er ikke klart, om fleksibiliteten i elsystemet kan ændre analysens resultater, men der ligger en selvstændig større analyseopgave forbundet med at opgøre denne effekt. Desuden er størrelsesordenen af effekten af forpligtelsen til at nedbringe bruttoenergiforbruget er ukendt.

6.6 Perspektivering

Scenarierne og følsomhedsanalyserne har vist, at sammenligningen af de forskellige behandlingsformer kan give meget forskellige resultater, alt efter de forudsætninger der lægges til grund for beregningen. Af særlig betydning kan her nævnes spørgsmålene om hvorvidt:

- Kapacitetsudbygning kan ske ved at bygge dedikerede forbrændingsanlæg marginalt større.
- Det er affaldets vægt eller energiindhold der begrænser de eksisterende anlægs kapacitet.

Dette kan eller vil ofte afhænge af forhold i det lokale affalds- / varmeområde, og derfor giver denne rapport ikke en entydig anbefaling om, at en behandlingsform er at foretrække for andre for alle kommende etableringer af nye affaldsbehandlingskapacitet i Danmark. Derimod påviser rapporten, at man i valget af behandlingsform netop skal tage hensyn til de lokale forhold, og dette i særlig grad de to ovennævnte forhold.

En anden vigtig problemstilling er karakteren af den elproduktion, som affaldet kan give anledning til. Centrale eller decentrale kraftvarmeanlæg tjener i dag og formentlig også i fremtiden som "mellemlast" i elsystemet. Fortrænges disse af dedikeret forbrænding (der tjener som "basislast" i elsystemet) vil fleksibiliteten i elsystemet mindskes. Med de stigende krav til VE- og klimahensyn i energiforsyningen, især f.eks. en øget andel af vindenergi, kan dette tænkes at udgøre et selvstændigt problem. Dette er dog ikke belyst nærmere i nærværende analyse.

7 Litteraturliste

Affald danmark (2008): Vurdering af mængden af forbrændingseget affald i Danmark.

DMU (2003): Notat om værdisætning af dioxin.

DMU (2008): Beregningspriser for luftforurening,
http://www.dmu.dk/NR/rdonlyres/092100A1-A2E4-4B53-9FED-1B2895C74A6A/0/beregningspriser_EVA_2008.pdf

DTU Transport (2008): *Transportøkonomiske Enhedspriser*, Modelcenteret ved Institut for Transport, version 1.0, februar 2008.
<http://www.dtu.dk/centre/modelCenter/Samfunds%C3%B8konomi/Transport%C3%B8konomiske%20Enhedspriser.aspx>

Energistyrelsen (2005): *Energiteknologier - tekniske og økonomiske udviklingsperspektiver. Teknisk baggrundsrapport til Energistrategi 2025.*

Bilag 1: Detaljerede resultater for scenarierne

Tabel 7.1 Meromkostninger i scenarierne i forhold til referencescenariet, kr/ton gennemsnitligt forbrændingsegnet affald

Område	A: Centralt område						B: Decentralt område					
	I: Større ovne			II: Flere ovne			I: Større ovne			II: Flere ovne		
Ovne	2: Medforbr.	3: KBK	4: KBK og medforbr.	2: Medforbr.	3: KBK	4: KBK og medforbr.	2: Medforbr.	3: KBK	4: KBK og medforbr.	2: Medforbr.	3: KBK	4: KBK og medforbr.
Teknologi	2 A	3 A	4 A	2 A	3 A	4 A	2 B	3 B	4 B	2 B	3 B	4 B
Scenarie	2 A	3 A	4 A	2 A	3 A	4 A	2 B	3 B	4 B	2 B	3 B	4 B
Faste omkostninger												
Investeringsomkostninger DKK / ton FEA	-4	17	19	-312	-43	-333	-68	9	-53	-376	-50	-405
Faste omkostninger DKK / ton FEA	-109	-5	-109	-138	-11	-142	-109	-5	-109	-138	-11	-142
Variable drifts og vedligeholdelses omkostninger												
Øvrige variable omk. DKK / ton FEA	145	30	175	145	30	175	149	30	179	149	30	179
Transport												
Transport og indsamlings omk. (ekskl. mon DKK / ton FEA	39	30	69	39	30	69	39	30	69	39	30	69
Netto fortrængning												
Brændselsomk., fortrængning DKK / ton FEA	36	7	44	36	7	44	502	41	542	502	41	542
Kvoteomk., fortrængninger DKK / ton FEA	64	5	69	64	5	69	-118	-8	-126	-118	-8	-126
Restprodukter DKK / ton FEA	29	-3	26	29	-3	26	29	-3	26	29	-3	26
Miljøeffekter og andre eksternaliteter												
Ikke-kvotebelagt GHG DKK / ton FEA	-91	-2	-91	-91	-2	-91	-136	-6	-140	-136	-6	-140
Eksternaliteter ab skorsten DKK / ton FEA	-3	-13	-16	-3	-13	-16	-216	-28	-244	-216	-28	-244
Eksternaliteter fra transport DKK / ton FEA	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3
Totale omk. ekskl. afgifter	108	67	189	-229	2	-196	71	61	147	-265	-4	-238
Afgifter (naf) DKK / ton FEA	38	28	71	-79	5	-64	100	31	136	-18	8	1
Skatteforvridning DKK / ton FEA	30	21	55	-61	4	-49	77	24	105	-14	6	1
Totale omk inkl. afgifter og skatteforvrid	176	116	315	-369	11	-309	249	116	388	-296	11	-235

