

Miljømæssige forhold ved genanvendelse af papir og pap

Opdatering af vidensgrundlaget

Niels Frees¹⁾

Morten Søes Hansen¹⁾

Lars Mørck Ottosen²⁾

Kathe Tønning²⁾

Henrik Wenzel¹⁾

1) Institut for Produktudvikling, IPU

2) Teknologisk Institut

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

INDHOLD	3
FORORD	7
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	9
SUMMARY AND CONCLUSIONS	15
1 INTRODUKTION - VURDERING AF DEN TIDLIGERE DATAINDSAMLING	21
1.1 OPDATERING I FORHOLD TIL KVALITETSSIKRINGENS KOMMENTARER	21
1.1.1 Overordnede kommentarer	21
1.1.2 Væsentlige kritikpunkter	22
1.1.3 Metodegennemgang	23
1.1.4 Delrapporter	24
1.2 METODEUDVIKLING	24
1.3 NYE DATA OG FORUDSÆTNINGER	25
2 MATERIALESTRØM FOR PAPIR OG PAP	27
2.1 DET DANSKE PAPIRFORBRUG	27
2.2 PAPIRKVALITETER	27
2.3 LOVGRUNDLAG FOR GENANVENDELSE AF PAPIR OG PAP	28
2.4 RETURPAPIRFORBRUGENDE FABRIKKER I DANMARK	29
2.5 INDSAMLING AF PAPIR OG PAP	29
2.5.1 Indsamling af papir og pap i 2001	30
2.5.2 Indsamlet returpapir opdelt på kvaliteter	30
2.6 DANSKE FABRIKKERS FORBRUG AF RETURPAPIR	31
2.7 UDENRIGSHANDLEN OG RETURPAPIRFORBRUGET	32
2.8 RETURPAPIRPRISER	33
2.8.1 Prisudviklingen	33
2.8.2 Baggrund for prisstatistik	33
3 MILJØVURDERINGENS FORMÅL, AFGRÆNSNING OG METODE	36
3.1 MILJØVURDERINGENS FORMÅL	36
3.2 VURDERINGENS EMNER OG REFERENCEPRODUKT	36
3.3 FUNKTIONEL ENHED	37
3.4 SYSTEMAFGRÆNSNINGER	37
3.4.1 Tre anvendte fremtidsscenarier	37
3.4.2 Kriterier for forenklinger og udeladelser	41
3.4.3 Allokeringer, systemudvidelse og lødighedstab	42
3.5 DATAKATEGORIER	45
3.5.1 Beslutning om datakategorier	45
3.5.2 Energi	46
3.6 MEDTAGNE INPUT OG OUTPUT	47
3.7 KRAV TIL DATAKVALITET	47
3.7.1 Afgrænsninger af tid, geografi og teknologi	47
3.7.2 Datakilder	49

3.8	MILJØVURDERING	49
3.8.1	<i>Miljøvurderingsmetode</i>	49
3.8.2	<i>Vurderede effekter og ressourcer</i>	51
3.8.3	<i>Usikkerheds- og følsomhedsvurdering</i>	52
3.9	KVALITETSSIKRING OG KRITISK GRANSKNING	53
4	SCENARIER	54
4.1	SCENARIER - BLANDET PAPIR	54
4.1.1	<i>Scenarie 1 - Udgangssituationen</i>	55
4.1.2	<i>Scenarie 2 - Øget genanvendelse</i>	57
4.1.3	<i>Scenarie 3 - Reduceret genanvendelse</i>	58
4.1.4	<i>Scenarie 4 og 5</i>	58
4.1.5	<i>100 % scenarier</i>	58
4.2	SCENARIER - AVISER OG UGEBLADE	59
4.2.1	<i>Scenarie 1 - Udgangssituationen</i>	61
4.2.2	<i>Scenarie 2 - Øget genanvendelse</i>	62
4.2.3	<i>Scenarie 3 - Reduceret genanvendelse</i>	62
4.2.4	<i>Scenarie 4 og 5 - Eksport</i>	63
4.2.5	<i>100 % scenarier</i>	63
4.3	SCENARIER - BØLGEPAK	64
4.3.1	<i>Scenarie 1 - Udgangssituationen</i>	65
4.3.2	<i>Scenarie 2 - Øget genanvendelse</i>	66
4.3.3	<i>Scenarie 3 - Reduceret genanvendelse</i>	67
4.3.4	<i>Scenarie 4 og 5</i>	67
4.3.5	<i>100 % scenarier</i>	67
5	DATAINDSAMLING	68
5.1	PRIMÆR PAPIRFREMSTILLING	68
5.1.1	<i>Papir for aviser og ugeblade</i>	68
5.1.2	<i>Pap, fluting og liner for bølgepak</i>	70
5.1.3	<i>Papir og pak for blandede og bedre kvaliteter</i>	73
5.2	SAMMENLIGNING AF ENERGIDATA VED FREMSTILLING AF FORSKELLIGE VIRGINE PAPIRKVALITETER I 2002 MED ENERGIDATA I 1991/1992 ANVENDT I MILJØPROJEKT NR. 294	75
5.3	AFFALDSFORBRÆNDING	76
5.4	FABRIKSBEKRIVELSE; BRØDRENE HARTMANN A/S, TØNDER	79
5.4.1	<i>Procesbeskrivelse</i>	79
5.4.2	<i>Massebalance</i>	79
5.4.3	<i>Energi</i>	79
5.4.4	<i>Hjælpstoffer og affald</i>	80
5.4.5	<i>Vand</i>	80
5.4.6	<i>Samlet oversigt</i>	81
5.5	FABRIKSBEKRIVELSE; SCA PACKAGING DJURSLAND A/S	81
5.5.1	<i>Procesbeskrivelse</i>	82
5.5.2	<i>Massebalance</i>	82
5.5.3	<i>Energi</i>	82
5.5.4	<i>Råvarer, hjælpstoffer og affald</i>	83
5.5.5	<i>Vand</i>	83
5.5.6	<i>Samlet oversigt</i>	83
5.6	FABRIKSBEKRIVELSE; SKJERN PAPIRFABRIK A/S	84
5.6.1	<i>Procesbeskrivelse</i>	84
5.6.2	<i>Massebalance</i>	85
5.6.3	<i>Energi</i>	85
5.6.4	<i>Råvarer, hjælpstoffer og affald</i>	85
5.6.5	<i>Vand</i>	85
5.6.6	<i>Samlet oversigt</i>	86

5.7	FABRIKSBESKRIVELSE; DALUM PAPIR A/S	86
5.7.1	<i>Cyclusmasse fremstillet på Maglemølle</i>	87
5.7.2	<i>Fremstilling af cycluspapir på papirfabrikken i Dalum</i>	89
5.7.3	<i>Samlet oversigt</i>	90
5.8	SAMMENLIGNING AF DE DANSKE FABRIKKERS ENERGIDATA I 2002 MED ENERGIDATA I 1991/1992 ANVENDT I MILJØPROJEKT NR. 294	91
5.9	GENVINDING AF AVISER OG UGEBLADE	91
5.9.1	<i>Genvinding i Danmark</i>	91
5.9.2	<i>Genvinding i udlandet</i>	92
5.10	GENVINDING AF BØLGEPAP	93
5.10.1	<i>Genvinding i Danmark</i>	93
5.10.2	<i>Genvinding i udlandet</i>	93
5.11	GENVINDING AF BLANDET PAPIR	93
5.11.1	<i>Genvinding i Danmark</i>	93
5.11.2	<i>Genvinding i udlandet</i>	94
6	MILJØVURDERINGENS RESULTATER	95
6.1	BLANDET PAPIR	96
6.1.1	<i>Fremtidsscenario 1. Ubegrænset vedmasse og ingen nyttiggørelse af frigjort vedmasse</i>	96
6.1.2	<i>Fremtidsscenario 2. Begrænset vedmasse</i>	100
6.1.3	<i>Samlet ændring af genanvendelsesprocenten</i>	102
6.2	AVISER OG UGEBLADE	103
6.2.1	<i>Samlet ændring af genanvendelsesprocenten</i>	105
6.3	BØLGEPAP	107
6.3.1	<i>Samlet ændring af genanvendelsesprocenten</i>	109
6.4	COST/BENEFIT OVERVEJELSER	110
6.5	SAMMENLIGNING AF DETTE OG DET TIDLIGERE STUDIE	113
7	FORTOLKNING AF RESULTATER	115
7.1	VÆSENTLIGSTE PÅVIRKNINGER	115
7.2	USIKKERHEDS- OG FULDSTÆNDIGHEDSVURDERING	117
7.3	FØLSOMHEDSVURDERING	117
7.4	KONSISTENSANALYSE	119
8	SAMMENFATTENDE KONKLUSION OG ANBEFALINGER	120
8.1	SAMMENFATNING	120
8.1.1	<i>Den nære fremtid (overskud af vedmasse)</i>	121
8.1.2	<i>Den lidt fjernere fremtid (underskud af vedmasse)</i>	122
8.1.3	<i>Cost/benefit overvejelser</i>	122
8.2	KONKLUSION OG ANBEFALINGER	122
9	REFERENCER	125
	Bilag A Resultater	129
	Bilag B Review rapport	191

Forord

Projektet "Opdatering af vidensgrundlaget for de miljømæssige forhold ved genanvendelse af papir og pap" er gennemført i perioden september 2002 til december 2003.

Projektets formål har været at opdatere den miljømæssige del af den tidligere gennemførte undersøgelse om "Miljøøkonomi for papir- og papkredsløb" udført for Miljøstyrelsen og publiceret i 1995. Dette er gennemført for at skabe et grundlag for at kunne vurdere om man i Danmark under specifikke betingelser med fordel miljø- og ressourcemæssigt kan fremme eller reducere hhv. indsamling til genanvendelse eller forbrænding af returpapir.

Opdateringen er baseret på UMIP-metoden, men det er tilstræbt at fastholde en høj grad af sammenlignelighed med det tidligere projekt "Miljøøkonomi for papir- og papkredsløbet".

Projektet er finansieret af "Rådet for renere produkter".

Projektorganisationen har bestået af en følgegruppe med repræsentanter fra Genvindingsindustrien, SCA Pacaging Djursland A/S, Brdr. Hartmann A/S, Dalum Papir A/S, Dansk Skovforening, Affald Danmark, RenoSam, KL, IPU, Teknologisk Institut og Miljøstyrelsen med Miljøstyrelsen som formand.

Projekt er gennemført af 2 omgange. Første del omfattende grundlæggende dataindsamling og beregninger er gennemført af Teknologisk Institut ved Kathe Tønning (projektleder) og Lars M. Ottosen samt IPU ved Niels Frees. Anden del omfattende supplerende beregninger afledt af review og andre kommentarer er gennemført af IPU ved Niels Frees (projektleder), Henrik Wenzel og Morten Søes Hansen.

Projektrapporten har været igennem en ekstern kritisk granskning udført af Elin Eriksson og Tomas Ekvall fra CIT i Göteborg.

December 2003, Kathe Tønning og Niels Frees

Sammenfatning og konklusioner

Det har været projektets formål at opdatere den miljømæssige del af den tidligere gennemførte undersøgelse om "Miljøøkonomi for papir- og papkredsløb" (Miljøstyrelsen, 1995). Projektets formål har derfor været at vurdere om man i Danmark med fordel miljø- og ressourcemæssigt kan fremme eller reducere henholdsvis indsamling til genanvendelse eller forbrænding af returpapir. Vurderingen gælder under specifikke danske betingelser for indsamling, genvinding og affaldsforbrænding målt som ændringer i forhold til referencesituationen år 2001.

Det tidligere gennemførte projekt var underkastet en ekstern kvalitetssikring som affødte en række kritikpunkter. Disse kritikpunkter er i nærværende projekt vurderet, og der er på denne baggrund foretaget en række justeringer i forhold til bl.a. den tidligere dataindsamling (se Kapitel 1).

Der er i projektet opstillet en række scenarier for henholdsvis øget og reduceret indsamling af returpapir og -pap til genanvendelse, og der er taget udgangspunkt i materialestrømme for papir og pap i 2001.

Der er udarbejdet scenarier for følgende 3 papirkvaliteter:

- Aviser og ugeblade
- Bølgepap
- Blandet papir (inkl. bedre kvaliteter).

For hver af de 3 papirkvaliteter er der per kg indsamlet papir beregnet 100 % genvinding og 100 % forbrænding for at illustrere den miljømæssige forskel på at genvinde et kg papir mere eller mindre end i dag med 2001 som reference. Yderligere er der opstillet et referencescenarie (udgangsscenarie 2001) og 4 udviklingsscenarier for det samlede danske papirforbrug indenfor hver af de 3 typer.

De 4 udviklingsscenarier belyser følgende situationer:

- Øget indsamling og øget genanvendelse på danske returpapirforbrugende fabrikker
- Reduceret indsamling og reduceret genanvendelse i Danmark
- Øget indsamling og øget eksport, men uændret produktion på de danske fabrikker
- Reduceret indsamling og reduceret eksport, men uændret produktion på de danske fabrikker.

Projektet baserer sig på produktionen på de 4 danske returpapirforbrugende fabrikker, henholdsvis:

- Brødrene Hartmann A/S, Tønder der producerer emballage og produkter i støbepap ud fra returpapir. Returpapirforbruget er i kategorien "aviser og ugeblade", og den årlige (2001) produktionsmængde er ca. 42.000 tons færdigvarer.
- Skjern Papirfabrik A/S der producerer bl.a. hylsekarton, toiletpapirruller og bogpap ud fra returpapir. Returpapirforbruget omfatter kategorierne

- “aviser og ugeblade”, “bølgepap” og “blandet papir”, og den årlige (2001) produktionsmængde er ca. 50.000 tons færdigvarer.
- SCA Packaging Djursland A/S der producerer liner og fluting ud fra returpapir. Returpapirforbruget omfatter kategorierne “bølgepap” og “blandet papir”, og den årlige (2001) produktionsmængde er ca. 190.000 tons færdigvarer
 - Dalum Papir A/S der producerer cykluspapir på fabrikken i Dalum ved Odense. Cykluspapiret fremstilles hovedsagelig på basis af cyklusmasse fremstillet i Maglemølle ved Næstved. Returpapirforbruget omfatter kategorien “blandet papir”, og den årlige produktionsmængde er ca. 66.000 tons færdigvarer (2001)

Det tidligere studie var en livscyklusvurdering (LCA), hvor miljøvurderingen blev udført ud fra energiforbrug og opgørelse af et begrænset antal udledninger. Det tidligere studie blev udført efter hvad der dengang var god praksis for LCA. Det opdaterede studie er udført efter principperne for livscyklusvurdering, der siden er beskrevet i UMIP-metoden samt i ISO standarderne 14040 – 43. Sammenligning med det tidligere studie er udført på delresultater for at forklare eventuelle forskelle på det nye og det gamle studie. En række væsentlige principper fra det tidligere studie er stadig gældende, og i sammenligningen af det nye og gamle studie for et scenarie med samme genvindingsgrad er der ikke fundet afvigelser, der ikke har kunnet forklares ved nye data, f.eks. for el.

Der er udført beregninger for to principielt forskellige fremtidsscenarier:

- Fremtidsscenario 1: Vedmassen vil være ubegrænset i studiets tidshorizont. Den vedmasse, der spares/frigøres ved papirgenvinding, nyttiggøres ikke, men bliver i skoven
- Fremtidsscenario 2: Vedmassen er begrænset. Brug af vedmasse til papir afføder derfor, at en tilsvarende mængde vedmasse ikke kan bruges til f.eks. energiformål andetsteds. Her antages, at brug af vedmasse afføder et tilsvarende forbrug af fossilt brændsel til energiformål.

Endelig er der i forlængelse af fremtidsscenario 1 udført nogle cost/benefit overvejelser om, hvorvidt forskelle i omkostninger mellem genvinding og affaldsforbrænding står i rimeligt forhold til de miljømæssige forskelle. Der er ikke de samme samfundsmæssige omkostninger forbundet med at genvinde hhv. brænde papiret, og da beslutningen om at øge, fastholde eller reducere papirgenvindingen i væsentligt omfang er miljømæssigt begrundet, bør det derfor overvejes, om der kunne opnås større miljøgevinst for de samme penge på en anden måde. Som illustration af vigtigheden af cost/benefit overvejelserne er belyst et tredje scenario. I dette udnytter samfundet den vedmasse, der spares ved papirgenvinding, til energiformål, idet det antages, at samfundsomkostningen herved er den samme som ved forbrænding af papiret og brug af vedmassen til papirfremstilling.

Ved alle scenarier forudsættes at der benyttes såkaldt marginal energi for elektricitet og sam-produceret varme, dvs. den energiproduktion der er mest følsom over for ændring i energiforbrug. Der er altså tale om den energitype der i sidste ende bliver påvirket, og det antages at være naturgas CC (combined cycle).

Ved genvinding antages det at man undgår produktion af en tilsvarende mængde primært materiale. Dette vil normalt være tilfældet i markeder med

stigende efterspørgsel (af både genvundet og primær), hvilket er eftervist at være tilfældet for papir. Det genvundne materiale kan være af samme type som det oprindelige primære produkt eller en anden produkttype, fx brugte aviser der oparbejdes til støbepap.

Der er fremskaffet specifikke data fra de danske papirgenvindingsvirksomheder, som påvirkes direkte af øget eller reduceret genvinding. Det har ikke været muligt at finde frem til hvilke primære papirfabrikker, der bliver påvirket af øget eller reduceret genvinding, endsige skaffe data fra disse virksomheder. Derfor er data for primær papirproduktion konstrueret bedst muligt ud fra offentligt tilgængelige data fra brancheforeningen Skogsindustrierna i Sverige og EMAS-rapporter fra papirfabrikker.

Der er indsamlet data for forbrug af materialer, forbrug af energi, emissioner til luft, emissioner til vand og produceret affald.

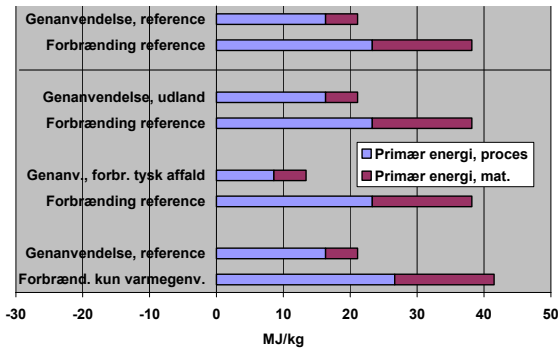
Der er vurderet miljøeffekterne: Drivhuseffekt, forsurening, næringssaltbelastning og fotokemisk ozondannelse. De vurderede ressourcer er: Naturgas, råolie og stenkul. Yderligere er medtaget: Volumenaffald, slagge og aske og farligt affald.

Toksiske effekter kan være betydende, men er udeladt, da det ikke har været praktisk muligt at indsamle tilstrækkeligt præcise data for toksiske emissioner.

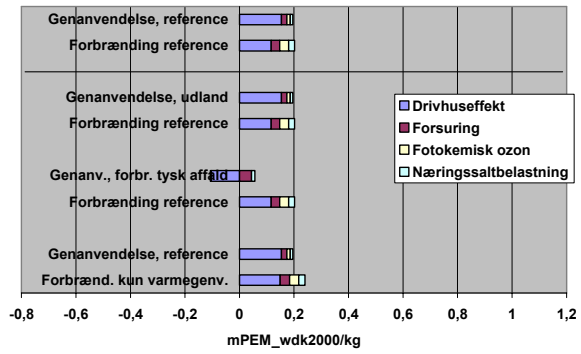
Følgende figurer viser som eksempel resultater beregnet for Blandet Papir ved 100 % genanvendelse eller forbrænding.

Den første figurgruppe viser miljøkonsekvenserne per kg af papirfraktionen Blandet Papir under forudsætning af, at vedmassen i fremtiden er ubegrænset (fremtidsscenario 1). Den anden figurgruppe viser miljøkonsekvenser per kg af papirfraktionen Blandet Papir under forudsætning af, at vedmassen i fremtiden er begrænset (fremtidsscenario 2).

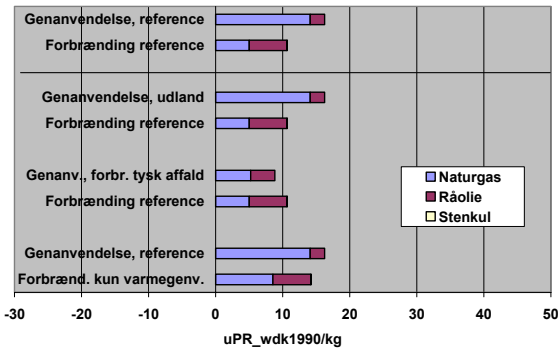
Blandet papir, vedmassen er ubegrænset.
Primær energi



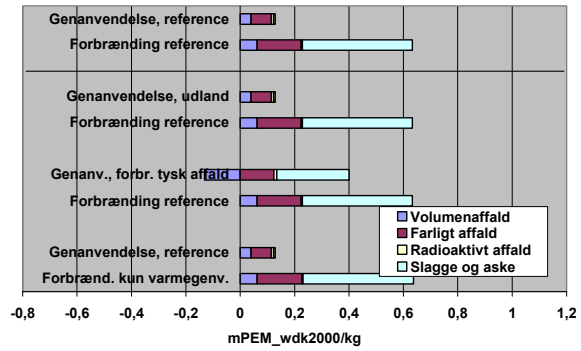
Blandet papir vedmassen er ubegrænset.
Energirelaterede miljøeffektpotentialer



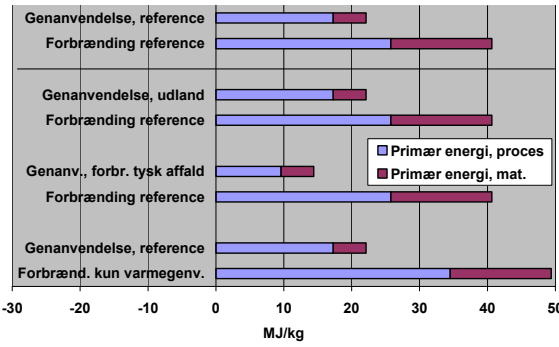
Blandet papir, vedmassen er ubegrænset.
Ressourcer



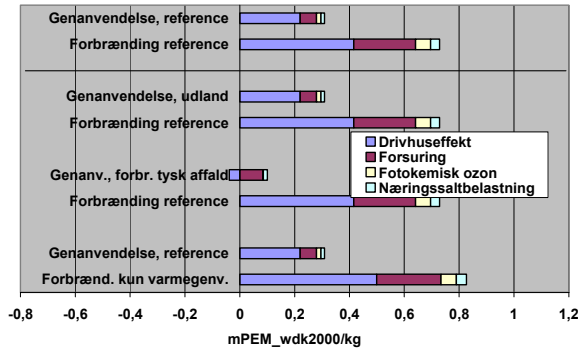
Blandet papir, vedmassen er ubegrænset.
Affald



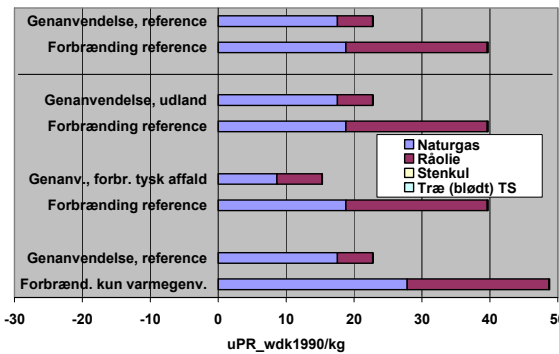
Blandet papir, vedmassen er begrænset.
Primær energi



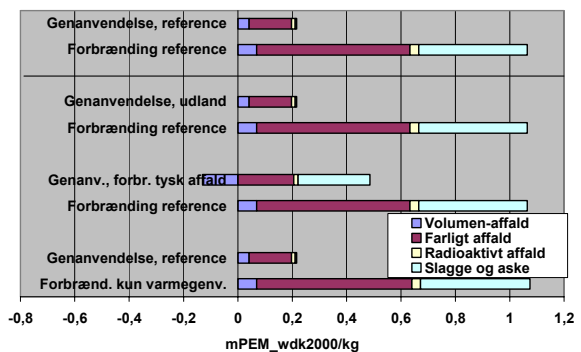
Blandet papir, vedmassen er begrænset.
Energirelaterede miljøeffektpotentialer



Blandet papir, vedmassen er begrænset.
Ressourcer



Blandet papir, vedmassen er begrænset.
Affald



Hvis træ fremover er en ubegrænset ressource afstedkommer forbrænding af papiret det største primære energiforbrug og de største affaldsmængder. For energirelaterede miljøeffekter og ressourcer afhænger forskellen af forbrændingsanlæggets udnyttelse. I referencescenariet producerer det både varme og el, og her er forbrændingen og genvinding nogenlunde ligeværdige med hensyn til energirelaterede miljøeffekter; men forbrænding er fordel med hensyn til ressourceforbrug, da træ ikke medregnes. Hvis der kun produceres varme, eller den frigjorte forbrændingskapacitet ved genanvendelse udnyttes til at brænde andet affald (hvad der er sandsynligt), er genanvendelse klart bedst med hensyn til energirelaterede miljøeffekter, og billedet bliver omtrent lige med hensyn til ressourceforbruget.

Hvis træ fremover er en begrænset ressource viser resultaterne entydigt, at genanvendelse er miljømæssigt bedre på alle punkter. Med stigende interesse i CO₂ neutrale brændsler, stigende efterspørgsel efter brændsler generelt og faldende oliereserver er der en vis sandsynlighed for, at træ kan blive begrænset.

Under den for forbrænding gunstigste grundforudsætning, at træ er en ubegrænset ressource i fremtiden, kan forbrænding og genanvendelse af papir altså under visse betingelser være miljømæssigt ligeværdige, idet fordele og ulemper vil variere lidt til begge sider afhængig af hvilken miljøparameter og papirtype, man ser på. De betingelser, der skal gælde, er imidlertid ikke overvejende sandsynlige, så også under den gunstigste grundforudsætning for forbrænding er det mest sandsynligt, at genvinding vil være en miljømæssig fordel. Under den for genvinding gunstigste grundforudsætning, at træ fremover bliver en begrænset ressource, er genvinding under alle omstændigheder en miljømæssig fordel.

Endelig diskuteres det i en cost/benefit overvejelse, at den økonomiske forskel mellem genvinding og forbrænding vil ændre sig radikalt til fordel for genvinding, når omkostningen ved udledning af CO₂ slår igennem i prisdannelsen i samfundet. Dette vil øge incitamentet til at genvinde papiret og udnytte træ som brændsel.

Summary and conclusions

The aim of the project is to update the environmental part of the former evaluation regarding “Environmental economy of paper and board cycling” (Danish Environmental Protection Agency, 1995). In result this update will evaluate the possibility and benefit in Denmark of collecting paper for recycling or waste incineration in terms of environment and resources. The environmental evaluation include specific Danish conditions for paper collection, paper recycling and waste incineration compared with the conditions in the reference situation in 2001 in terms of changes.

The former project was subject to an external quality control which caused a number of points of criticism. These points of criticism have been evaluated in this project and on the basis of this a number of modifications have been made compared with the former data collection (Please see Chapter 1).

In the project a number of scenarios have been presented in order to increase or decrease collection of paper and board for reuse based on the material flow of paper and board in 2001.

Scenarios for the following three type of papers:

- News papers and weekly magazines
- Corrugated board
- Mixed paper (including higher qualities)

For all three types of papers an estimation of 100 per cent recycling and 100 per cent waste incineration per kg collected paper is made to illustrate the environmental difference of recycling a kg paper more or less compared with the estimate in 2001. Furthermore a reference scenario is presented (initial scenario in 2001) and four development scenarios for the total Danish paper consumption within the three different types of paper.

The four development scenarios show the following situations:

- Increased collection and increased recycling in Danish paper or board factories using waste paper or board.
- Reduced collection and reduced recycling in Denmark
- Increased collection and increased export, but unchanged production in Danish factories
- Reduced collection and reduced export, but unchanged production in Danish factories

The project is based on the production in four Danish factories using waste paper, including:

- Brødrene Hartmann A/S, Tønder producing packaging and moulded fibre products made out of waste paper. The waste paper is categorized under “news papers and weekly magazines”, and the yearly (2001) production output is about 42,000 tons of end products.

- Skjern Papirfabrik A/S producing among others packaging tubes, toilet paper rolls and heavy board out of waste paper. The waste paper is categorized under "newspapers and weekly magazines", "corrugated board", and "mixed paper". The yearly (2001) production output is about 50,000 tons of end products.
- SCA Packaging Djursland A/S producing liner and fluting out of waste paper. The waste paper is categorized under "corrugated board" and "mixed paper" and the yearly (2001) production output is 190,000 tons of end products.
- Dalum Papir A/S producing recycled fine paper in the factory in Dalum close to Odense. The recycled paper is mostly made on the basis of recycled pulp manufactured at another factory in Maglemølle near Næstved. The waste paper is categorized under "mixed paper" and the yearly (2001) production output is about 66,000 tons of end products.

The former study was a life cycle assessment (LCA). The environmental assessment was based on energy consumption and listing of a few numbers of emissions. The former study was made under the present code of practice for LCA. The updated study is made according to the principles of life cycle assessments since then described in the UMIP-methodology and in the ISO standards 14040 – 43. For purposes of comparison the former study is made on study results to explain the differences in the new and the former study. A number of essential principles set up in the former study are still in force and from comparison between the new and the former study with regard to a scenario with the same recovery rate no deviation has been found that could not be explained due to the new data, fx electricity.

Calculations have been made based on two fundamentally different future scenarios:

- Future scenario 1:
The volume of wood is unlimited during the time of the study. The volume of wood which is saved during the paper recycling is not utilized, but remain in the wood
- Future scenario 2:
The volume of wood is limited. Use of wood in making paper is the reason why a corresponding amount of wood is not used to fx energy purposes else where. It is considered that use of wood causes a corresponding consumption of fossil fuel for energy purposes.

Finally, in continuation of future scenario 1 cost/benefit estimates have been made on the cost differences whether recycling and incineration are in proper relation to the environmental differences. There are not the same social costs related to recycling paper as the case is with waste incinerating the paper. The decision on increasing, keeping or reducing recycling of paper is to a large extent environmentally founded and it should be considered if a bigger environmental profit can be gained in another way using less money. Stating the importance of the cost/benefit estimates a third scenario is made. In this scenario the society uses the volume of wood which is saved for energy purposes as it is presumed that the social costs is the same as for waste incinerating the paper as for use of the volume of wood for producing paper.

Based on the assumption that all scenarios use the so called marginal energy and co-produced heat. Marginal energy is the energy production that is most

sensitive to changes in the energy consumption. This type of energy is the type of energy that in the end will be affected and it is assumed that it is natural gas (combined cycle).

In recycling it is presumed that you avoid production of a similar amount of primary material. This is often the case in markets with increasing demand (for recycled and primary material) which has proved to be the case of paper. The recycled material might be of the same quality as the original primary products or another type of product, fx used news papers which are made into moulded fibre packaging (e.g. egg trays).

Specific data have been collected from the paper recycling factories which are affected directly by increased or reduced recycling. It has not been possible to find out which primary paper factories that are affected by increased or reduced recycling and it has also not been possible to have any data from these factories. That is why the data from the primary paper production is set up as good as possible out of the data in the public domain from trade associations, e.g. Skogsindustrierna in Sweden and EMAS.reports from paper factories.

Data on consumption of materials, energy consumption, emissions into air, emissions into water and produced waste have been collected.

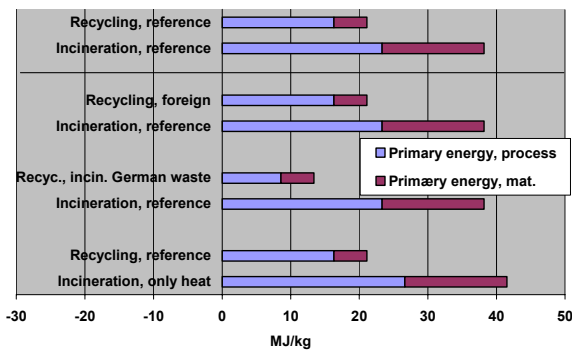
The environmental impacts have been assessed: Greenhouse effect, acidification, nutrient enrichment and photochemical ozone formation. The assessed resources are: Natural gas, crude oil and hard coal. Furthermore, volume waste, slags/ashes and dangerous waste are included.

Toxic effects might be significant, but are left out because as it has been impracticable to collect sufficient precise data for the toxic emissions.

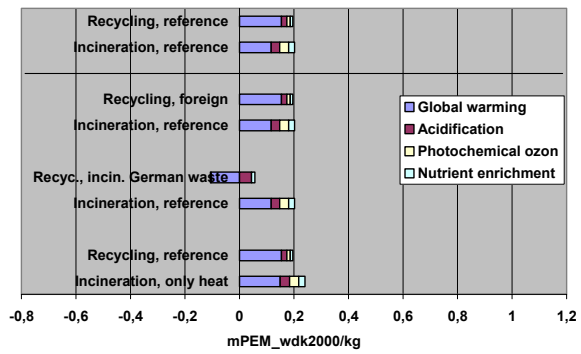
The below figures show as an example the results calculated for Mixed paper at 100 per cent recycling or waste incineration.

The first group of figures show the environmental consequences per kg of the mixed paper fraction assuming that the volume of wood in the future is unlimited (Future scenario 1). The other group of figures show the environmental consequences per kg of the mixed paper fraction assuming that the volume of wood in the future is limited (Future scenario 2).

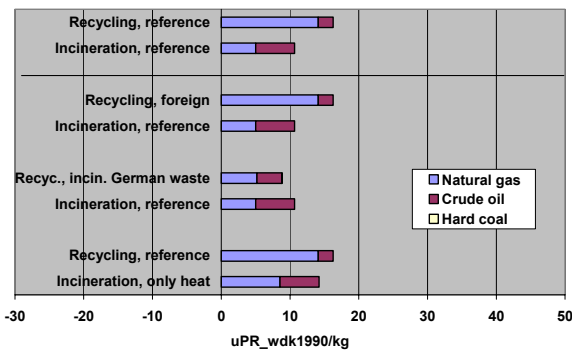
Mixed paper, wood is unlimited.
Primary energy



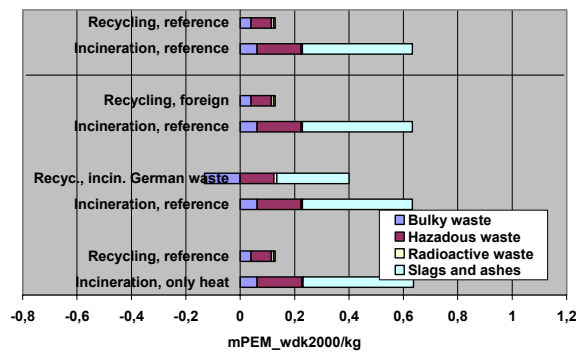
Mixed paper, wood is unlimited.
Energy related environmental impact potentials



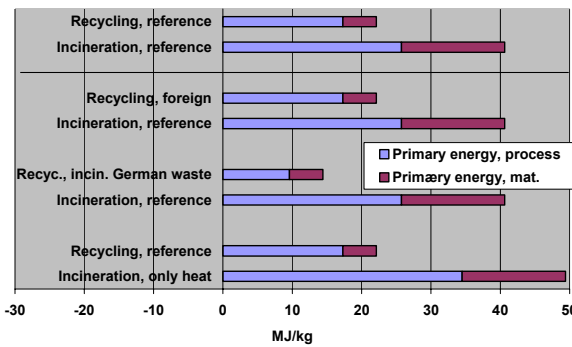
Mixed paper, wood is unlimited.
Resources



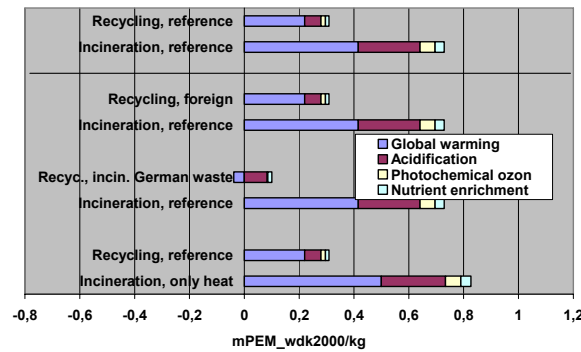
Mixed paper, wood is unlimited.
Waste



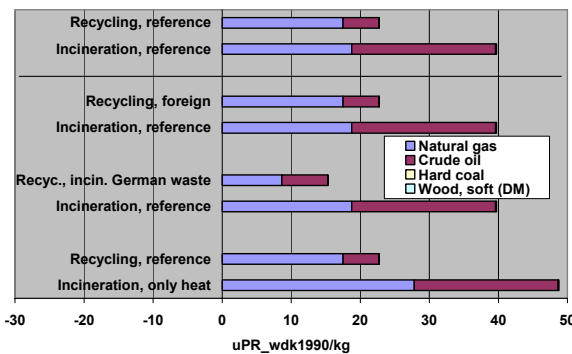
Mixed paper, wood is limited.
Primary energy



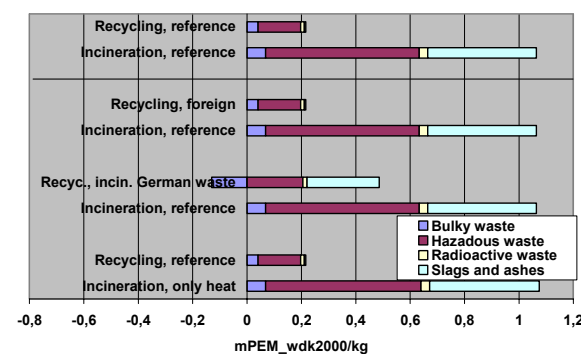
Mixed paper, wood is limited.
Energy related environmental impact potentials



Mixed paper, wood is limited.
Resources



Mixed paper, wood is limited.
Waste



If wood in the future is an unlimited resource waste incineration of paper will cause the biggest primary energy consumption and create the biggest amounts of waste. In connection with energy related environmental effects and resources the differences are depending on the utilization of incineration plants. In the reference scenario both heat and electricity are produced and in this case the incineration and recycling are equal in connection with energy related environmental effects and incineration has an advantage in connection with resource consumption as wood is not included. If only heat is produced or the combustion capacity released by recycling is utilized for waste incineration of other waste (what likely is the case) recycling is obvious most advantageous with regard to energy related environmental effects and the picture is almost equal with regard to resource consumption.

If wood in the future is a limited resource the results clearly show that recycling is better in all ways from an environmental point of view. Due to the growing interest in CO₂ neutral fuel and a growing demand for fuel in general and exhausted oil reserves there is a probability that wood might be a limited resource.

Under the advantageous condition with regard to incineration that wood is an unlimited resource in the future, incineration and recycling of paper might under certain circumstances be equal because advantages and disadvantages will vary to both sides depending on the environmental parameter and type of paper you refer to. It is unlikely that the conditions for incineration are applicable and under the most advantageous conditions for incineration it is most applicable that recycling will be an environmental benefit. Under the advantageous condition with regard to recycling that wood in the future is a limited resource, recycling is under all conditions an environmental benefit.

Finally it is discussed from a cost/benefit point of view that the economical differences between recycling and incineration will change radically in favour of recycling when the costs of CO₂ emissions are seen in the society. This will increase the incentive to recycle paper and utilization of wood as fuel.

1 Introduktion - vurdering af den tidligere dataindsamling

Dette projekt er en opdatering af miljøvurderingsdelen af det tidligere projekt: "Miljøøkonomi for papir- og papkredsløbet" (Miljøstyrelsen, 1995). Det tidligere projekt var underkastet en ekstern kvalitetssikring som affødte en række kritikpunkter hvoraf nogle blev rettet inden projektets afslutning. Det er derfor naturligt at se nærmere på hvilke af de ikke-rettede kritikpunkter der er aktuelle i forbindelse med opdateringen.

Foruden kritikpunkterne kan ændrede forudsætninger også have indvirkning på dataindsamlingen i en opdatering. Det drejer sig især om den generelle metodeudvikling der er sket med hensyn til LCA, samt om ændrede data- og scenarieforudsætninger.

Kapitlet er derfor delt i tre afsnit, idet dataindsamlingen i det nye projekt tager hensyn til:

- Kvalitetssikringens kommentarer
- Metodeudvikling
- Nye data og forudsætninger.

1.1 Opdatering i forhold til kvalitetssikringens kommentarer

Kvalitetssikringens konklusioner findes i kapitel 1 af rapporten "Miljøøkonomi for papir- og papkredsløbet" (Miljøstyrelsen, 1995), og de uddybede kommentarer findes i notatet "Vurdering af udredningen: Miljøøkonomisk analyse af genbrug kontra forbrænding af papir og pap" (Wenzel et al., 1994).

Vurderingen forholdt sig til:

- Overordnede kommentarer
- Væsentlige kritikpunkter
- Metoden
- Delrapporterne.

1.1.1 Overordnede kommentarer

Overordnet kritiseres den tidligere analyse for at være temmelig uigennemskuelig. I det nye studie vil det blive tilstræbt at gøre gennemskueligheden så god som mulig, et punkt som ISO 14040-standarden også stiller krav til.

Projektets koncept blev overordnet vurderet at være fornuftigt ved brugen af substitutionstankegangen og ved at forholde sig til de *ændringer* der affødes ved at prioritere henholdsvis genanvendelse eller forbrænding frem for en statisk opgørelse af status. Det vil sige at det blev anset for fornuftigt at undersøge:

- Status quo (reference)
- Øget genanvendelse (reduceret forbrænding)
- Reduceret genanvendelse (øget forbrænding).

I dag vil man anlægge samme synsvinkel, jfr. afsnit 1.2.

1.1.2 Væsentlige kritikpunkter

I "Miljøøkonomi for papir- og papkredsløbet" (Miljøstyrelsen, 1995) er de ikke-rettede væsentlige kritikpunkter opsummeret i 13 punkter. Punkterne vedrører metode og forudsætninger. Nedenstående er der taget stilling til hvorledes kritikpunkterne skal behandles i opdateringsprojektet.

Punkt 1) Radioaktivt affald

Punktet anses for mindre afgørende, men data vil automatisk blive genereret via opdatering af datagrundlaget for svensk el.