Bilag 2: Betydning af samfundsøkonomiske beregningsværdier

I beregningerne er benyttet samfundsøkonomiske beregningsværdier og metoder, som adskiller sig fra den pt. gældende samfundsøkonomiske vejledning¹⁰ på 3 punkter: Niveauet af den samfundsøkonomiske kalkulationsrente, niveauet af nettoafgiftsfaktoren, og metoden for beregning af skatteforvridningstab.

Afvigelsen fra vejledningen er begrundet i forventningen om en snart forestående opdatering af vejledningen, som pt. er i høring hos relevante parter.

Den samfundsøkonomiske kalkulationsrente

I Vejledningen opereres med en real (dvs. ekskl. inflation) kalkulationsrente på 6%, mens nærværende analyse benytter sig af 5%. Dette er valg er blandt andet begrundet i at det generelle realrenteniveau har været for nedadgående siden fastsættelsen af Vejledningens 6% (og det seneste 10-år har befundet sig på omkring 3%).

Påvirkningen i nærværende beregninger af den mindre kalkulationsrente begrænser sig til nogle få kroner mindre i behandlingsomkostning per ton gennemsnitsaffald.

Nettoafgiftsfaktoren

I Vejledningen opereres med en nettoafgiftsfaktor på 17%, som bruges til at opskalere resultaterne fra faktorpriser til forbrugerpriser, således at resultaterne kan sættes i forhold til forbrugernes indkomster. Den i analyserne anvendte nettoafgiftsfaktor på 35% er begrundet i nyere beregninger fra Finansministeriet, som ud over at inddrage det seneste ti-års stigninger i moms og afgifter, også benytter sig af en alternativ beregningsmetode. I stedet for at afspejle det gennemsnitlige afgiftsniveau, beregner den nye metode et afgiftsniveau på forbrugsgoder.

Påvirkningen i nærværende beregning af en 35% nettoafgiftsfaktor er omkring 20% større forskelle mellem behandlingspriserne, idet nettoafgiftsfaktoren påvirker de forskellige behandlingsformer med omtrent samme vægt.

Skatteforvridningstab

Med Vejledningens metode skal der kun beregnes skatteforvridningstab af påvirkninger på de offentlige finanser. Dette begrundes i at påvirkninger af de offentlige finanser altid skal balanceres, i sidste ende af ændret skattetryk på arbejde. Der argumenteres at en øget skat på arbejde vil medføre mindre arbejdsudbud, dvs. en forvridning som er ansat til 20% af skattetryksændringen. Den her anvendte metode beregner skatteforvridningstab af projektets nettoomkostninger uanset om de påvirker de offentlige finanser eller ej. Dette gøres ud fra en betragtning om at forbrugerens reale indkomst påvirkes lige meget af om en ekstra omkostning overvæltet via skatten på arbejde eller et øget prisni-

¹⁰ Energistyrelsen (2007): "Vejledning i samfundsøkonomiske analyser på energiområdet", http://ens.dk/graphics/Energipolitik/dansk_energipolitik/oekonomiske_analyser/vejledning_110405/Vejledning_2005-rev2007.pdf

veau for de goder forbrugeren anskaffer sig (i dette tilfælde bortskaffelse af affald og produktion af el og varme).

I nærværende analyse ville der med Vejledningens metode ikke have været noget skatteforvridningstab, da skift mellem de belyste behandlingsmetoder ikke har nogen statsfinansiell effekt. Påvirkningen i nærværende beregning er omkring 20% større forskelle mellem behandlingspriserne, idet skatteforvridningstabet påvirker de forskellige behandlingsformer med omtrent samme vægt.