Punkt 2) Vandkrafts påvirkning

Punktet anses umiddelbart for mindre afgørende. Dog hersker der en generel diskussion om methanudvikling fra forrådnelse af biomasse i opdæmmede arealer, men dette aspekt er der indtil videre ikke tradition for at tage hensyn til i LCA-arbejder, så diskussionen vil ikke blive inddraget i dette projekt.

Punkt 3) Toksicitet

Toksicitet er et væsentligt aspekt som bør inddrages på én eller anden måde. Et væsentligt problem er dog at skaffe pålidelige data, så det må afgøres senere i nærværende projekt om toksicitet skal indgå i LCA-beregningerne på et kvantitativt grundlag eller behandles særskilt på et kvalitativt grundlag.

Punkt 4) Skovbrugets påvirkning

Det tidligere studie starter ved "massefabrikkens port", men der findes ingen begrundelse for ikke at starte ved ressourceudvindingen, dvs. skovbruget. Senere erkendelse viser dog at energiforbruget i forbindelse med skovdrift og skovning er meget lille i forhold til energiforbruget fra det øvrige livsforløb, så det kan godt begrundes ikke at tage det med. Der findes imidlertid let tilgængelige data, og punktet medtages derfor i det nye projekt. Skovningen kan have andre miljøpåvirkninger, så som indvirkning på dyrelivet, som der imidlertid ikke er tradition for at medtage i LCA analyser på grund af metodemæssige problemer.

Punkt 5-8) Afgrænsning af sidestrømme (hjelpestoffer o.lign.)

Fremstilling af kemikalier og hjelpestoffer er ikke medtaget, og det vurderes at have en vis betydning for især primær papirproduktion. Data for i al fald de væsentligste af de benyttede kemikalier er nu tilgængelige, og studiet vil derfor blive opdateret hermed i det omfang det er muligt.

Punkt 9) Produktets konkurrenceevne

Dette punkt går på om der overhovedet er afsætning for de genvundne papirprodukter. Dette anses ikke for noget problem, men skal selvfølgelig dokumenteres. Noget andet som man nu overvejer, er om der er afsætning for den energi der produceres ved affaldsforbrænding, eller om denne afsætning har andre afledte konsekvenser. Hvis der er adgang til tilstrækkelig viden på dette område, bør det inddrages i studiet.

Punkt 10) Substitutionsprodukternes art

I vurderingen er givet et eksempel hvor nedsat produktion af ægbakker bliver substitueret af ægbakker af plast. Det er usikkert om eksemplet holder, men de aktuelle substitutionsprodukter vil blive taget op til fornyet overvejelse i opdateringen.

Punkt 11) Substitutionsvarmekilde

Det er relevant at tage dette punkt op til fornyet overvejelse. Kraftvarme er således et muligt og måske mere realistisk alternativ til den tidligere antagelse (olie og naturgas). Punktet hænger sammen med overvejslen under punkt 9.

Punkt 12) Hartmanns el- og varmekilde

Dette punkt vil blive opdateret automatisk i forbindelse med den generelle dataopdatering i studiet idet der antages anvendelse af marginal energi.

Punkt 13) Elproduktion ved affaldsforbrænding

Dette punkt vil blive opdateret automatisk i forbindelse med den generelle dataopdatering i studiet idet affaldsforbrænding nu genererer både el og varme.

1.1.3 Metodegennemgang

Vurderingens metodegennemgang går i dybden med baggrunden for de overordnede kommentarer og kritikpunkterne. En stor del af kommentarerne er der taget hånd om, men der refter et par relevante kommentarer som ikke er tydeligt indeholdt i de tilbageværende kritikpunkter:

- Deponi kan være et reelt alternativ hvis forbrændingskapaciteten ikke er tilstrækkelig. Dette kan blive aktuelt ved reduceret genanvendelse (øget forbrænding) og er et punkt det nye projekt må forholde sig til.
- Vurderingen påpeger at der generelt er metodeproblemer ved håndtering af "åben kaskade"-genanvendelse, men har ikke noget bedre bud end den anvendte metode. I dag håndteres dette ved systemudvidelse, se også afsnit 1.2.
- Precombustion, dvs. fremstilling af brændsler til fyring og elproduktion, er ikke inkluderet. Precombustion påvirker resultatet med 10–20 % og vil automatisk indgå ved opdatering af data i det nye studie.
- Vurderingen påpeger at skovbrug samt korte og lange transporter ikke er inkluderet. Skovbrug er omtalt under de væsentlige kritikpunkter. Transport tillægges erfaringsmæssigt mindre betydning for et produkt som papir, men afgrænsningen af lange transporter samt lette produkter vil blive checket hvorefter det besluttes om transport skal medtages.
- Vurderingen påpeger at der ikke er udført beregninger for alternative allokeringer mellem el- og varmeproduktion end den i analysen anvendte, som vurderingen i øvrigt ikke har nogen indvendinger imod. Det er korrekt at allokeringen skal have opmærksomhed og i dag vil man så vidt muligt undgå allokering ved at anvende systemudvidelse i stedet.
- Vurderingen påpeger at mindre genanvendelse vil afstedkomme at der bliver mindre træmasse til rådighed for energiformål hvilket vil føre til øget forbrug af fx olie. Denne kommentar må observeres ved opstilling af massestrømmene for de nye scenarier.
- Vurderingen påpeger at miljøvurderingen er udført på basis af meget få emissionsparametre og stiller spørgsmålstejn ved om ikke flere parametre

burde have været inddraget. Det gælder fx VOC, CO, partikler, tot-N, suspenderet faststof samt toksiske emissioner. Dette bør man være opmærksom på ved en fornyet dataindsamling.

- Vurderingen stiller spørgsmålstejn ved de anvendte emissionsfaktorer for NO_x. Dette forventes opdateret automatisk ved den nye dataindsamling.

1.1.4 Delrapporter

I vurderingens gennemgang af delrapporterne er følgende kommentarer stadig relevante:

- Tilgangen af returpapir til primær papirproduktion er ikke medregnet i produktionen. Punktet forventes opdateret automatisk ved den generelle dataopdatering i det nye studie.
- Afvedet bark fra primær papirproduktion vil blive udnyttet til energiformål og ikke deponeret med methanemission til følge. Punktet forventes opdateret automatisk ved den generelle dataopdatering i det nye studie.
- I delrapporten for aviser og ugeblade er data for genbrugsproduktet støbepap ufuldstændige. Punktet forventes opdateret automatisk ved den generelle dataopdatering i det nye studie.
- I delrapporten for blandet papir er reviewerne uenige i hvorledes genanvendelsesgraden defineres, som de mener bør defineres i forhold til forbrugt papirmængde og ikke i forhold til indsamlingspotentialet. Projektgruppen mener, at begge definitioner rummer relevant information, og vil primært benytte den eksisterende definition i forhold til indsamlingspotentialet, men vil for blandet papir, hvor potentialet er væsentligt mindre end forbruget, også beregne genanvendelsesgraden i forhold til forbruget. Reviewerne påpeger yderligere, at definitionen er ufuldstændig (indsamlingspotentiale er ikke defineret – er rettet i den endelige rapportversion) og at genanvendelsesgraden bør defineres i forhold til hvor meget der rent faktisk genvindes i produkterne, og ikke i forhold til hvor meget der blot bliver samlet ind. Projektgruppe er princippielt enig heri, men det er svært at håndtere i praksis, så den oprindelige definition fastholdes. Imidlertid vil tabet ved genanvendelse fremgå af procesbeskrivelserne.

1.2 Metodeudvikling

Siden det tidligere projekt som blev afsluttet i 1994, er der sket en væsentlig udvikling på metodeområdet som potentielt kan have stor indflydelse på hvorledes man vil udføre et studie i dag. I praksis viser det sig at metodeudviklingen ikke vil medføre væsentlige ændringer i studiets overordnede udførelse. Forklaringen er at på områder hvor det tidligere studie måske er udført efter intuitive eller vagt dokumenterede metoder, findes der nu veldokumenterede metoder som temmelig godt svarer til de metoder der rent faktisk blev benyttet.

Standarderne i ISO 14040-serien stiller en række formelle krav, rammer og anbefalinger til LCA-metode samt til rapportering af LCA-studier (ISO, 1997) (ISO, 1998) (ISO, 2000a) (ISO, 2000b). ISO 14040-serien viser nogle eksempler på hvorledes forskellige problemstillinger i LCA kan løses, men fortæller ikke detaljeret hvorledes en LCA udføres. Til dette formål findes forskellige håndbogslignende metodebeskrivelser, heriblandt UMIP-publikationerne (Wenzel et. al., 1996). Yderligere findes der nu stor erfaring med udførelse af LCA og også en vis konsensus om hvorledes nogle

traditionelt vanskelige og centrale problemer bør løses. Det gælder især allokering og systemudvidelse.

Netop systemudvidelse blev valgt i det tidligere studie på et tidspunkt hvor der var meget lidt erfaring hermed, og hvor området manglede litteraturreferencer, men de principper man fandt frem til dengang med hensyn til en substitutionstankegang, svarer temmelig godt til hvad man også vil vælge i dag.

Genanvendelse ved "åben kaskade" som metodisk blev fundet problematisk i vurderingen, vil man i dag ligeledes betragte som en systemudvidelse på nogenlunde samme måde som i det tidligere studie, men man vil være mere præcis med at definere substitutionsprodukternes art, jf. kritikpunkt 10.

Et kritikpunkt som blev rettet i det tidligere studie, var at man måtte tage hensyn til at man ikke kan opnå en 1:1 udnyttelse af materialerne ved genvinding, men, foruden produktionstab, vil tabe noget gennem fx styrkeforringelse af det genvundne produkt i forhold til det primære eller jomfruelige. Dette vil man i dag anskue ud fra en systemudvidelsestankegang, og det er det der i UMIP-metoden er beskrevet som *lødighedstab*. Lødighedstabet svarer til merforbrug af genvundet materiale for at opnå en funktion svarende til primær materiale. F.eks. har producenter observeret, at de ikke kan levere helt samme styrke af produkter fremstillet af genbrugspap som de kan af primær pap, hvis produkterne skal veje det samme.

En anden konsekvens af systemudvidelsestankegangen som der også er generel enighed om, er at en LCA bør afspejle de *ændringer* som valget af en teknologi frem for en anden påfører samfundet, frem for blot at være statiske analyser. Derfor vil man også i dag finde det fornuftigt at undersøge konsekvenserne af øget versus reduceret genanvendelse i forhold til en referencesituation.

1.3 Nye data og forudsætninger

Det er naturligt at en række elementære data har ændret sig siden det tidligere studie. Papirproduktion udleder mindre takket være renere teknologitiltag, energiscenarier har ændret sig osv.

Foruden data kan nogle af de grundlæggende forudsætninger have ændret sig. Det gælder således:

- Eksport/import. I det tidligere studie blev der fokuseret på import/eksport mellem Danmark og Sverige. I dag er scenariet mere kompliceret. Således er meget af det primære papir vi fx får fra Sverige, fremstillet af træ der er dyrket i Polen og eksport af brugt papir sker til hovedmarkederne Sverige og Tyskland. Der har været spekulation om hvorvidt noget af det danske papir/pap der eksporteres til Tyskland videreeksporteres til genanvendelse i Fjernøsten, men forsøg på verificering viser at mængden nok er begrænset. Gennem import af varer modtager vi også meget emballage der er fremstillet forskellige steder i verden, og det nye studie må forholde sig til hvorledes dette afgrænses.
- Linearitet. I det tidligere studie var de genanvendelsesgrader man opererede med, af begrænset størrelse, således at man kunne antage at man med en øget genanvendelse kunne regne med at miljøeffekterne ville opføre sig lineært med øgningen. I dag er man måske for nogle pap-/papirtyper tættere på en (ukendt) grænse hvor man ikke længere kan regne med

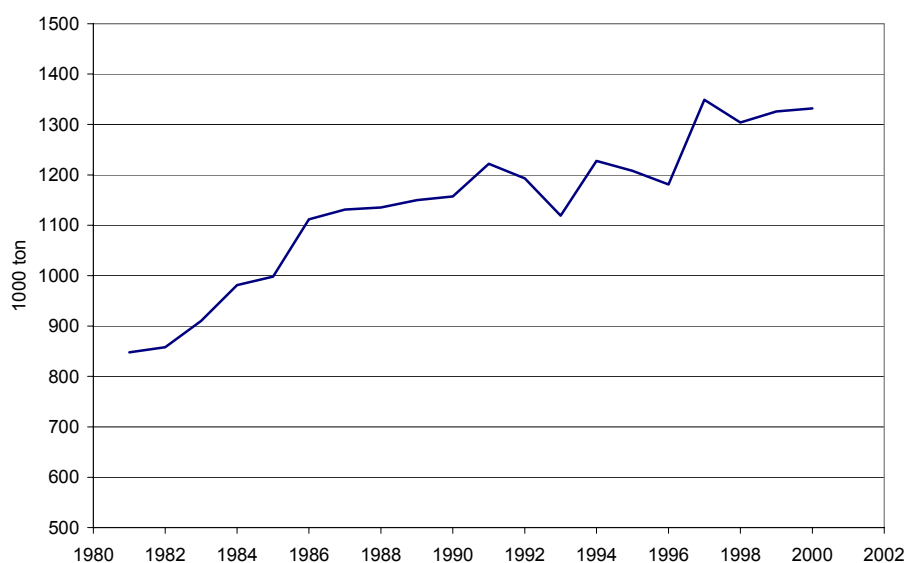
linearitet. Lineariteten ophører i det øjeblik man skal ud at indsamle marginale mængder for at øge genanvendelsen. På lang sigt kan lineariteten også forventes at ophøre hvis genanvendelsesgraden overstiger de genvundne produkters "lødighed", forstået således at man er nødt til at have en indfødnings af primært materiale et sted i systemet der modsvarer lødighedstabet, for at kunne opretholde en stabil kvalitet. For nogle produkttyper vil dette antagelig være situationen i lang tid endnu fordi pap-/papirmarkedet er i vækst, således at en stor del af det der indsamles, har en primær eller næsten primær kvalitet (fx aviser). For andre produkttyper som recirkuleres i mere lukkede kredsløb, er det dog et problem man må have for øje (fx bølgepap).

2 Materialestrøm for papir og pap

2.1 Det danske papirforbrug

Det danske papirforbrug er sammensat af såvel dansk som udenlandsk produceret papir og pap i hel- og halvfabrikata.

Af figur 2.1 fremgår papirforbruget i Danmark fra 1980 til 2001 (fra Statistik for returpapir og -pap 2001, Tønning og Malmgren-Hansen, 2003).



Figur 2.1. Papirforbruget i Danmark 1980-2001

Ifølge Statistik for returpapir og -pap 2001 udgjorde papirforbruget i Danmark i 2001 1.360.145 tons.

Heraf udgjorde papirforbruget til fraktionen aviser og ugeblade ca. 300.000 tons¹, mens den danske forsyning af bølgepap udgjorde ca. 346.000 tons.

2.2 Papirkvaliteter

Forbruget af papir og pap fordeler sig på en lang række meget forskellige kvaliteter hvoraf enkelte er svære eller endog umulige at genanvende, fx toiletpapir, køkkenruller og tjærepapir. Nedenfor er beskrevet hvad de enkelte papirkvaliteter anvendes til i produktion, og hvorledes de enkelte papirkvaliteter efterfølgende anvendes som returpapir.

¹Iflg. Bilag A i Statistik for returpapir og -pap 2001(Tønning og Malmgren-Hansen, 2003) er denne mængde muligvis er større. Papirforbruget til fraktionen aviser og ugeblade ligger sandsynligvis mellem ca. 300.000 tons og ca. 384.000 tons.

Avispapir anvendes til produktion af aviser og indgår efterfølgende som returpapir til produktion af nyt avispapir, ægbakker, aftørringspapir og visse former for hylsterpap med en vis volumen samt karton.

Ubestrøget mekanisk, Ubestrøget træfrit og Bestrøget papir anvendes til en række tryksager. Som returpapir indgår de nævnte kvaliteter til skrive-/trykpapir og som råpapir til bølgepap.

Aftørringspapir (tissuepapir) anvendes til produktion af toiletpapir, køkkenruller og servietter. Disse kvaliteter genanvendes ikke som returpapir.

Andet papir og Indpakningspapir består af en række forskellige kvaliteter, fx kraftliner af forskellige typer og papir og pap belagt med fx kaolin. Disse kvaliteter anvendes til produktion med forskellige formål, fx bølgepap.

Papir til Bølgepap og sække og Æskekarton og andet karton indgår dels som returpapir til produktion af skrive-/trykpapir, dels som råpapir til bølgepap.

2.3 Lovgrundlag for genanvendelse af papir og pap

Med baggrund i Bekendtgørelse om affald (Miljøministeriet, 2000) har landets kommuner udarbejdet regulativer der omhandler indsamling af returpapir fra henholdsvis erhverv og private husstande.

Ifølge Bekendtgørelse om affald, § 36, stk. 1, skal kommunalbestyrelsen "anvise genanvendeligt affald i form af papir, pap, karton og papmaterialer og produkter heraf fra virksomheder, offentlige og private institutioner til genanvendelse".

Endvidere skal kommunalbestyrelsen ifølge Bekendtgørelse om affald, § 41, stk. 1, i bebyggelser hvor der til stadighed er mere end 1.000 indbyggere, "iværksætte indsamling fra husholdninger af affald fra papirkategorierne:

- 1) dagblade,
- 2) distriktsblade,
- 3) uge- og månedsblade, herunder fag- og medlemsblade,
- 4) adresseløse tryksager,
- 5) adresserede forsendelser og
- 6) telefonbøger"

Indsamlingerne skal ifølge § 41, stk. 2 "ske ved hjælp af fast opsamlingsmateriel, der gør det mindst lige så nemt for husholdningerne at aflevere papiraffaldet som den øvrige dagrenovation, dog bortset fra emballageaffald af glas".

Desuden skal kommunalbestyrelsen i bebyggelser hvor der til stadighed er mere end 1.000 indbyggere, ifølge § 41, stk. 3 "iværksætte indsamlinger fra husholdninger af affald af andet papir og pap, herunder papemballage".

§ 41 stk. 1-3 træder dog kun i kraft såfremt der i den enkelte kommune ikke i 2001 indsamles minimum 40 % af papirpotentialet og i 2002 ikke indsamles minimum 55 % af papirpotentialet. Ifølge §70 stk. 5 træder § 41 stk. 1-3 endvidere i kraft såfremt at den indsamlede mængde udgør mindre end 55 % af det samlede papir- og pappotentiale fra husholdninger i hele kommunen i to på hinanden følgende kalenderår regnet fra og med kalenderåret 2003

2.4 Returpapirforbrugende fabrikker i Danmark

De returpapirforbrugende fabrikker i Danmark er følgende:

Dalum Papir A/S, afdelingen Maglemølle Papirfabrik

Maglemølle producerer genvundet cellulose på basis af 100 % returpapir i form af afskær fra trykkerier og indsamlet returpapir fra kontorer og husholdninger. Det færdige produkt oparbejdes i Odense til finpapir (skrive- og trykpapir). Fabrikken producerede i 2001 66.359 tons ren cellulose på baggrund af 104.357 tons returpapir (Dalum, 2002). Den store difference skyldes udrensning af fyldstoffer (kridt og kaolin) fra returpapiret. 94 % af produktionen eksporteres.

SCA Packaging Djursland A/S

SCA Packaging Djursland A/S producerer fluting og testliner på basis af 100 % returpapir i form af bølgepap og blandet papir. Fabrikken fremstillede i 2001 190.648 tons færdige produkter på baggrund af 210.626 tons returpapir (SCA, 2002). SCA Packaging Djursland A/S afsætter ca. halvdelen af sin produktion i Danmark og eksporterer den resterende halvdel til det nordiske marked.

Brødrene Hartmann A/S i Tønder

Brødrene Hartmann A/S i Tønder er en del af Hartmann-koncernen der også omfatter fabrikker i Tyskland, Ungarn, Kroatien, Finland, Israel, Brasilien, Argentina, Malaysia og Canada. Fabrikken fremstiller støbepaprodukter primært på basis af 100 % returpapir i form af papirfraktionen aviser og ugeblade. Fabrikken fremstillede i 2001 37.818 tons færdige produkter på baggrund af 39.913 tons returpapir (Hartmann, 2002a). 93 % af produktionen eksporteres.

Skjern Papirfabrik A/S

Skjern Papirfabrik er et datterselskab af Brødrene Hartmann A/S. Skjern Papirfabrik A/S' hovedprodukter er hylsekarton, bogpap, arkskåret papir og malerruller. Produkterne fremstilles på basis af 100 % returpapir. Fabrikken fremstillede i 2001 45.083 tons færdige produkter på baggrund af 45.917 tons returpapir (Hartmann, 2002b). Mere end 90 % af produktionen eksporteres.

2.5 Indsamling af papir og pap

Hovedparten af det indsamlede returpapir kommer fra erhvervs- og industrivirksomheder, mens resten stammer fra private husholdninger. Selve indsamlingen af returpapir foretages gennem:

- Private virksomheder (returpapirhandlere)
- Kommunale ordninger (indsamlings- og anvisningsordninger)
- Frivillige indsamlere (spejdere, skoler etc.)
- Industrirenovatører.

Afsætning af returpapir foregår primært gennem de virksomheder der i branchen samlet omtales som returpapirhandlere. De returpapirforbrugende fabrikker indkøber primært returpapir fra returpapirhandlere, men fabrikkerne indkøber også noget returpapir uden om returpapirhandlerne fra konverteringsindustrien og de bølgepapproducerende fabrikker samt via direkte import.

De kommunale ordninger, de frivillige indsamlere og industrirenovatører der har indsamlet returpapir, sælger det til returpapirhandlere der kan eftersortere de forskellige kvaliteter til en råvare der herefter indgår i produktionen af nye pap- og papirprodukter. Om der foretages en sortering af det indsamlede returpapir, afhænger af hvilke kvaliteter sammensætningen af det indsamlede papir består af, og hvilke krav de returpapirforbrugende fabrikker har til de produkter der skal fremstilles af returpapir.

2.5.1 Indsamling af papir og pap i 2001

Af tabel 2.1 fremgår mængden af returpapir indsamlet i 2001 og beregnet som:

Returpapirforbruget på de returpapirforbrugende fabrikker
 + import af returpapir
 + eksport af returpapir
 + lagerændring hos returpapirforbrugende fabrikker og returpapirhandlere.

Tabel 2.1. Indsamlet mængde returpapir i 2001 (Tønning og Malmgren-Hansen, 2003)

Returpapirforbrug på returpapirforbrugende fabrikker	402.668 tons
Nettoeksport	316.428 tons
Lagerændring for returpapirforbrugende fabrikker og returpapirhandlere	2.190 tons
Indsamling	721.286 tons

Som det fremgår af tabel 2.1 er der i 2001 indsamlet 721.286 tons returpapir inklusive lagerændringer. Det svarer til at der i 2001 er indsamlet 53 % af det samlede papirforbrug på 1.360.145 tons (Tønning og Malmgren-Hansen, 2003).

2.5.2 Indsamlet returpapir opdelt på kvaliteter

De returpapirforbrugende fabrikker indkøber dels fra genvindingsindustrien (returpapirhandlerne), dels direkte fra "affaldsproducenterne".

Med udgangspunkt i genvindingsindustriens og de returpapirforbrugende fabrikkers indberetninger til Statistik for returpapir og -pap (Tønning og Malmgren-Hansen, 2003) vises i tabel 2.2 fordelingen af indsamlet returpapir opdelt på kilder og kvaliteter.

Tabel 2.2. Den indsamlede mængde returpapir fordelt på kilder og kvaliteter i 2001; opgjort i tons

Type	Fremstillingsvirksomhed mv.	Handel og kontor	Institutioner	Byggeri og nedrivning	Husholdninger	Kilde ikke oplyst	Sum i alt	%-fordeling
Aviser og ugeblade	57.252	22.098	9.341	1	128.106	54.459	271.257	38
Bølgepap	110.211	134.583	6.894	467	12.250	31.061	295.467	41
Blandet papir og pap	59.471	31.396	7.418	18	9.640	11.938	119.882	17
Bedre kvaliteter	24.669	8.115	428	13	222	1.233	34.680	5
Total	251.603	196.193	24.081	499	150.218	98.692	721.286	100
Total i %	35	27	3	< 1	21	14	100	

For 2001 er der i alt indsamlet ca. 721.000 tons.

En del af disse kvaliteter produceres af genvindingsindustrien ved sortering og forædling af det indhandlede papir hvilket for nogle virksomheder udgør et væsentligt grundlag for indtjeningen da denne forædling medfører at returpapir kan sælges til en højere pris.

Genvindingsindustrien kan ved modtagelsen nedklassificere en vare hvis varen er kontamineret eller på anden måde berettiger til en lavere pris. Denne nedklassificering kan betyde at den indberettede mængde rubriceres "forkert" i returpapirstatistikken med hensyn til hovedbestanddel.

Returpapir er ikke en entydig varebetegnelse, og der kendes i dag mere end 60 forskellige udsorteringer. For overskuelighedens skyld samles disse udsorteringer normalt i fire hovedgrupper (kvaliteter).

Aviser og ugeblade

Aviser og ugeblade indsamles typisk fra husholdninger og indeholder fx aviser, ugeblade og reklametryksager. Endvidere består kvaliteten af rotation fra avisproduktion og usolgte aviser. Kvaliteten anvendes som råvare til fremstilling af ægbakker, tapetpapir, aftøringspapir, nyt avispapir samt skrivepapir og i mindre grad til offsetpapir.

Bølgepap

Bølgepap indsamles fra bl.a. supermarkeder og handelsvirksomheder og indeholder fx bølgepapkasser. Bølgepap indsamles derudover fra emballageindustrien og indeholder her fx konverteringsafskær. Bølgepap anvendes som råvare til fremstilling af bølgepaprapapir og massivpap.

Blandet papir og pap

Blandet papir og pap indsamles fra bl.a. grafisk industri, kontorer og forretninger og indeholder usorteret papir, fx aviser, skrivepapir, pap og karton, fra kontorer og forretninger samt afskær fra den grafiske industri. Kvaliteten anvendes som råvare til fremstilling af fx bølgepaprapapir, massivpap og skrivepapir.

Bedre kvaliteter

Bedre kvaliteter indsamles fra mellemstore og store grafiske virksomheder m.fl. og indeholder rene fraktioner af skrivepapir, edb-lister samt afskær fra den grafiske industri. Kvaliteten anvendes som råvare til fremstilling af fx edb-lister og skrivepapir. Fiberkvaliteten er så god og ensartet at den ofte kan substituere cellulose.

2.6 Danske fabrikkers forbrug af returpapir

Ved forbrug af returpapir forstås her den mængde returpapir som de returpapirforbrugende fabrikker anvender i deres produktion af nyt papir.

De returpapirforbrugende fabrikker anvender returpapir som råvare til produktion af nye papir- eller papprodukter.

Returpapir opløses og renses for urenheder og for trykfarve (de-inkes). Derefter anvendes den rensede masse som råvare til papirbaserede produkter.

De returpapirforbrugende fabrikker anvender forskellige kvaliteter af returpapir som råvare afhængigt af hvilken papirkvalitet der produceres.

Tabel 2.3 angiver de returpapirforbrugende fabrikkers forbrug af returpapir fordelt på kvaliteter i 2001 (Tønning og Malmgren-Hansen, 2003).

Tabel 2.3 Papirkvaliteter forbrugt på danske returpapirforbrugende fabrikker i 2001; opgjort i 1.000 tons

	Aviser og ugeblade	Bølgepap	Blandet papir og pap	Bedre kvaliteter	I alt
2001	53	177	167	5	403
Forbrug i % af total i 2001	13	44	41	1	100

De returpapirforbrugende fabrikkers samlede forbrug af returpapir udgjorde i 2001 402.668 tons.

Kvaliteterne *Bølgepap* samt *Blandet papir og pap* udgjorde i 2001 tilsammen 85 % af det danske returpapirforbrug.

2.7 Udenrigshandlen og returpapirforbruget

Af tabel 2.4 fremgår import og eksport af returpapir sammenholdt med forbruget af returpapir på de returpapirforbrugende fabrikker i 1990 - 2001.

Opgørelsen for 2001 nederst i tabel 2.4 er opdelt på de enkelte kvaliteter (Tønning og Malmgren-Hansen, 2003).

Tabel 2.4. Disponering af de enkelte returpapirkvaliteter 1990-2001; opgjort i 1.000 tons Kilder: Statistik for returpapir og -pap 2001 (Tønning og Malmgren-Hansen, 2003) og tidligere års returpapirstatistikker.

	Indsamlede mængder	Import	Eksport ¹⁾	Forbrug til dansk papirproduktion	Lagerstigning
1990	347	31	104	267	7
1991	399	53	134	307	-3
1992	467	83	187	315	4
1993	452	96	250	351	-20
1994	537	135	281	374	-3
1995	503	91	257	385	4
1996	598	77	248	391	0
1997	595	79	244	407	-4
1998	640	84	291	409	5
1999	726	78	313	420	-6
2000	681	132 ²⁾	399	433	-9
2001	721	90 ²⁾	385	403	2
Fordeling i 2001:					
Aviser og ugeblade	271	1 ²⁾	254	53	-1,5
Bølgepap	295	16 ²⁾	72	177	0,1
Blandet papir og pap	120	47 ²⁾	5	167	3,6
Bedre kvaliteter	35	26 ²⁾	54	5	0,0

1) Ekskl. bølgepapindustriens egen eksport af afskær mv.

2) Inkl. import fra formidlere

Som det fremgår af tabel 2.4 kunne Danmark teoretisk set være selvforsynende med stor set alle returpapirkvaliteter, idet eksporten overstiger importen undtagen for blandet papir og pap. Når der alligevel er en forholdsvis stor vareudveksling af ens kvaliteter, kan det skyldes transportøkonomi og ønsket om en større forsyningssikkerhed og konkurrencedygtige priser for de enkelte returpapirforbrugende fabrikker.

Massebalancen, dvs. (indsamlet mængde + import) ÷ (eksport + forbrug ÷ lagerstigning) stemmer ikke helt i tabellen. I 2001 var afvigelse på 25.000 tons svarende til godt 3 % af den indsamlede mængde. Afvigelsen skyldes, at oplysningerne i kolonnen "forbrug til dansk papirproduktion" baserer sig på

de danske returpapirforbrugende fabrikkers oplysninger, mens oplysningerne i kolonnen "indsamlet mængde" er baseret på returpapirhandlernes oplysninger. Returpapirhandlerne foretager i udbredt grad en sortering af det indsamlede papir, og mængderne vil derfor i et vist omfang være rubriceret som én papirkvalitet ved indkøb og en anden ved salg.

2.8 Returpapirpriser

Returpapir er en vigtig råvare i den danske papirproduktion. Returpapir sælges af returpapirhandlere til de returpapirforbrugende fabrikker eller eksporteres. Priser for papiret afhænger bl.a. af kvaliteten og de internationale markedspriser.

Inden for hver kvalitetsgruppe er prisen yderligere bestemt af returpapirets kontamineringsgrad. Jo renere returpapiret er, desto højere pris kan opnås.

2.8.1 Prisudviklingen

Priserne på det danske returpapirmarked påvirkes i betydeligt omfang af priserne på det internationale marked. Sammenlignet med den store mængde af papir der indsamles bl.a. i Tyskland, er den danske indsamling marginal. Såvel indsamlingen af returpapir som de danske returpapirforbrugende fabrikkers forbrug af returpapir udgør ca. 1 % af den samlede mængde i EU.

Til at belyse udviklingen i priserne er det valgt at benytte oplysninger fra det tyske tidsskrift EUWID der løbende bringer prisoplysninger om dette område. Det vurderes at disse priser også afspejler den danske udvikling, idet de danske og tyske priser konjunkturmæssigt følger hinanden i opadgående og nedadgående retning.

2.8.2 Baggrund for prisstatistik

Prisudviklingen fra 1992 til 2001 fremgår af figur 2.2. I tabel 2.5 angives priserne i perioden 1987 til 2001.

For perioden 1987 til 1992 er der anvendt priser fastsat af et prisudvalg under den danske returpapirindustri. Disse priser er "ab genvindingsindustri" hvilket vil sige at de returpapirforbrugende fabrikker forestår transporten.

For perioden 1. kvartal 1993 til 3. kvartal 1995 er der anvendt priser indberettet til Konkurrencerådet. Også disse priser er "ab genvindingsindustri".

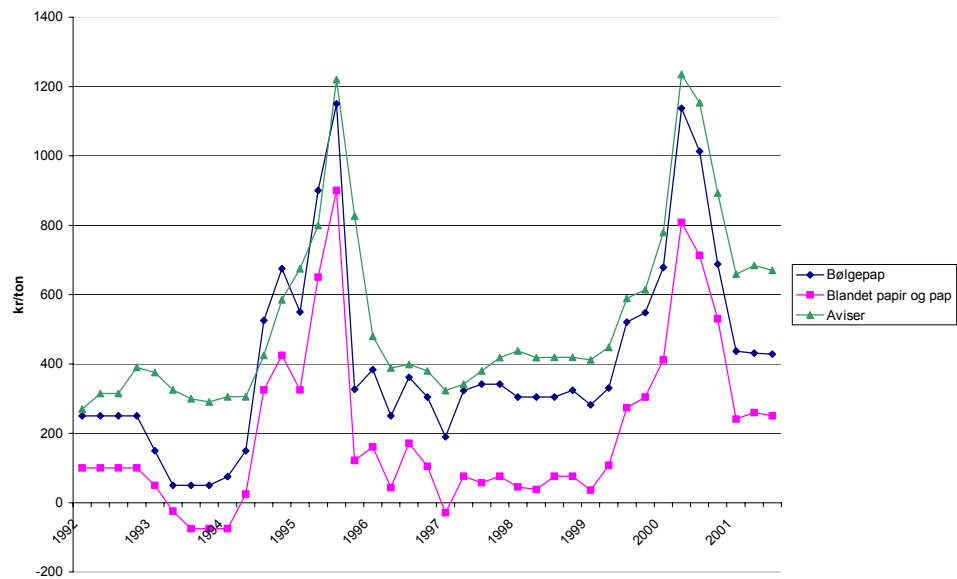
For perioden fra 4. kvartal 1995 og frem er anvendt tyske priser oplyst i det tyske tidsskrift EUWID hvor priserne opgøres 1-2 gange pr. måned.

EUWID opgiver priserne i intervaller. Priserne i tabel 2.5 er fundet ud fra midtpunkterne i disse intervaller. Fra 1999 og frem er de angivne priser beregnet som gennemsnit ud fra alle prisangivelser i kvartalet.

EUWID angiver priserne for papirkvaliteterne "frit leveret til fabrik" hvilket vil sige at transportomkostningerne er indeholdt i prisen. Priserne før og efter 4. kvartal 1995 er derfor ikke direkte sammenlignelige, men er p.t. de bedste til at belyse prisudviklingen.

Kvaliteterne er ifølge EUWID inddelt på følgende måde:

- Bølgepap
Brugte bølgepapemballager, ark eller afskær fra bølgepapproduktion.
- Blandet papir og pap
Blanding af forskellige typer papir og pap indeholdende mindre end 40 % avispapir og ugeblade.
- Aviser (aviser læst én gang)
Gamle aviser med mindre end 5 % farve fra annoncer; mængden af ubrugeligt materiale maks. 1 %.



Frem til og med 3. kvartal 1995 er priser "ab genvindingsindustri". Fra 4. kvartal 1995 er priser "frit leveret til fabrik"

Figur 2.2. Priser på returpapir. Kroner pr. ton.

Tabel 2.5. Returpapirpriser i kr. pr. ton.

	Bølgepap	Blandet papir og pap	Aviser
1987	425	200	305
1988	470	210	330
1989	550	310	395
1990	390	190	300
1991	265	100	265
1992	250	100	325
1993	75	-31	323
1994	356	175	405
1995	866	625	898
1995			
1. kvartal	550	325	675
2. kvartal	900	650	800
3. kvartal	1.150	900	1.220
4. kvartal	327	122	655
1996			
1. kvartal	384	161	480
2. kvartal	250	43	388
3. kvartal	361	171	399
4. kvartal	304	105	380
1997			
1. kvartal	190	-29	323
2. kvartal	323	76	392
3. kvartal	342	57	380
4. kvartal	342	76	418
1998			
1. kvartal	304	45	438
2. kvartal	304	38	418
3. kvartal	305	76	419
4. kvartal	324	76	419
1999			
1. kvartal	282	36	412
2. kvartal	331	108	448
3. kvartal	521	274	589
4. kvartal	548	304	614
2000			
1. kvartal	678	412	779
2. kvartal	1.137	808	1.235
3. kvartal	1.013	713	1.153
4. kvartal	688	530	893
2001			
1. kvartal	437	241	659
2. kvartal	431	260	684
3. kvartal	428	250	670
4. kvartal	443	298	703

Frem til og med 3. kvartal 1995 er priser "ab genvindingsindustri". Fra 4. kvartal 1995 er priser "frit leveret fabrik".

3 Miljøvurderingens formål, afgrænsning og metode

3.1 Miljøvurderingens formål

Projektet skal opdatere den miljømæssige del af den tidligere gennemførte undersøgelse om "Miljøøkonomi for papir- og papkredsløb" (Miljøstyrelsen, 1995). Projektets formål er derfor at vurdere om vi i Danmark med fordel miljø- og ressourcemæssigt kan fremme eller reducere hhv. indsamling til genanvendelse eller forbrænding af returpapir. Vurderingen gælder i forhold til referenceåret 2001. Konklusionerne bør være gyldige en årrække frem.

Miljøvurderingen udføres for de tre papirfraktioner: Blandet Papir, Aviser & Ugeblade samt Bølgepap. Først beregnes miljøkonsekvenserne pr. kg papir ved 100% genanvendelse henholdsvis 100% affaldsforbrænding. Dette illustrerer den samlede miljømæssige forskel på at genvinde et kg papir mere eller mindre end i dag. Efterfølgende beregnes scenarier for en samlet forøgelse hhv. reduktion af genanvendelse sat i forhold til den samlede specifikke indsamling og genanvendelse i referenceåret 2001, jfr. scenarierne beskrevet i kapitel 4. Genanvendelsen af papir og pap sker via genvinding.

I det tidligere studie blev miljøvurderingen kun udført for forøgelse hhv. reduktion af genanvendelse og ud fra ret få miljøparametre, hovedsageligt på opgørelsesniveau. Det opdaterede studie vil blive udført efter UMIP-metoden (Wenzel et al., 1996) som grundlag for konklusionerne, men sammenligning med det tidligere studie vil blive udført på delresultater for derigennem at forklare eventuelle forskelle på det nye og det gamle studie.

Projektets målgruppe er primært Miljøstyrelsen, kommuner og affaldsselskaber der kan anvende projektets resultater i forbindelse med en vurdering af nuværende og fremtidige aktiviteter på genanvendelsesområdet for papir og pap.

3.2 Vurderingens emner og referenceprodukt

Vurderingens referenceprodukter er papirkvaliteterne:

- Blandet papir forbrugt i Danmark 2001.
- Aviser og ugeblade forbrugt i Danmark 2001
- Bølgepap forbrugt i Danmark 2001

Vurderingens emner er de miljø- og ressourcemæssige konsekvenser ved

- 100 % genanvendelse
- 100 % forbrænding
- øget genanvendelse og reduceret forbrænding
- reduceret genanvendelse og øget forbrænding

Udviklingsscenarierne i de to sidste punkter er i forhold til referencescenariet i 2001.

Den øgede henholdsvis reducerede genanvendelse kan ske alene i Danmark eller i udlandet via øget eller reduceret eksport.

Måltal for den øgede henholdsvis reducerede genanvendelse fastsættes efter en vurdering af hvad der er realistisk muligt, både med hensyn til indsamlings-effektivitet og kvalitet af det genvundne produkt. I vurderingen er indgået et skøn af om de miljømæssige og økonomiske omkostninger vil begynde at stige mere end lineært ved en høj indsamlingseffektivitet. Der er således regnet med linearitet mellem miljøbelastning og indsamlingseffektivitet indenfor interval-erne af indsamling til genanvendelse.

100 % scenarierne illustrerer den miljømæssige forskel på at genvinde et kg papir mere (100 % genanvendelse) eller mindre (100 % forbrænding) end i dag (2001). 100 % scenarierne udgør således marginal mængder i forhold til dagens indsamlingsniveau (referencescenarierne 2001).

3.3 Funktionel enhed

Den funktionelle enhed for 100 % genanvendelse hhv. 100 % forbrænding er 1 kg papir indsamlet i Danmark år 2001 for hver af de tre papirkategorier.

Den funktionelle enhed ved øget hhv. reduceret genanvendelse er det samlede papirforbrug i Danmark år 2001 for hver af de tre papirkategorier.

Tidshorisonten for studiet er 10-20 år, forstået således at der er tid til at afskrive væsentlige kapitalinvesteringer, og til at markedet kan komme i balance ved øget eller reduceret genanvendelse.

Med hensyn til virkningen af miljøeffekterne er tidshorisonten betydeligt længere. Bidraget til drivhuseffekt modelleres således over 100 år.

3.4 Systemafgrænsninger

3.4.1 Tre anvendte fremtidsscenarier

Der er udført beregninger for to principielt forskellige fremtidsscenarier:

- Fremtidsscenario 1: Vedmassen vil være ubegrænset i studiets tidshorisont. Den vedmasse, der spares/frigøres ved papirgenanvendelse, nyttiggøres ikke, men bliver i skoven
- Fremtidsscenario 2: Vedmassen er begrænset. Brug af vedmasse til papir afføder derfor, at en tilsvarende mængde vedmasse ikke kan bruges til f.eks. energiformål andetsteds. Her antages, at brug af vedmasse afføder et tilsvarende forbrug af fossilt brændsel til energiformål.

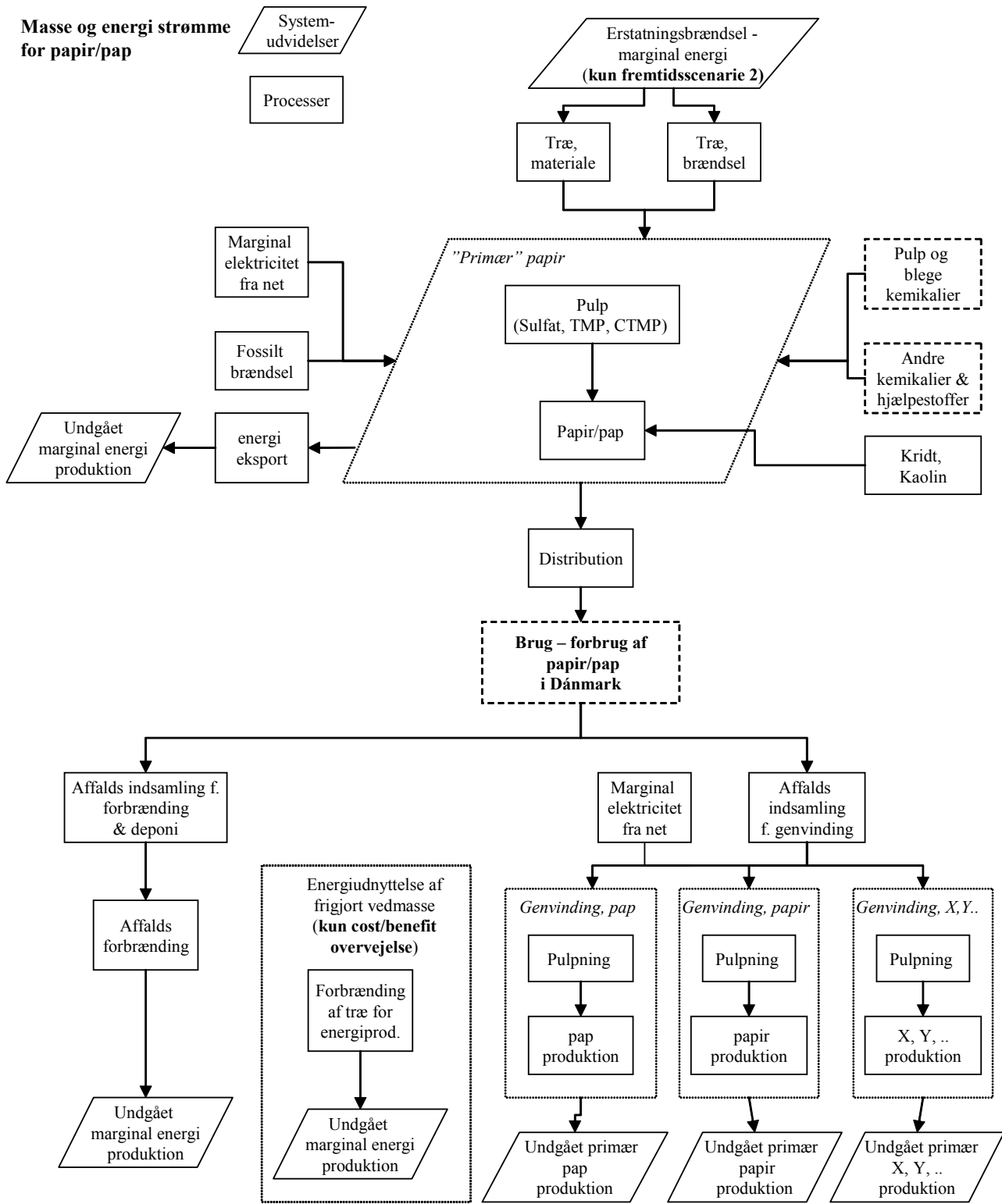
Endelig er der i forlængelse af fremtidsscenario 1 udført nogle *cost/benefit overvejelser* om, hvorvidt forskelle i omkostninger mellem genanvendelse og affaldsforbrænding står i rimeligt forhold til de miljømæssige forskelle. Der er ikke de samme samfundsmæssige omkostninger forbundet med at genvinde hhv. brænde papiret, og da beslutningen om at øge, fastholde eller reducere papirgenanvendelsen i væsentligt omfang er miljømæssigt begrundet, bør det derfor overvejes, om der kunne opnås større miljøgevinst for de samme penge

på en anden måde. Som illustration af vigtigheden af cost/benefit overvejelserne er belyst et tredje scenario. I dette udnytter samfundet den vedmasse, der spares ved papirgenanvendelse, til energiformål, idet det antages, at samfundsomkostningen herved er den samme som ved forbrænding af papiret og brug af vedmassen til papirfremstilling.

I alle fremtidsscenerier antages såkaldt marginal energi for elektricitet og samproduceret varme, se afsnit 3.5.2.1. Med marginal energi menes den energiproduktion der er mest følsom over for ændring i papirproduktionen gennem øget eller reduceret energiforbrug eller over for affaldsforbrænding gennem undgået energiproduktion. Der er altså tale om den energitype der i sidste ende bliver påvirket, fx naturgas CC, frem for den direkte påvirkede, fx det lokale elværk uanset type og brændsel.

Figur 3.1 viser energi- og materialeprocesser for det generelle danske papirsystem. Systemudvidelser der er foretaget for de tre papirkvaliteter, er vist samlet i tabel 3.1 Systemudvidelserne og deres begrundelse er forklaret i afsnit 3.4.3.

Massestrømmene for hver af de tre papirkvaliteter og deres scenarier er beskrevet i kapitel 4.



Figur 3.1. Processer i de studerede papirsystemer i Danmark. Trapezkasser illustrerer systemudvidelser. Bokse med stiplede linier --- betyder at disse processer/systemudvidelser ikke er medtaget da de antages uden praktisk betydning, se dog afsnit 3.4.2 vedr. kemikalier. Bokse med punkteret linie ... afgrænser delsystemer. figur er revideret

Tabel 3.1. Oversigt over systemudvidelser benyttet i studiet, se afsnit 3.4.3. Forholdene y:x under processer, mængde angiver substitutionsforhold.

Systemudvidelser

Papirkvalitet	Processer - materiale og bortskaffelse	Systemudvidelse - typer	Systemudvidelse - processer, mængde
Alle fremtidsscenerier			
Blandet papir	Primær papir/pap, blandet og bedre. Fra sulfat/CTMP integreret og sulfat, ikke-integreret.	Der er ikke udført systemudvidelse for forbrugt træ.	
		Undgået marginal energi ved energieksport, termisk	50/50 olie og naturgas
	Genvinding til fint papir, DK	Undgået primær produktion	Fint papir fra sulfat, ikke-integreret; 0,85:1
	Genvinding til fluting/liner, DK	Undgået primær produktion	"Fluting/liner fra sulfat og CTMP, integreret"; 0,8:1
	Genvinding til pap, DK	Undgået primær produktion	Pap fra sulfat/CTMP, integreret; 1:1
	Genvinding til støbepap, DK	Undgået primær produktion	"Støbepap fra CTMP"; 0,85:1
	Genvinding, Eksport	(ingen nettoeksport)	(ingen nettoeksport)
	Affaldsforbrænding, DK	Undgået produktion af marginal el og varme	Naturgas CC, ikke allokeret
Aviser/ugeblade	Primær avispapir, TMP, Sverige	Der er ikke udført systemudvidelse for forbrugt træ.	
	Genvinding til støbepap, DK	Undgået primær produktion	"Støbepap fra CTMP"; 0,85:1
	Genvinding til pap, DK	Undgået primær produktion	Pap fra sulfat/CTMP, integreret; 1:1
	Genvinding til avispapir, Eksport	Undgået primær produktion	TMP papir, integreret; 1:1
	Affaldsforbrænding, DK	Undgået produktion af marginal el og varme	Naturgas CC, ikke allokeret
Bølgepap	"Primær fluting og liner", sulfat og CTMP, Sverige	Der er ikke udført systemudvidelse for forbrugt træ.	
		Undgået marginal energi ved energieksport, termisk	50/50 olie og naturgas
	Genvinding til fluting/liner, DK	Undgået primær produktion	"Fluting/liner fra sulfat og CTMP, integreret"; 0,8:1
	Genvinding til pap, DK	Undgået primær produktion	Pap fra sulfat/CTMP, integreret; 1:1
	Genvinding til fluting/liner, Eksport	Undgået primær produktion	"Fluting/liner fra sulfat og CTMP, ikke-integreret"; 0,8:1
	Affaldsforbrænding, DK	Undgået produktion af marginal el og varme	Naturgas CC, ikke allokeret
Fremtidsscenario 2			
Blandet papir	Primær papir/pap, blandet og bedre. Fra sulfat/CTMP integreret og sulfat, ikke-integreret.	Træ forbrugt ikke tilgængeligt til energi formål og substitueres af fossilt brændsel.	50/50 olie og naturgas erstatter fyring med træflis
Aviser/ugeblade	Primær avispapir, TMP, Sverige	Træ forbrugt ikke tilgængeligt til energi formål og substitueres af fossilt brændsel.	50/50 olie og naturgas erstatter fyring med træflis
Bølgepap	"Primær fluting og liner", sulfat og CTMP, Sverige	Træ forbrugt ikke tilgængeligt til energi formål og substitueres af fossilt brændsel.	50/50 olie og naturgas erstatter fyring med træflis
Cost/benefit overvejelser			
Blandet papir	Energiproduktion via forbrænding af frigjort vedmasse i flisfy.	Undgået produktion af marginal el og varme	Naturgas CC, ikke allokeret
Aviser/ugeblade	Energiproduktion via forbrænding af frigjort vedmasse i flisfy.	Undgået produktion af marginal el og varme	Naturgas CC, ikke allokeret
Bølgepap	Energiproduktion via forbrænding af frigjort vedmasse i flisfy.	Undgået produktion af marginal el og varme	Naturgas CC, ikke allokeret

Citation "" betyder at processen er konstrueret af hensyn til systemudvidelsen, og muligvis ikke forekommer i praksis

3.4.1.1 100 % Referencescenarier

Scenarierne for henholdsvis 100 % genanvendelse og 100 % forbrænding følger i princippet figur 3.1, men illustreret ved enten genanvendelse eller affaldsforbrænding. Scenarierne følger også i princippet tabel 3.1, men det

antages i referencescenariet for 100 % genanvendelse, at denne udelukkende finder sted i Danmark. I et følsomhedsscenario beregnes genanvendelsen hvis den udelukkende fandt sted i udlandet. Begrundelsen herfor er at vise den samlede miljømæssige forskel på at genvinde et kg papir mere eller mindre end i dag hvis dette sker henholdsvis i Danmark og i udlandet.

3.4.2 Kriterier for forenklinger og udeladelser

Forenklinger og udeladelser er set i lyset af det tidligere studie hvor beregningsmodellerne var forenklede, idet der var udeladt en række formodede mindre betydningsfulde processer, såsom skovdrift og kemikalier. Udvinding af brændsler var heller ikke inkluderet, og produktion af primært papir forholdt sig reelt kun til energiforbruget målt i Joule.

Dette studie er ikke udført på samme forenklede grundlag som det tidligere da det er valgt at medtage hele systemets livsforløb, forstået som primært papir/pap og dets bortskaffelse inklusive undgået produktion af primært papir/pap eller energi ved genanvendelse eller affaldsforbrænding og ikke kun nettoforbrug af primært papir og dets bortskaffelse. Dette skyldes at papiret genvindes til andre kvaliteter end den oprindelige, og det er således ikke muligt fra starten blot at regne med nettoforbruget af én bestemt primært papirtype. Der er dog benyttet forenklede antagelser om hvilke typer primært papir der benyttes, og hvilke der undgås ved genanvendelse da disse papirtyper i virkeligheden er yderst sammensatte og umulige at få eksakt viden om.

Som i det tidligere studie er produktion af kommercielle papirprodukter fra de beskrevne papirkvaliteter og deres brug ikke inkluderet. Der er fx ikke indregnet fremstilling af bølgepap fra fluting og liner eller udskæring/foldning til kasser. Produktion af de endelige papirprodukter kan antages at have samme miljømæssige størrelsesorden uanset om de produceres fra genvundet eller nyt papir, og man kan også argumentere for at de ikke hører til livsforløbene beskrevet i dette studie, men derimod til livsforløbet for de systemer de bruges i. Udeladelserne er derfor i praksis uden betydning for studiets konklusioner.

Til forskel fra det tidligere studie er ligeledes inkluderet produktion af brændsler og transport da den miljømæssige størrelsesorden af disse ved en forhåndsvurdering er skønnet for stor til at de kan udelades. Skovbrug er ligeledes inkluderet selvom betydningen er lille. Det har været hensigten at inkludere kemikalier til især pulpfremstilling og blegning, men i praksis har det ikke været muligt at tilvejebringe tilstrækkeligt specifikke oplysninger om kemikalietyperne til at de har kunnet indgå i vurderingen.

Sammenfattende har studiet følgende udeladelser:

- Produktion af slutprodukt (fx trykning af avis, fremstilling af bølgepap og kasser fra fluting/liner). Uden betydning.
- Brug af slutprodukt. Uden betydning.
- Fremstilling af kemikalier for pulpfremstilling, blegning og andet. Kan have betydning.

Sammenfattende har studiet følgende forenklinger:

- Antagelser om typer af primært papir der benyttes til studiets papirkvaliteter. Kan have betydning.

- Typer primært papir der undgås ved genanvendelse af studiets papirkvaliteter. Kan have betydning.

3.4.3 Allokeringer, systemudvidelse og lødighedstab

I dette projekt er der så vidt muligt anvendt systemudvidelse som er anbefalet i ISO 14040 (ISO, 1998). Miljøstyrelsen gennemfører i øjeblikket et projekt for videreudvikling af UMIP-metoden, og i dette projekt indgår også systemudvidelse (Weidema, 1999) (Weidema, 2000).

3.4.3.1 Allokeringer

Allokeringer er så vidt muligt undgået ved at foretage systemudvidelser i stedet.

Nogle allokeringer forekommer i delprocesser hvor der anvendes generelle data. Fx er der foretaget sam-produkt-allokering for olie- og gasprodukter efter energi, såsom dieselolie, der er sam-produceret med andre raffinaderiprodukter. Sam-produkt-allokering af kemikalier kan være foretaget efter vægt, fx natriumhydroxid der er sam-produceret med klor. Da de generelle data typisk er aggregerede, er det ikke muligt at ændre på allokeringen, men betydningen heraf anses for lille for brændsler og kemikalier da miljøpåvirkningen fra deres produktion kun udgør en mindre del af den samlede miljøpåvirkning.

Ved forbrug af el produceret på el- og kraftvarmeværker, der har samtidig produktion af elektricitet og varme, har det ikke umiddelbart været muligt at beregne miljøbelastningen for henholdsvis el- og varmeproduktionen ved systemudvidelse. Da elektricitet fra el- og kraftvarmeværker i det danske og antageligt også udenlandske energisystemer er prioriteret i forhold til varme, er allokeringen foretaget efter exergi, dvs. energikvalitet af el og varme.

Ved samtidig forbrug af el og varme i et forhold der, hvad angår størrelsesorden, er sammenligneligt med det producerede forhold, er der benyttet ikke-allokerede data.

Ved undgået produktion af el og varme fra kraftvarmeværker som følge af fortrængning af el og varme fra affaldsforbrænding eller anden sam-produktion af el og varme er der ligeledes benyttet ikke-allokerede data. El og varme fra affaldsforbrænding produceres ikke i helt samme forhold som el og varme fra kraftvarme, men fejlen/usikkerheden ved denne skævhed skønnes at være mindre end fejlen/usikkerheden ved at benytte allokerede værdier. Reviewer har påpeget, at man beregningsmæssigt kan kompensere for denne skævhed, og det er efterfølgende gjort i 100 % forbrændingsscenarierne (se afsnit 5.3). Der er ikke fundet anledning til at gøre det i scenarierne for øget henholdsvis reduceret forbrænding, da det stort set ikke påvirker resultaterne.

3.4.3.2 Systemudvidelser

Ved materiale genvinding antages det generelt at man undgår produktion af en tilsvarende mængde primært materiale som der genvindes. Det genvundne materiale kan være af samme type som det oprindelige primære produkt eller en anden produkttype, fx brugte aviser der oparbejdes til støbepap. Antagelsen betyder at såvel den opstrøms oprindelige papirproduktion som den nedstrøms undgåede produktion er primære processer. Udtrykket "opstrøms" bruges om processerne tilbage til (op mod) de primære processer, og udtrykket "nedstrøms" bruges om processerne ned mod bortskaffelsen.

Undgået produktion af primært materiale ved genanvendelse svarer til normale antagelser i situationer hvor produktionen af genvundet materiale er begrænset i forsyning af indsamlet brugt materiale (skrot) og ikke er begrænset med hensyn til afsætning (efterspørgsel). Dette vil normalt være tilfældet i markeder med stigende efterspørgsel på produkttypen generelt (både genvundet og primær) som tilfældet er for papir. På globalt plan forventes papirforbruget at stige fra 300 mio. tons i 2001 til 400 mio. tons i 2010 hvoraf forbruget af retur fibre ventes at stige fra 150 mio. tons til minimum 200 mio. tons (Stensballe, 2003). Disse oplysninger svarer til trenden beskrevet i (CEPI, 2002).

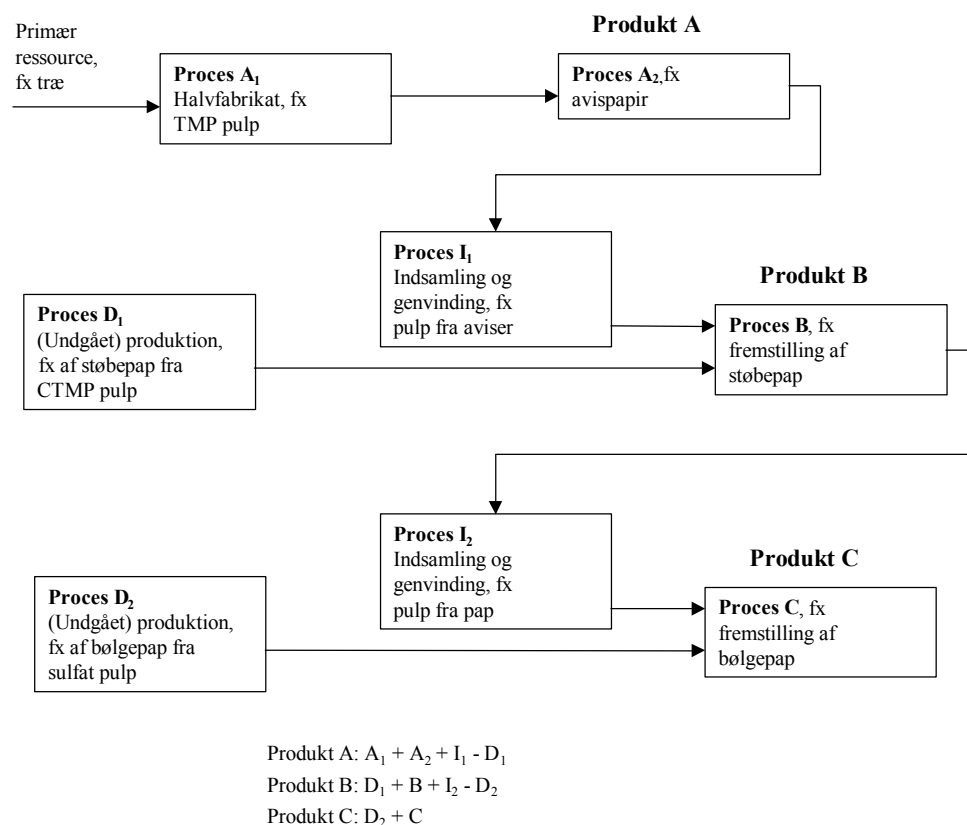
Der foregår en diskussion af LCA og markeds kræfter (forsyning og efterspørgsel samt priselastisitet) om hvorvidt genvundet materiale delvist erstatter andet genvundet materiale (Ekvall, 2000), men det er svært at eftervise.

De udførte systemudvidelser opstrøms omfatter papirproduktion som vist i tabel 3.1 hvad enten denne afspejler de direkte målte materialestrome eller ej. Nogle primære papir typer fremstilles således reelt ikke rent i dag, men vil være iblandet en genvindingsproduktion. Det gælder fx fluting og liner til bølgepap (Fefco, Ondulé & Kraft, 2003). Systemudvidelsen inkluderer produktion af det produkt der erstattes. Dette produkt antages at være primært papir da tab af papir nødvendigvis vil skulle erstattes af primær papir. Det er derfor nødvendigt beregningsteknisk at konstruere processer for primær papirproduktion i de tilfælde at de ikke findes "rene", men er iblandet genvundet papir.

En mulig erstatning for støbepap er plast PP, men CTMP indgår i produktionen af visse støbepap kvaliteter, og støbepap fremstilles på enkelte udenlandske fabrikker ud fra CTMP. CTMP er derfor den primære pulptype man mest indlysende ville vælge hvis man ikke ville benytte returpapir. CTMP fremstillet støbepap konkurrerer på markedet med PP og er valgt her da det kommer nærmest det oprindelige produkt. Markedsandelen af æg emballeret i PP forekommer lille i Danmark.

De udførte systemudvidelser nedstrøms omfatter den produktion af energi eller materiale der kan undgås ved affaldsforbrænding eller materiale genvinding, se tabel 3.1, hvad enten dette afspejler direkte målte strømme eller ej. Ved materiale genvinding antages at produktion af primært materiale undgås, der hvis ikke den findes "ren" er konstrueret som forklaret ovenfor.

Materiale genanvendelse omfatter det primære produkt, indsamlingsleddet, genvindingsleddet og fortrængte papirprodukter. En konsekvens af systemudvidelsen er at tab i form af materialemængde eller materiale kvalitet (lødighedstab, se afsnit 3.4.3.3) afstedkommer efterspørgsel af primært materiale som ovenfor beskrevet. Princippet for systemudvidelsen er illustreret i figur 3.2 som også viser regnereglerne.



Figur 3.2. Principskitse for systemudvidelse. Produkt A er det primære produkt. Produkt B og C er genvundne produkter. I eksemplet genanvendes brugte aviser som støbepap (ægbacker), der igen genanvendes som bølgepap.

Figur 3.2 viser systemudvidelse af papirprodukters materialestrømme. Foruden at bruge træ som råvare bruges der også træ som energikilde. For træ er der i den ene systemafgrænsning (se afsnit 3.4.1) udført systemudvidelse som illustreret i figur 3.1 da det antages at fossil brændsel (50 % olie og 50 % naturgas, se afsnit 3.5.2.1) vil være erstatningsbrændsel for træ.

Tankegangen bag systemudvidelsen er at den mængde træ som papirværkerne bruger til energi, alternativt ville have været udnyttet til offentligt produceret energi, som nu i stedet må bruge olie eller naturgas. Omvendt antages varmeeksport fra papirværker ligeledes at fortrænge olie og naturgas. I det første fremtidsscenario er denne systemudvidelse ikke foretaget, og dette kan antages at være situationen i den nære fremtid – f.eks. i en 5-årig horisont.

Nettoeksport af elektricitet fra papirværker antages at fortrænge offentlig elektricitetsproduktion. Der antages marginal el, se afsnit 4.4.2.1.

Affaldsforbrænding producerer varme og el i forholdet 77/23 (Dall et al., 2003) som antages at fortrænge naturgas marginal CC produktion af varme og el fra danske kraftvarmeverker. Dette produceres ca. i forholdet 50/50. Som udgangspunkt fortrænges samme energimængde som der produceres fra affaldsforbrændingsanlæg med korrektion for distributionstab, men der vides at være yderligere et tab, idet det i perioder med overskudsproduktion af varme i forhold til el kan være nødvendigt at bortkøle varme. Dette vil ske fra el- og kraftvarmeverkerne, idet affaldsforbrændingsanlæggenes varmeproduktion er prioriteret. Størrelsen af denne køling er ukendt, og det har ikke været muligt at klarlægge den.

3.4.3.3 Lødighedstab

I UMIP-metoden opereres der med begrebet *lødighedstab* som kan opfattes som et kvalitetstab af materiale der er en følge af brug, indsamling og genvinding af materialet. Kvalitetstab kan være med hensyn til egenskaber, fx styrke, eller funktion, fx at det genvundne produkt på en irreversibel måde kun kan finde begrænset anvendelse.

I UMIP-metoden er lødighedstab benyttet som nøgle for allokering. Det er i reglen muligt at kompensere for lødighedstab ved fx raffinering eller brug af en ekstra mængde af det genvundne materiale i produktet. I begge tilfælde er slutresultatet et materialetab, og lødighedstab er derfor det samme som systemudvidelse.

Et større eller mindre lødighedstab forventes især at optræde for materialer som ikke er baseret på grundstoffer sådan som metallerne er det. Dvs. at lødighedstab kan forventes at optræde for materialer som plast, papir/pap og glas.

Det er vanskeligt at udtale sig om hvor stort et lødighedstab man på længere sigt kan regne med da erfaringerne på området er begrænsede. Enkelte referencer anslår lødighedstab til 15–20 % (Mortensen, 1996) (Ekvall, 2000), forstået således at fibrene kan genanvendes 5–6 gange før de er slidt i stykker. Man har erfaring for at genanvendte bølgepapkasser skal have en ca. 10 % tungere kvalitet end bølgepapkasser i primær bølgepap for at have samme styrke hvilket kan tages som et udtryk for lødighedstab, men her er meget ødelagte fibre skilt ud fra genvindingsprocessen i form af fiberslam hvilket vil afspejle sig direkte i systemets massebalance, og håndteres således af den almindelige systemudvidelse.

I dette projekt er det valgt at arbejde med et *lødighedstab på 15 %* for støbepap, *20 %* for bølgepap og *0 %* for andet papir/pap under hensyn til at de dårligste fibre udvaskes under genvindingsprocessen. Støbepap og bølgepap er begge styrkekrævende kvaliteter. Lødighedstabene for støbepap og bølgepap er forholdsvis forsigtige bud som antages at kunne realiseres også på lang sigt.

3.5 Datakategorier

3.5.1 Beslutning om datakategorier

Det tidligere studie indeholdt kun få datakategorier da det kun inkluderede parametrene CO_2 , SO_2 , NO_x , COD, AOX, forbrug af træ og energi samt spildevands- og affaldsmængde. CO_2 blev regnet som CO_2 -ækvivalenter under indregning af drivhuseffektpotentialet fra CH_4 fra deponi. Det tidligere studie blev udført på basis af de beregnede forbrug og emissioner, og der blev således ikke udført miljøvurdering, bortset fra omregningen til CO_2 -ækvivalenter.

For primært papir og papirgenvinding er der fokuseret på parametrene fra det tidligere studie under dataindsamlingen. Det har desuden været hensigten at indsamle yderligere emissionsdata til luft og vand, men dette har stort set ikke været muligt. På nær for emissioner der bidrager til toksiske effekter, vurderes dette ikke at have væsentlig betydning for studiets konklusioner da CO_2 , SO_2 og NO_x er de væsentligste bidragsydere til drivhuseffekt, forsuring og nærings saltbelastning. En stor del af udvekslingerne kommer desuden

indirekte fra elproduktion og udvinding af brændsler der allerede foreligger som ret detaljerede enhedsprocesser i den benyttede UMIP database, og datakategorierne afspejler derfor de væsentligste udvekslinger der bidrager til drivhuseffekt, forsurening, nærings saltbelastning, ressourceforbrug og affaldsproduktion. Bidrag til fotokemisk ozondannelse antages først og fremmest at komme fra transport og udvinding af brændsler, så VOC fra disse tages ligeledes i betragtning selvom der ikke er oplysninger om VOC fra papirvirksomhederne.

Alt i alt omfatter datakategorierne:

- Forbrug af materialer (råvarer, evt. hjælpematerialer, emballager etc.). I materialerne indgår forbrug af ressourcer.
- Forbrug af energi (el, varme, naturgas, olie, benzin, diesel etc.). I energi indgår forbrug af brændselsressourcer.
- Emissioner til luft.
- Emissioner til vand.
- Produceret affald (spild, kasserede produkter, affald til genanvendelse andre steder mv.).

3.5.2 Energi

Under dataindsamlingen er der indsamlet data om den energi der anvendes i produktionen, såkaldt *direkte energi*, som fx måles som "kilowatt-timer elektricitet" eller "kubikmeter naturgas til fyring". Dette omregnes til *primær energi*, dvs. den energimængde som er indeholdt i de udvundne energiressourcer. Den primære energimængde er større end den direkte grundet tab i fremstillingen af den direkte energi. De primære energiressourcer (kul, olie, naturgas) der skal udvindes, kan opgives i MJ eller i de mængder (kg, tons), der er taget op af jorden.

Ved omregning mellem energi og mængde (kg, m³) er følgende nedre brændværdier benyttet:

Råolie:	43,0 MJ/kg (Energistyrelsen, 2003)
Naturgas:	48,9 MJ/kg
Naturgas:	39,6 MJ/m ³ (Energistyrelsen, 2003)
Dieselolie:	42,7 MJ/kg
Fuelolie:	41,0 MJ/kg
Stenkul, rå:	18,0 MJ/kg
Stenkul, ressource:	29,3 MJ/kg
Træ, TS	18,3 MJ/kg
Papir, TS	16,2 MJ/kg (for ren cellulose)

Disse brændværdier benyttes hvis der ikke foreligger specifikke oplysninger eller ved omregning af energiindhold til ressourcemængde. Hvis der foreligger specifikke brændværdier i en konkret reference, er referencens brændværdier benyttet.

For termisk energi er der så vidt muligt benyttet emissioner målt på virksomhederne. Alternativt er enhedsprocesser i UMIP-databasen benyttet.

3.5.2.1 Marginal eller stedspecifik energi

Med hensyn til elektricitetsscenerier kan disse vælges som stedspecifikke gennemsnitsscenerier eller marginale (eller mest følsom leverandør) scenarier.

Som udgangspunkt er marginalt scenarie benyttet under hensyn til studiets fremtidige og ikke nutidige/fortidige tidshorisont.

Marginal el og samproduceret varme er i Sverige, Danmark og de øvrige Nordiske lande tilnærmet antaget at være naturgas combined cycle (CC). Marginalerne er baseret på oplysninger i (Mattsson et al., 2003) og (Weidema et al., 1999). Der er periodisk den mulighed at en mindre andel af vindkraft indgår i marginal el.

Med hensyn til erstatningsenergi for forbrugt træ (fremtidsscenario 2) er den marginale (mest følsomme) energikilde i Sverige pragmatisk antaget at være en ligelig fordeling mellem olie og naturgas. Det er ikke indenfor studiets rammer at verificere denne antagelse nærmere, da det kræver en nærmere analyse af brændselsmarkedet og dets randbetingelser. Samme energikilde benyttes i alle fremtidsscenerier for undgået produktion af varme ved eksport af varme fra papirværker. Denne varmeeksport er beskeden, og antagelsen er derfor ikke følsomt.

Ved valget af naturgas som marginal (mest følsomme) teknologi for den fortrængte el og varme i Danmark er forudsat at det danske CO₂-loft fastholdes da kul som marginal ellers kan komme på tale (Weidema et al., 1999). Der er ikke regnet på kul som marginal, da denne udvikling i øjeblikket må anses for mindre sandsynlig i lyset af Kyoto aftalen.

3.6 Medtagne input og output

Medtagne udvekslinger er som minimum de samme som i det tidligere studie, nemlig CO₂, SO₂, NO_x, COD, AOX, forbrug af træ og energi samt spildevands- og affaldsmængde, se afsnit 4.4.1. Oplysninger om disse indsamles på de danske genvindingsvirksomheder.

Udvekslinger kommer også fra processerne for in- og output til genvindingsvirksomhederne, dvs. de returpapirforbrugende fabrikker. Disse stammer fra UMIP-enhedsprocesdatabasen hvori der er flere input og output end de ovennævnte.

3.7 Krav til datakvalitet

3.7.1 Afgrænsninger af tid, geografi og teknologi

Dette projekt skal afspejle konsekvenserne af øget henholdsvis reduceret genanvendelse af papir og pap i Danmark i forhold til referencesituationen år 2001. Status quo kan være et alternativ til øget genanvendelse såfremt der findes områder hvor det ikke findes realistisk at øge genanvendelsen, men dette har ikke vist sig at være tilfældet.

Måltal for øget henholdsvis reduceret genanvendelse fastsættes ud fra forventelige krav der fx kan tænkes etableret inden for de næste 5 år (2002-2007) hvis man vælger henholdsvis den ene eller den anden strategi. Da der er store kapitalinvesteringer forbundet med enten den ene eller den anden strategi, forventes de etablerede måltal at være holdbare i studiets tidshorisont på 10-20 år. Data for genanvendelse og affaldsforbrænding er repræsentative for det eksisterende teknologiniveau de kommende 5 år fra 2002-2007. Data er indsamlet fra eksisterende, anvendt teknologi. Det vurderes at disse data

med rimelighed er repræsentative for studiets tidshorisont på 10–20 år. Den væsentligste udvikling ventes at med hensyn til andelen af produceret el i forhold til varme. Der sker en udvikling i retning af at den bliver lidt større, men der er også tanker i retning af at gå tilbage til ren varmeproduktion, og dette er medtaget som følsomhedsscenario.

Vedrørende data for elproduktion må disse forventes at gå mod nedbringelse af SO₂- og NO_x-emission samt større anvendelse af vedvarende energi. Det er derfor rimeligt at regne med et fremskrevet energiscenario, og derfor er det fundet reelt at regne med fremtidig marginal teknologi som beskrevet i afsnit 3.4.3.2. Da der er tale om en langtidsmarginal, indregnes en tidshorisont hvor bygning af nye energisystemer kan realiseres, dvs. tidshorisonten er 10–20 år for de langtidsmarginale teknologier. Afskrivningshorisonten vil dog være noget længere.

Den mængde primært papir og pap som forbruget i Danmark kan føres tilbage til, kommer mange steder fra i verden, enten direkte importeret eller i form af emballage til importerede produkter. Det antages som udgangspunkt at primært papir/pap er fremstillet i Sverige på overvejende integrerede værker da dette scenarie i virkeligheden er "worst case" for den danske genanvendelse. Dette skyldes at integreret papirproduktion i Sverige må antages at være BAT med hensyn til miljø og ressourcer, og hvis det kan svare sig at genvinde dette i forhold til nyproduktion fra primær råvare, vil dette under alle omstændigheder også være tilfældet for papir fremstillet uden for Skandinavien. Hvis ikke der kommer et klart billede ud af denne antagelse, kan det fx antages at papir/pap der ikke kan spores tilbage til Sverige (eller Finland/Norge for den sags skyld), antages produceret på ikke-integrerede værker under brug af data fra Sverige.

Bortskaffelse/genvinding finder for en stor del sted i Danmark, men en del af det indsamlede papir og pap eksporteres til genvinding hvoraf man tilnærmet kan regne med at halvdelen går til Sverige og halvdelen til Tyskland (Stensballe, 2003). Det har været fremme at en del papir/pap videreeksporteres fra Tyskland til Fjernøsten. Dette er ikke endeligt afklaret, men der er indikationer af at mængden er begrænset.

Som udgangspunkt vil den del af det indsamlede papir der eksporteres, antages genvundet ved teknologi svarende til den danske. Avispapir vil dog overvejende blive genvundet til avispapir og ikke til støbepap (Skogsindustrierna, 2002) (CEPI, 2002). Det genvundne papir antages at fortrænge primært papir. Pap og papir genvundet i Danmark samt eksporteret avispapir vil fortrænge primære papir- eller paptyper fra integrerede værker (se tabel 4.1). Der anvendes data med udgangspunkt i de svenske værker, men da der anvendes marginal energi, har data bredere geografisk gyldighed, og naturgas CC marginal el vil antageligt være repræsentative for Nordeuropa. Bølgepap vil for en stor del blive eksporteret til Tyskland, hvor det antages at fortrænge fluting og liner fra ikke-integrerede værker (CEPI, 2002). For blandede kvaliteter er der nettoimport til Danmark, altså ingen nettoeksport. Der regnes her med at genanvendelse i udlandet opvejer dansk genanvendelse af importeret papir, hvilket er en tilnærmet antagelse.

Eksportfordelingen til Sverige og Tyskland antages at være repræsentativ også fremover. Der er således intet der tyder på at eksporten af brugt papir til Sverige mindskes i kraft af svenskernes store primære papirproduktion – måske snarere tværtimod da det er økonomisk rentabelt at fremstille

genvundet papir (Stensballe, 2003). Den stigende andel af brugt papir kan ligeledes læses af CEPIs statistikker (CEPI, 2002), og bekræfter at papirindustrien har præference for at fremstille genvundet papir.

3.7.2 Datakilder

De danske papirgenvindingsvirksomheder påvirkes direkte af øget eller reduceret genanvendelse, og derfor er der fremskaffet specifikke data fra disse virksomheder.

Produktionen af primært papir påvirkes indirekte af den øgede eller reducerede danske genanvendelse. Ideelt kunne man forestille sig marginale data for primært papir, men i praksis er det overordentlig vanskeligt at fremskaffe papirdata, så derfor vil disse blive tilvejebragt eller konstrueret bedst muligt ud fra offentligt tilgængelige kilder. Her har bl.a. brancheforeningen Skogsindustrierna i Sverige været benyttet sammen med EMAS-rapporter fra papirfabrikker. Datakilderne er nærmere beskrevet under dataindsamling.

3.8 Miljøvurdering

Forbruget af materialer og de forskellige emissioner fra såvel produktion og genvinding af papir som fra al anden menneskelig aktivitet er ikke umiddelbart sammenlignelige. Enkelte af emissionerne kan være interessante hver for sig, fx i relation til politiske målsætninger (jf. fx de politiske diskussioner om muligheden for at leve op til de nationale og internationale CO₂-målsætninger), men som regel er man interesseret i en sammenlignende vurdering af miljøeffekterne.

3.8.1 Miljøvurderingsmetode

For at kunne sammenligne og vurdere materialeforbruget eller miljøeffekterne fra emissionerne må de bringes på sammenlignelig form.

Dette sker i miljøvurderingen efter UMIP-metoden (Wenzel et al., 1996) i tre trin:

1. Datakarakterisering, dvs. beregning af de samlede bidrag til miljøeffekterne eller til ressourceforbruget.
2. Normalisering. Det beregnes hvor store ressourceforbrugene og bidragene til miljøeffekterne er i forhold til de totale bidrag fra samfundet.
3. Vægtning. Det beregnes hvilke ressourceforbrug og miljøeffekter der er de væsentligste.

3.8.1.1 Datakarakterisering

I datakarakteriseringen beregnes de samlede bidrag til miljøeffekterne, kaldet "miljøeffektpotentialer" i (Wenzel et al., 1996), ved at beregne hvor meget hver emission bidrager til miljøeffekterne i forhold til en referenceemission og efterfølgende lægge bidragene sammen. For drivhuseffekten er referenceemissionen kuldioxid (CO₂), men metan (CH₄) bidrager 25 gange så kraftigt og lattergas (N₂O) 320 gange så kraftigt. Ved at gange metan- og lattergasemissionen med de nævnte faktorer omregnes de til potentielle drivhuseffektbidrag målt i CO₂-ækvivalenter. Disse oplyses fx i gram (g-ækv.). Tilsvarende bidrager SO₂, NO_x og NH₃ til forsurening og omregnes til SO₂-ækvivalenter. NO_x, NH₃ og N₂O bidrager til næringssaltbelastning og omregnes til NO₃-ækvivalenter. NMVOC og i mindre grad CO og CH₄

bidrager til fotokemisk ozondannelse og udtrykkes i C_2H_4 -ækvivalenter. Tilsvarende beregninger kan udføres for toksicitet. Miljøeffekten stratosfærisk ozonnedbrydning medtages normalt ikke længere da ozonnedbrydende stoffer stort set er udfaset.

Materialeforbruget omregnes til ressourceforbrug som en del af dataindsamlingen, kaldet "resultatet af opgørelsen" i (Wenzel et al., 1996), og disse forbrug udgør datakarakteriseringen for ressourcer. Eksempelvis omregnes de direkte forbrug af dieselolie, benzin og fuelolie alle til ressourcen råolie.

3.8.1.2 Normalisering

Normaliseringen består i at sætte de netop omtalte karakteriserede data i forhold til noget man kan forholde sig til, idet man ikke kan vurdere om fx "2,3 kg CO_2 -ækvivalenter" er lidt eller meget. Normalisering af miljøeffekter udføres ved at samfundets samlede bidrag til en potentiel miljøeffekt, fx drivhuseffekt, beregnes per indbygger i referenceåret 1990. Enheden er *Personækvivalent*, PE . For globale effekter, såsom drivhuseffekten, benyttes hele verdens bidrag til effekten per indbygger i verden. For lokale og regionale effekter, såsom forsuring, nærings saltbelastning, fotokemisk ozondannelse og deponeret affald, benyttes bidraget til effekten i Danmark per indbygger i Danmark. For at udtrykke dette sammen med referenceåret 1990 bruger man indices: PE_{wdk90}

Ressourceforbrugene normaliseres ved at sætte dem i forhold til en verdensborgers gennemsnitlige forbrug af den pågældende ressource. De normaliserede ressourceforbrug udtrykkes dermed også i personækvivalenter. Da ressourceforbruget kan opfattes som en global effekt, benytter man enheden: PE_{w90}

Normaliseringen udtrykker én persons gennemsnitlige bidrag til miljøeffekterne og forbrug af ressourcer per år. På samfundsplan svarer det til den baggrundsbelastning samfundet hvert år udsætter miljøet for. De anvendte normaliseringsfaktorer er vist i tabel 3.2.

De normaliserede miljøeffekter og ressourceforbrug siger intet om hvor alvorlige disse er i forhold til hinanden. Det er derfor nødvendigt at gennemføre en vægtning.

3.8.1.3 Vægtning (målsat normalisering)

Vægtning af en miljøeffekt illustrerer hvor alvorlig en miljøeffekt og dens mulige konsekvenser vurderes at være i forhold til andre miljøeffekter.

Inden for livscyklusvurderinger findes der mange metoder til at udføre vægtning på. UMIP-metodens vægtning anvender de politiske målsætninger for reduktion af de væsentligste miljøbelastninger som bidrager til de enkelte miljøeffekter. Reduktionsmålsætningerne beregnes p.t. i forhold til det valgte fælles målsætningsår 2000 og det valgte fælles referenceår 1990. Dette udtrykkes i en *vægtningsfaktor*. De politiske målsætninger afspejler til en vis grad faglige vurderinger, men er naturligvis også påvirket af økonomiske interesser mv. Fordelen ved at benytte en politisk målsætning er at det giver et politisk acceptabelt styringsgrundlag. Vægtningen sker ved at gange vægtningsfaktorerne med de respektive normaliserede miljøeffekter. Enheden er personækvivalenter målsat (PEM) med indices W (world), DK (Danmark) og målsætningsårstallet. Enheden for vægtning er derfor $PEM_{WDK2000}$ som

udtrykker miljøeffekterne i forhold til den målsatte belastning per person, dvs. "det miljøpolitisk målsatte råderum". Dermed udtrykkes de vægtede bidrag til miljøeffekter i "personækvivalenter i forhold til målene for år 2000". Vægtningen kan i virkeligheden opfattes som en normalisering i forhold til disse mål.

En tilsvarende procedure findes for vægtning af ressourceforbrug. Vægtningsfaktorerne for ressourcer svarer til 1/forsyningshorisonten målt i år, dvs. man dividerer med ressourcens forsyningshorisont, forstået som det antal år kendte og økonomisk rentable reserver rækker med nuværende forbrug. Dette er ikke det samme som en teoretisk forsyningshorisont som fx kan basere sig på en målt eller estimeret totalmængde af ressourcer i jordskorpen. Der skelnes i UMIP-metoden ikke mellem fornyelige og ikke-fornyelige ressourcer, og på den måde indgår overforbrug af fornyelige ressourcer i vurderingen. Enheden for vægtede ressourcer er *personreserve*, PR_{w90} , og den udtrykker "andelen af de kendte reserver af den pågældende ressource, som hver verdensborger råder over". Selvom enheden minder om enheden for miljøvurderingen, nemlig den målsatte personækvivalent ($PE_{wDK2000}$), er resultaterne af miljø- og ressourcevurderingerne ikke sammenlignelige, og resultaterne må præsenteres for sig.

Miljøstyrelsen har igangsat en opdatering af normaliserings- og vægtningsfaktorerne mod fremtidige målsætninger da vi nu har passeret det hidtil anvendte referenceår 2000. Nærværende projekt har ikke kunnet afvente de nye faktorer hvorfor de oprindelige er anvendt.

I denne rapport vises resultaterne af vægtningen. De anvendte vægtningsfaktorer er vist i tabel 3.2 (Wenzel et al., 1996). Forsyningshorisonten for ressourcerne er angivet i parentes efter vægtningsfaktorerne.

Tabel 3.2. De anvendte normaliserings- og vægtningsfaktorer.

Kategori	Normaliseringsreference	Vægtningsfaktor
Ressourcer		
Råolie	590 kg per person per år	0,023 (43 år)
Naturgas	310 kg per person per år	0,016 (63 år)
Stenkul	570 kg per person per år	0,0058 (170 år)
Brunkul	250 kg per person per år	0,0026 (390 år)
Miljøeffekter		
Drivhuseffekt	8.700 kg CO ₂ -ækv. per person per år	1,3
Stratosfærisk ozonnedbrydning	0,202 kg CFC-11-ækv. per person per år	23
Fotokemisk ozondannelse	20 kg C ₂ H ₄ -ækv. per person per år	1,2
Forsuring	124 kg SO ₂ -ækv. per person per år	1,3
Næringssaltbelastning	298 kg NO ₃ -ækv. per person per år	1,2
Affald		
Volumenaffald	1.350 kg per person per år	1,1
Farligt affald	20,7 kg per person per år	1,1
Slagge og aske	350 kg per person per år	1,1
Radioaktivt affald	0,035 kg per person per år	1,1

3.8.2 Vurderede effekter og ressourcer

De vurderede miljøeffekter er:

- Drivhuseffekt
- Forsuring
- Næringssaltbelastning
- Fotokemisk ozondannelse.

Vurderede ressourcer er:

- Naturgas
- Råolie
- Stenkul.

Yderligere medtages:

- Volumenaffald
- Slagge og aske
- Farligt affald.

Affald er ikke i sig selv en miljøeffekt, men anvendes som indikator for de effekter affaldsdeponering kan medføre, fx arealødelæggelse og potentiel emission af metan og tungmetaller.

Stratosfærisk ozonnedbrydning er udeladt da denne effekt normalt ikke længere anses for problematisk i produktsystemer hvor ozonnedbrydende stoffer er udfaset. Der forventes ikke emitteret ozonlagnedbrydende stoffer i forbindelse med papirproduktion.

Toksiske effekter kan være betydelige, men beregning af de toksiske effekter er udeladt i dette projekt. Dette skyldes dels at toksicitet ikke var omfattet af det tidligere studie, dels at det ikke vil være muligt inden for studiets rammer at indsamle data for toksiske emissioner af værdi.

3.8.3 Usikkerheds- og følsomhedsvurdering

Der er udført følsomhedsberegning på nedennævnte ændrede forudsætninger, der anses for særligt følsomme:

- Papirgenvindingen antages at foregå i udlandet (Tyskland og Sverige) i stedet for i Danmark
- Øget papirgenanvendelse antages at frigøre kapacitet på affaldsforbrændingsanlæggene, der antages at tage affald ind fra tyske deponier svarende til den frigjorte kapacitet
- Det antages, at energi fra affaldsforbrændingen i fremtiden kun nyttiggøres som varme og ikke som i dag både el og varme.

Andre forudsætninger i studiet antages at være mindre følsomme og vil blot blive diskuteret. Det drejer sig om:

- Marginal el naturgas CC. Alternativer i følsomhedsdiskussion er:
 - stedspecifik gennemsnit, dvs. svensk el i Sverige, dansk el i Danmark og tysk el i Tyskland
 - EU-gennemsnit fordi landene er forbundet i netværk.
 - 75 % naturgas og 25 % vindkraft marginal el
 - kul CC marginal el
- Fortrængning af naturgas marginal varme og el fra affaldsforbrænding i Danmark. Alternativ ved følsomhedsvurdering er stedspecifik varme og el eller varmefortrængning af olie og naturgas fra fyring.

De tre fremtidsscenarier er ligeledes hver for sig følsomme og vil blive diskuteret.

3.9 Kvalitetssikring og kritisk granskning

Studiet er kvalitetssikret internt af Henrik Wenzel, IPU, og ved krydslæsning i projektgruppen.

Der er udført ekstern kritisk granskning af Elin Eriksson og Tomas Ekvall fra CIT i Göteborg. Under granskningen er afholdt to reviewmøder.

4 Scenarier

I det følgende beskrives udgangsscenarioet for 2001 samt 4 udviklingsscenarier for det samlede forbrug i Danmark af kvaliteterne Blandet papir, Aviser og ugeblade og Bølgepap. Yderligere beskrives scenarier for 100 % genanvendelse og 100 % forbrænding per kg indsamlet papir.

Der er i udgangsscenarioet taget udgangspunkt i "Statistik for Returneret papir og -pap 2001" (Tønning og Malmgren-Hansen, 2003) samt fabrikkernes indmeldinger til denne statistik. Til beregning af scenarierne for 100 % genanvendelse per kg er forholdene mellem totalsceneriernes mængder i udgangssituationen 2001 benyttet. Referencescenarioet for 100 % genanvendelse tager udgangspunkt i mængderne genvundet i Danmark. 100 % genanvendelse i udlandet er beregnet i følsomhedsscenarier. Scenarierne for 100 % forbrænding er blot beregnet per kg ved affaldsforbrænding i Danmark.

I "Statistik for Returneret papir og -pap 2001" anvendes en tørstofprocent på 90 som det er valgt at anvende i fabriksbeskrivelserne i Kapitel 5 hvor virkshederne regner i 100 % tørstof. Forbruget på fabrikkerne og mængden af de fremstillede genvundne produkter i scenarierne er derfor justeret i forhold til 90 % tørstof. Dette får som konsekvens en lidt større mængde papir med fugt anvendt på fabrikkerne, og det er valgt at tillægge denne mængde importen.

4.1 Scenarier - blandet papir

Tabel 4.1. Blandet papir/pap (inkl. bedre kvaliteter). Opgørelse i 1.000 tons.

	Scenarie 1 Udgangssituationen i 2001	Scenarie 2 Øget genanvendelse i Danmark	Scenarie 3 Reduceret genanvendelse i Danmark	Eksport	
				Scenarie 4 Øget indsamling og øget eksport	Scenarie 5 Reduceret indsamling og reduceret eksport
Totalt forbrug i Danmark (forsyningen)	630 ²	630 ²	630	630	630
Indsamlingspotentiale	358 ³ (57% af forsyningen) ⁴	358 ³ (57% af forsyningen) ⁴	358 ³ (57% af forsyningen) ⁴	358 ³ (57% af forsyningen) ⁴	358 ³ (57% af forsyningen) ⁴

² Forsyningen er beregnet som en difference mellem den samlede forsyning og mængden af avisepapir/ugebladspapir og bølgepap svarende til 714.000 tons (1.360.000 tons minus 300.000 tons minus 346.000 tons). Anvendes den alternative forsyning af avisepapir (se note 2), fremkommer en forsyningsmængde på 630.000 tons (1.360.000 tons minus 384.000 tons minus 346.000 tons). Andelen af bedre kvaliteter skønnes at udgøre 20 % (CEPI, 2001).

³ Samlet udgør indsamlingspotentialet for papir 80 % af den samlede forsyningsmængde på 1.360.000 tons (dvs. 1.088.000 tons). Indsamlingspotentialet for blandet papir (bedre kvaliteter plus blandet papir) = 1.088.00 tons minus 384.000 tons (aviser og ugeblade) minus 346.000 tons (bølgepap).

⁴ I rapporten fra 1995 udgør indsamlingspotentialet 56 % af forsyningen.

Indsamlet mængde til genanvendelse	164	182	122	182	122
Heraf konverteringsaffald:	41	41	41	41	41
"Andet pap og papir"	16	16	16	16	16
"Bedre kvaliteter" ⁵	25	25	25	25	25
Indsamlingsprocent	46 %	51 %	34 % ⁶	51 %	34 %
Forbrænding	466	448	508	448	508

	Scenarie 1 Udgangssituationen i 2001	Scenarie 2 Øget genanvendelse i Danmark	Scenarie 3 Reduceret genanvendelse i Danmark	Eksport	
				Scenarie 4 Øget indsamling og øget eksport	Scenarie 5 Reduceret indsamling og reduceret eksport
Til genanvendelsesproduktion i Danmark ⁵ :	186	204	152	186	186
SCA Packaging, Grenå	52				
Hartmann, Skjern	16				
Dalum	116				
Hartmann, Tønder	2				
Genbrugsprodukter i alt:	161	177	132	161	161
SCA Packaging, Grenå	46				
Hartmann, Skjern	16				
Dalum	97				
Hartmann, Tønder	2				
Import	99	99	99	99	99
Eksport	77 ⁷	77 ⁷	77 ⁷	95	35

Scenariet med øget indsamling og øget genanvendelse i Danmark tager udgangspunkt i et øget forbrug på danske fabrikker af råvaren på 10 %.

4.1.1 Scenarie 1 - Udgangssituationen

Massebalancen for scenarie 1 er vist i figur 4.1.

⁵ Ifølge "Statistik for returpapir og -pap 2001 er der indsamlet ca. 25.000 tons "Bedre kvaliteter" fra "Fremstillingsvirksomhed" som i denne forbindelse formodes primært at dække trykkerier og lignende. Derudover indsamles ca. 10.000 tons "Bedre kvaliteter" fra andre brancher. Disse 10.000 tons vurderes ikke at være konverteringsaffald.

⁶ Indsamlingsprocenten er for scenariet med reduceret indsamling til genanvendelse sat lig udgangsscenariet i rapporten fra 1995.

⁷ Beregnet som den samlede eksport minus eksporten af aviser og ugeblade minus eksporten af bølgepap.

den mængde kasseret blandet papir der skønnes at være tilgængelig for indsamling til genanvendelse. Indsamlingsprocenten beregnes i forhold hertil.

Indsamlingspotentialet varierer med det totale forbrug fra år til år, men er for referenceåret 2001 vurderet til 358.000 tons blandet papir. Heraf indsamledes 164.000 tons til genanvendelse svarende til en indsamlingsprocent på 46. Den resterende mængde på 466.000 tons antages bortskaffet ved forbrænding.

De returpapirforbrugende fabrikker i Danmark anvendte i 2001 186.000 tons blandet papir.

Af den indsamlede mængde blandet papir blev 77.000 tons eksporteret, mens importen udgjorde 99.000 tons.

4.1.2 Scenarie 2 - Øget genanvendelse

Scenarie 2 belyser situationen med øget indsamling og øget genanvendelse i Danmark.

Scenariet med øget indsamling og øget genanvendelse i Danmark tager udgangspunkt i et øget forbrug på danske fabrikker af råvaren på 10 %.

Dette resulterer i en indsamlingsprocent på 51.

Genanvendelsen af blandet papir øges ved at reducere tilsvarende på den mængde blandet papir der forbrændes. Dette medfører reduceret varmeproduktion på forbrændingsanlæggene hvorfor der substitueres med varme produceret på basis af fossilt brændsel (naturgas).

Når forbrænding reduceres, reduceres behovet for virgin træmasse, virgin sulfat-/sulfitmasse samt virgin CTMP-papir og -pap, og der spares træ fra skovene. Dette træ kan evt. udnyttes til energiproduktion.

Scenarie 2 specificeres på følgende måde:

- Det samlede indsamlingspotentiale for blandet papir er uændret 358.000 tons.
- På grundlag af den indsamlede mængde blandet papir, 182.000 tons, øges forsyningen til de danske returpapirforbrugende fabrikker med 18.000 tons. Eksporten holdes uændret på 77.000 tons og importen på 99.000 tons.
- På grundlag af den øgede indsamlede mængde af blandet papir til 182.000 tons øges produktionen af genbrugsprodukter fra 161.000 tons til 177.000 tons.
- Forbrændingen af blandet papir reduceres med 18.000 tons svarende til den øgede indsamling til genanvendelse.
- Den reducerede energiproduktion på forbrændingsanlæggene erstattes af øget produktion på egentlige kraftvarmeværker. Dvs. der skal anvendes fossilt brændsel (naturgas) i en mængde svarende til brændværdien i 18.000 tons blandet papir og pap (= 362 TJ) ved 100 % effektivitet, se også afsnit 5.3.
- Der spares produktion af virgin sulfat-/sulfitmasse og virgin CTMP-papir og -pap svarende til en sparet papirproduktion på 18.000 tons.

4.1.3 Scenarie 3 - Reduceret genanvendelse

Scenarie 3 belyser situationen med reduceret indsamling og reduceret genanvendelse i Danmark, idet det forudsættes at en del af den mængde blandet papir der i udgangssituationen indsamles til genanvendelse, forbrændes.

Indsamlingsprocenten er hvad angår scenariet med reduceret indsamling af blandet papir til genanvendelse sat lig udgangsscenarioet i rapporten fra Arbejdsrapport nr. 31 fra 1995 vedr. Blandet papir (Miljøstyrelsen, 1995).

Scenarie 3 specificeres derfor på følgende måde:

- Indsamlingen af blandet papir i Danmark reduceres med 42.000 tons til i alt 122.000 tons. Det betyder et øget forbrug af virgin sulfat-/sulfitmasse og virgin CTMP-papir og -pap svarende til en øget papir- og papproduktion på 42.000 tons.
- Produktionen af genbrugsprodukter reduceres med 29.000 tons.
- Den mængde blandet papir der således ikke indsamles til genanvendelse, antages anvendt til forøgelse af forbrændingen af blandet papir med 42.000 tons svarende til den reducerede indsamling til genanvendelse. Den resulterende øgede energiproduktion på affaldsforbrændingsanlæggene erstatter forbrug af fossilt brændsel til energiproduktion på egentlige kraftvarmeværker. Der substitueres således fossilt brændsel (naturgas) i en mængde svarende til brændværdien i 29.000 tons blandet papir (302 TJ) forudsat 100 % effektivitet, se også afsnit 5.3.

4.1.4 Scenarie 4 og 5

Scenarie 4 og 5 beskriver situationen med henholdsvis øget indsamling til eksport og reduceret indsamling med reduceret eksport. I scenarie 4 og 5 holdes produktionen på danske fabrikker uændret i forhold til scenarie 1, udgangssituationen.

4.1.5 100 % scenarier

Danmark er i alle scenarierne netto-importør af papir i modsætning til de øvrige papirtyper hvor Danmark er netto-eksportør. Den funktionelle enhed for 100 % scenarierne gælder 1 kg papir indsamlet i Danmark, men netto importen er inkluderet, da det er vanskeligt at skille den ud fra papiret indsamlet i Danmark for de enkelte genvindingsvirksomheder. Fejlen herved antages at være lille begrundet i at den importerede netto-mængden udgør en mindre del (ca. 12%) af den samlede mængde til genvinding, at papiret hvis det ikke blev genvundet i Danmark antageligt ville blive genvundet i udlandet grundet efterspørgslen på brugt papir (Stensballe, 2003), samt endelig at den antageligt ville blive genvundet til lignende kvaliteter og ved lignende teknologi (CEPI, 2002).

Tabel 4.2. Blandet papir/pap (inkl. bedre kvaliteter). Opgørelse per kg.

	Reference-scenarie 2001 Danmark		Følsomheds-scenarie 2001 Udland
Til genanvendelsesproduktion i Danmark (incl. nettoimport)	1	Til genanvendelsesproduktion i udlandet	Ingen eksport
Genbrugsprodukter produceret i alt:	0,866	Genbrugsprodukter produceret i alt:	Fordeling og produktion er antageligt som for Danmark
SCA Packaging, fluting/liner	0,248	Fluting/liner	
Hartmann-Skjern, pap	0,0861	Pap	
Dalum, fint papir	0,521	Fint papir	
Hartmann-Tønder, støbepap	0,0107	Støbepap	

Tabel 4.2 viser de producerede kvaliteter per kg indsamlet papir. I tilfældet af blandet papir og pap er der en lille nettoimport af brugt papir, der er lagt til indsamlingen. Der er kun vist fordelingen på papirtyper for de producerede mængder. Dette skyldes, at det producerede output benyttes som nøgleenhed ved miljøberegningerne. Differencen mellem input (1 kg) og output (0,86 kg) skyldes tab i produktionen, hvoraf udvaskede fyldstoffer (kridt og kaolin) står for en stor del.

4.2 Scenarier - aviser og ugeblade

Tabel 4.3. Aviser og ugeblade, opgørelse i 1.000 tons.

	Scenarie 1 Udgangs-situationen i 2001	Scenarie 2 Øget indsamling og øget genanvendelse i Danmark	Scenarie 3 Reduceret indsamling og reduceret genanvendelse i Danmark	Eksport	
				Scenarie 4 Øget indsamling og øget eksport	Scenarie 5 Reduceret indsamling og reduceret eksport
Totalt forbrug i Danmark (forsyningen)	384 ^b	384 ^b	384 ^b	384 ^b	384 ^b
Indsamlings-potentiale	384 ^b	384 ^b	384 ^b	384 ^b	384 ^b
Indsamlet mængde til genanvendelse	304	346	257	346	257
Heraf konverteringsaffald ⁹ : "Aviser og ugeblade"	40	40	40	40	40

⁸ Alt papir til trykning af aviser importeres, og mængden kan oplyses af Danmarks Statistik. Papir til ugeblade importeres ligeledes, men denne mængde kan ikke oplyses af Danmarks Statistik. Forbruget af papir til ugeblade antages at følge mængden af importeret papir til trykning af aviser. Papiret til ugeblade er estimeret til at svare til en procentandel af forbruget af papir til aviser. Samtaler med Brødrene Hartmann A/S og Dansk Genvinding A/S i 2001 antyder at forholdet mellem avisepapir og ugebladspapir har ændret sig. Overføres disse to firmaers oplysninger om sammensætningen af avisepapir og ugebladspapir ved de indsamlede materialer til forbruget af nyt avisepapir og ugebladspapir, fås et samlet forbrug i 2001 på ca. 384.000 tons mod ca. 300.000 tons udregnet med den i tidligere år anvendte fordeling mellem avisepapir og ugebladspapir.

⁹ Der er tale om et skøn baseret på oplysninger fra en formidler.

	Scenarie 1 Udgangssituationen i 2001	Scenarie 2 Øget indsamling og øget genanvendelse i Danmark	Scenarie 3 Reduceret indsamling og reduceret genanvendelse i Danmark	Eksport	
				Scenarie 4 Øget indsamling og øget eksport	Scenarie 5 Reduceret indsamling og reduceret eksport
Indsamlingsprocent	79 %	90 % ¹⁰	67 % ¹¹	90 % ¹⁰	67 % ¹¹
Forbrænding	80 (384-304)	38	127	38	127
Til genanvendelsesproduktion i Danmark: Hartmann, Tønder Hartmann, Skjern	54 42 12	96	7	54	54
Genbrugsprodukter i alt: Hartmann, Tønder Hartmann, Skjern	51 39 12	91	7	51	51
Import	2	2	2	2	2
Eksport	252	252	252	294	205

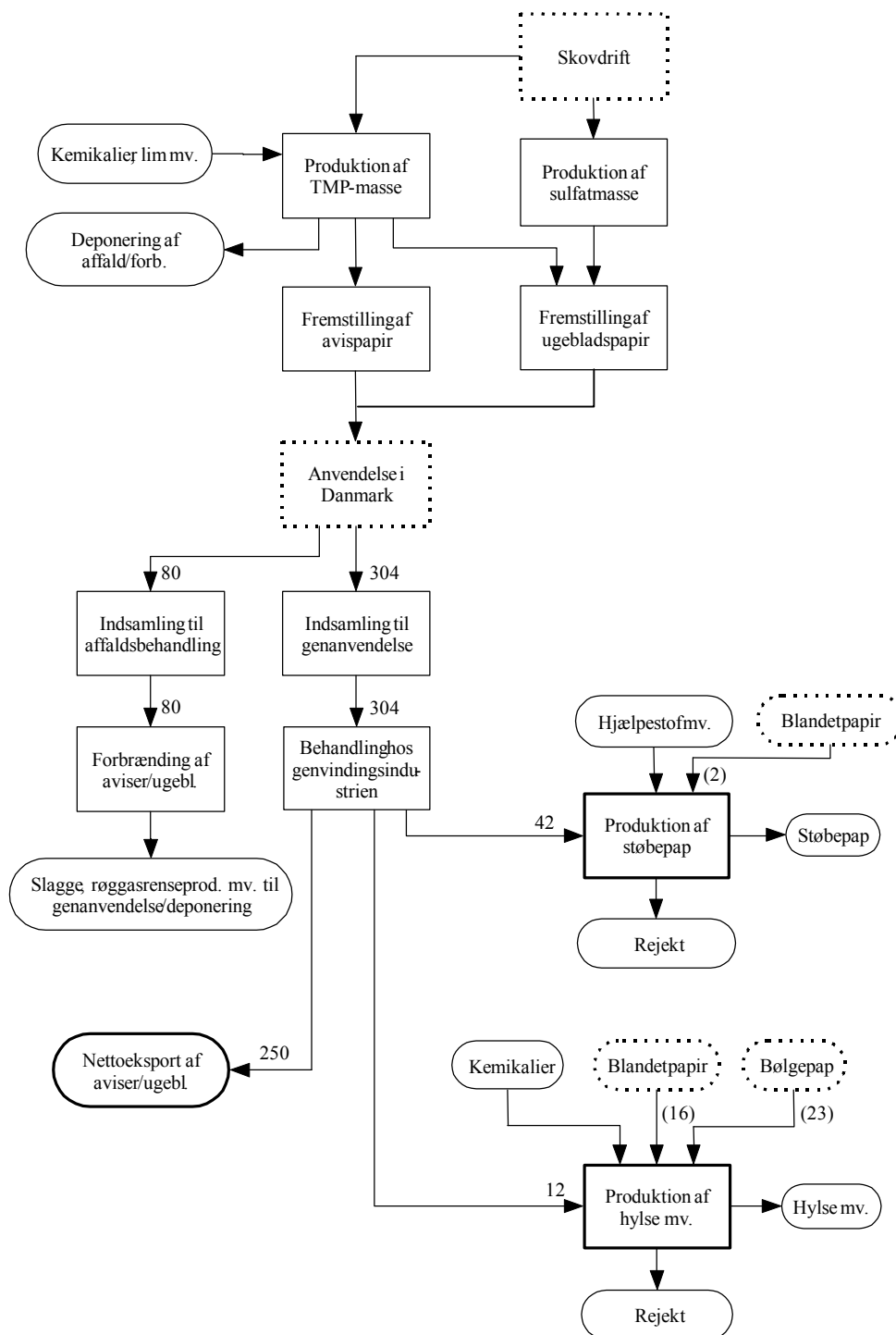
I Scenarie 1 (udgangssituationen i 2001) er der i forhold til "Statistik for returpapir og pap 2001" justeret for lagerforskydning. Dette medfører en tilpasning på ca. 2.000 tons. Denne tilpasning videreføres i de øvrige scenarier.

¹⁰ I rapporten fra 1995 er ligeledes anvendt 90 %, **men** i 1995 blev der regnet med et indsamlingspotentiale på 80 % af forsyningen. I 2002 regnes der ud fra at indsamlingspotentialet for aviser og ugeblade er lig med forsyningen. Såfremt indsamlingspotentialet sættes lig forsyningen for 1995, ville der i 1995 være tale om en indsamlingsprocent på 84 % i stedet for 90 %.

¹¹ Indsamlingsprocenten er for scenariet med reduceret indsamling til genanvendelse sat lig udgangsscenarioet i rapporten fra 1995.

4.2.1 Scenarie 1 – Udgangssituationen

Massebalance for scenarie 1 er vist i figur 4.2.



Figur 4.2. Massebalance - Aviser og ugeblade, udgangssituationen år 2001 (scenarie 1). De tilhørende systemudvidelser er vist i figur 3.1.

Beskrivelsen af udgangssituationen tjener primært til at opstille en referencesituation for de efterfølgende miljømæssige analyser.

Udgangssituationen er specificeret ud fra det totale forbrug af aviser og ugeblade i Danmark i 2001 på 384.000 tons samt det såkaldte indsamlingspotentiale, dvs. den mængde kasserede aviser og ugeblade der

skønnes at være tilgængelig for indsamling til genanvendelse. Indsamlingsprocenten beregnes i forhold hertil.

Indsamlingspotentialet varierer med det totale forbrug fra år til år, men er for referenceåret 2001 vurderet til 384.000 tons aviser og ugeblade svarende til det totale forbrug. Heraf indsamledes 304.000 tons til genanvendelse svarende til en indsamlingsprocent på 79.

Den resterende mængde, 80.000 tons, antages bortskaffet ved forbrænding.

De returpapirforbrugende fabrikker i Danmark anvendte i 2001 54.000 tons aviser og ugeblade.

Af den indsamlede mængde aviser og ugeblade blev 252.000 tons eksporteret, mens importen udgjorde 2.000 tons.

4.2.2 Scenarie 2 - Øget genanvendelse

Scenarie 2 belyser situationen med øget indsamling og øget genanvendelse i Danmark.

Scenariet med øget indsamling og øget genanvendelse i Danmark tager udgangspunkt i en indsamlingsprocent på 90 hvilket er den skønnede maksimale indsamlingsprocent for aviser og ugeblade indsamlet fra husholdninger¹⁰.

Genanvendelsen af aviser og ugeblade øges ved at reducere tilsvarende på den mængde der forbrændes. Dette medfører reduceret varmeproduktion på forbrændingsanlæggene hvorfor der substitueres med varme produceret på basis af naturgasfyret CC kraftvarme, se afsnit 3.4.3.2.

Når forbrænding reduceres, reduceres behovet for virgin avis- og ugebladspapir, og der spares træ fra skovene. Dette træ kan udnyttes til energiproduktion.

Scenarie 2 specificeres derfor på følgende måde:

- Det samlede indsamlingspotentiale for aviser og ugeblade er uændret 384.000 tons.
- På grundlag af de indsamlede aviser og ugeblade, 346.000 tons, øges forsyningen til de danske returpapirforbrugende fabrikker med 42.000 tons. Eksporten holdes uændret på 252.000 tons og importen på 2.000 tons.
- Forbrændingen af aviser og ugeblade reduceres med 42.000 tons svarende til den øgede indsamling til genanvendelse.
- Den reducerede energiproduktion for forbrændingsanlæggene erstattes af øget produktion på egentlige kraftvarmeværker. Dvs. der skal anvendes fossilt brændsel (naturgas) i en mængde svarende til brændværdien i 42.000 tons aviser og ugeblade ved 100 % effektivitet, se også afsnit 5.3.
- Der spares en produktion af 42.000 tons virgin træmasse.

4.2.3 Scenarie 3 - Reduceret genanvendelse

Scenarie 3 belyser situationen med reduceret genanvendelse, idet det forudsættes at en del af de aviser og ugeblade der i udgangssituationen indsamles til genanvendelse, forbrændes.

Indsamlingsprocenten er for scenariet med reduceret indsamling til genanvendelse sat lig udgangsscenarioet i rapporten fra Arbejdsrapport nr. 30 fra 1995 vedr. Aviser og ugeblade (Miljøstyrelsen, 1995).

Bekendtgørelse om affald (Bekendtgørelse nr. 619 af 27. juni 2000) gør gældende at der skal indsamles bl.a. aviser og ugeblade fra private husstande i bymæssig bebyggelse med mere end 1.000 husstande.

Scenarie 3 specificeres på følgende måde:

- Indsamlingen af aviser og ugeblade i Danmark reduceres med 47.000 tons. Dette svarer til at der skal produceres yderligere 47.000 tons avis- og ugebladspapir fra virgin træmasse.
- Eksporten af returpapir holdes konstant på 252.000 tons.
- Produktionen af genbrugsprodukter reduceres med 44.000 tons. De returpapirforbrugende fabrikkers reducerede produktion af genbrugsprodukter antages fordelt på industrierne i forhold til deres produktion i scenarie 1, udgangssituationen.
- Den mængde aviser og ugeblade der således ikke indsamles til genanvendelse, antages anvendt til forøgelse af forbrændingen. Den resulterende øgede energiproduktion på affaldsforbrændingsanlæggene erstatter forbrug af fossilt brændsel til energiproduktion på egentlige kraftvarmeværker. Der substitueres således fossilt brændsel (naturgas) i en mængde svarende til brændværdien i 47.000 tons aviser og ugeblade ved 100 % effektivitet, se også afsnit 6.2.

4.2.4 Scenarie 4 og 5 - Eksport

Scenarie 4 og 5 beskriver situationen med henholdsvis øget indsamling til eksport og reduceret indsamling med reduceret eksport. I scenarie 4 og 5 holdes produktionen på danske fabrikker uændret i forhold til scenarie 1, udgangssituationen.

4.2.5 100 % scenarier

Tabel 4.4. Aviser og ugeblade. Opgørelse per kg.

	Reference-scenarie 2001 Danmark		Følsomheds-scenarie 2001 Udland
Til genanvendelsesproduktion i Danmark	1	Til genanvendelsesproduktion i udlandet	1
Genbrugsprodukter produceret i alt:	0,944	Genbrugsprodukter produceret i alt:	0,82*
Hartmann-Skjern, pap	0,222	Avispapir	0,82*
Hartmann-Tønder, støbepap	0,722		

* Foruden de 0,82 kg samproduceres 0,091 kg primær TMP papir, så brutto er produktionen 0,911 kg papir

Tabel 4.4 viser de producerede kvaliteter per kg indsamlet papir. Der er kun vist fordelingen på papirtyper for de producerede mængder fordi det producerede output benyttes som nøgleenhed ved miljøberegningerne. Differencen mellem input (1 kg) og output (0,944 kg i Danmark og 0,911 kg brutto i udlandet) skyldes tab i produktionen.

4.3 Scenarier – Bølgepap

Tabel 4.5. Bølgepap, opgørelse i 1.000 tons.

	Scenarie 1 Udgangssituationen i 2001	Scenarie 2 Øget indsamling og øget genanvendelse i Danmark	Scenarie 3 Reduceret indsamling og reduceret genanvendelse i Danmark	Eksport	
				Scenarie 4 Øget indsamling og øget eksport	Scenarie 5 Reduceret indsamling og reduceret eksport
Totalt forbrug i Danmark (forsyningen)	346	346	346	346	346
Indsamlingspotentiale	346	346	346	346	346
Indsamlet mængde til genanvendelse	275	293	176	293	176
Heraf konverteringsaffald: "Bølgepap"	66	66	66	66	66
Indsamlingsprocent	79 %	85 %	51 % ¹²	85 %	51 % ¹²
Forbrænding	71	53	170	53	170
Til genanvendelsesproduktion i Danmark: SCA Packaging, Grenå Hartmann, Skjern	183 160 23	201	84	183	183 ¹³
Genbrugsprodukter i alt: SCA Packaging, Grenå Hartmann, Skjern	167 144 23	183	77	167	167
Import	22	22	22	22	22
Eksport	114	114	114	132	15

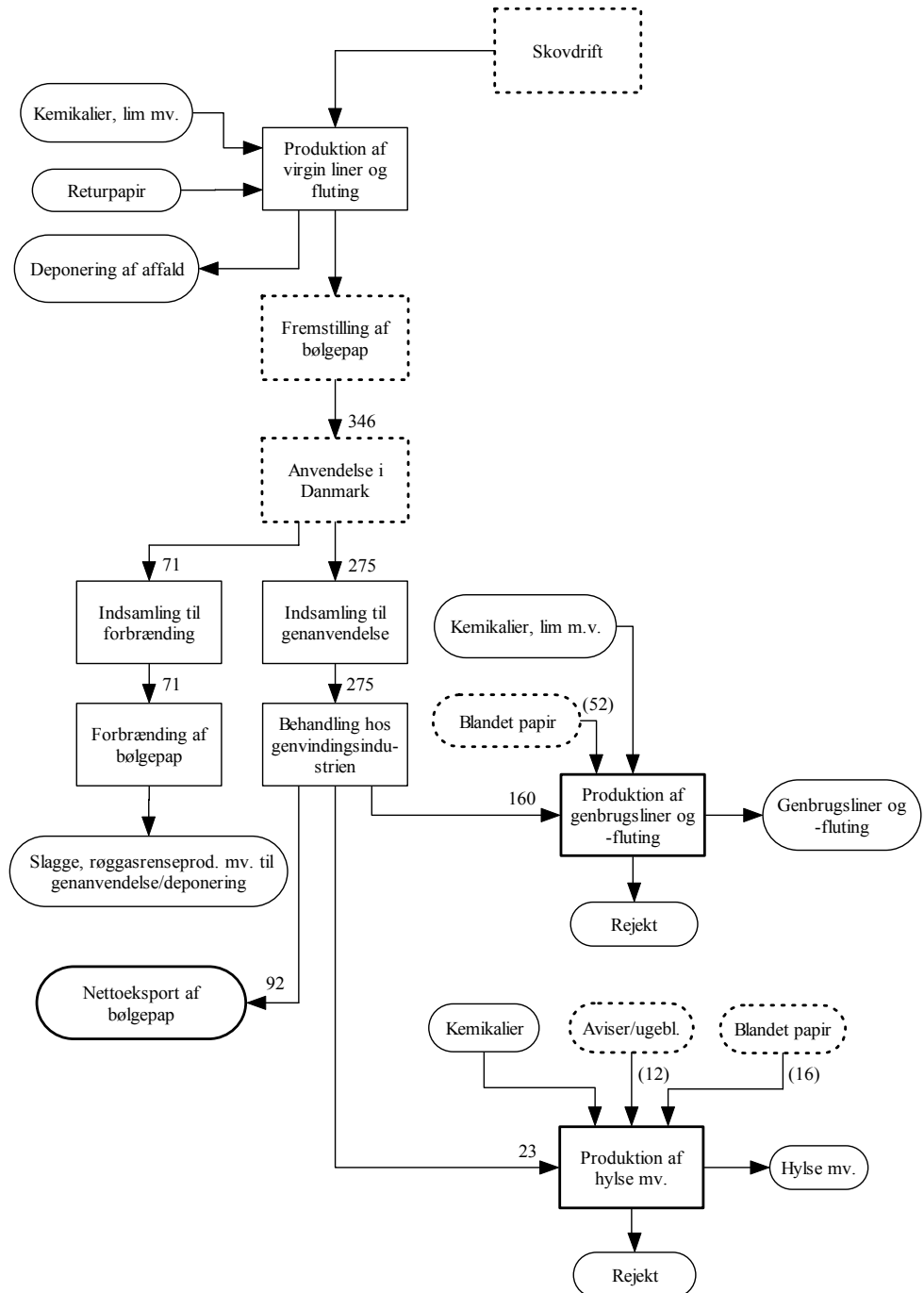
Scenariet med øget indsamling og øget genanvendelse i Danmark tager udgangspunkt i et øget forbrug på danske fabrikker på 10 %.

¹² Indsamlingsprocenten er for scenariet med reduceret indsamling til genanvendelse sat lig udgangsscenarioet i rapporten fra 1995.

¹³ Inklusive nettoimport af returpapir.

4.3.1 Scenarie 1 - Udgangssituationen

Massebalancen for scenarie 1 er vist i figur 4.3.



Figur 4.3. Massebalance - Bølgepap, udgangssituationen år 2001 (scenarie 1). De tilhørende systemudvidelser er vist i figur 3.1.

Beskrivelsen af udgangssituationen tjener primært til at opstille en referencesituation for de efterfølgende miljømæssige analyser.

Udgangssituationen er specificeret ud fra det totale forbrug af bølgepap i Danmark i 2001 på 346.000 tons samt det såkaldte indsamlingspotentiale, dvs. den mængde kasseret bølgepap der skønnes at være tilgængelig for indsamling til genanvendelse. Indsamlingsprocenten beregnes i forhold hertil.

Indsamlingspotentialiet varierer med det totale forbrug fra år til år, men er for referenceåret 2001 vurderet til 346.000 tons bølgepap svarende til det totale forbrug. Heraf indsamledes 275.000 tons til genanvendelse svarende til en indsamlingsprocent på 79. Den resterende mængde, 71.000 tons, antages bortskaffet ved forbrænding.

De returpapirforbrugende fabrikker i Danmark anvendte i 2001 183.000 tons bølgepap.

Af den indsamlede mængde bølgepap blev 114.000 tons eksporteret, mens importen udgjorde 22.000 tons.

4.3.2 Scenarie 2 - Øget genanvendelse

Scenarie 2 belyser situationen med øget indsamling og øget genanvendelse i Danmark.

Scenariet med øget indsamling og øget genanvendelse i Danmark tager udgangspunkt i et øget forbrug på danske fabrikker af primærråvaren på 10 %. Dvs. for bølgepaps vedkommende at der sker en stigning i forbrug af bølgepap hos henholdsvis SCA Packaging Djursland A/S og hos Hartmann, Skjern A/S på 10 %.

Dette resulterer i en indsamlingsprocent på 85.

Genanvendelsen af bølgepap øges ved at reducere tilsvarende på den mængde bølgepap der forbrændes. Dette medfører reduceret varmeproduktion på forbrændingsanlæggene hvorfor der substitueres med varme produceret på basis af fossilt brændsel (naturgas).

Når forbrænding reduceres, reduceres behovet for virgin liner og fluting, og der spares træ fra skovene. Dette træ kan udnyttes til energiproduktion.

Scenarie 2 specificeres derfor på følgende måde:

- Det samlede indsamlingspotentiale for bølgepap er uændret 346.000 tons.
- På grundlag af det indsamlede bølgepap, 293.000 tons, øges forsyningen til de danske returpapirforbrugende fabrikker med 18.000 tons. Eksporten holdes uændret på 114.000 tons og importen på 22.000 tons.
- På grundlag af det ekstra indsamlede bølgepap, 18.000 tons, øges produktionen af genbrugsprodukter med i alt 16.000 tons.
- Forbrændingen af bølgepap reduceres med 18.000 tons svarende til den øgede indsamling af bølgepap til genanvendelse.
- Den reducerede energiproduktion på forbrændingsanlæggene erstattes af øget produktion på egentlige kraftvarmeværker. Dvs. der skal anvendes fossilt brændsel (naturgas) i en mængde svarende til brændværdien i 18.000 tons bølgepap ved 100 % effektivitet, se også afsnit 5.3.
- I almindelighed er genbrugspapirprodukter af samme brugsmæssige kvalitet som de tilsvarende virgine produkter, og der kan da regnes med substitution i forholdet 1:1. Dette gælder dog ikke for liner og fluting hvor der ifølge Katholm (1994) må regnes med at der skal 1,25 tons genbrugsliner og -fluting til at substituere 1 ton virgin liner og fluting hvis de fremstillede bølgepapemballager skal have samme styrke, se også afsnit 5.4.6.
- Der spares derfor en produktion af 12.800 tons virgin liner og fluting.

4.3.3 Scenarie 3 - Reduceret genanvendelse

Scenarie 3 belyser situationen med reduceret indsamling og reduceret genanvendelse i Danmark, idet det forudsættes at en del af den mængde bølgepap der i udgangssituationen indsamles til genanvendelse, forbrændes.

Indsamlingsprocenten er for scenariet med reduceret indsamling til genanvendelse sat lig udgangsscenarioet i Arbejdsrapport nr. 29 fra 1995 vedr. Bølgepap (Miljøstyrelsen, 1995).

Scenarie 3 specificeres derfor på følgende måde:

- Indsamlingen af bølgepap i Danmark reduceres med 99.000 tons til i alt 176.000 tons
- Produktionen af genbrugsprodukter reduceres dermed med 90.000 tons. Dette svarer til at der skal anvendes yderligere 72.000 tons virgin liner og fluting.
- Den mængde bølgepap der således ikke indsamles til genanvendelse, antages anvendt til forøgelse af forbrændingen. Den resulterende øgede energiproduktion på affaldsforbrændingsanlæggene erstatter forbrug af fossilt brændsel til energiproduktion på egentlige kraftvarmeværker. Der substitueres således fossilt brændsel (naturgas) i en mængde svarende til brændværdien i 99.000 tons bølgepap ved 100 % effektivitet, se også afsnit 5.3.

4.3.4 Scenarie 4 og 5

Scenarie 4 og 5 beskriver situationen med henholdsvis øget indsamling til eksport og reduceret indsamling med reduceret eksport. I scenarie 4 og 5 holdes produktionen på danske fabrikker uændret i forhold til scenarie 1, udgangssituationen.

4.3.5 100 % scenarier

Tabel 4.6. Bølgepap. Opgørelse per kg.

	Reference-scenarie 2001 Danmark		Følsomheds-scenarie 2001 Udland
Til genanvendelsesproduktion i Danmark (incl. nettoimport)	1	Til genanvendelsesproduktion i udlandet	1
Genbrugsprodukter produceret i alt:	0,913	Genbrugsprodukter produceret i alt:	0,909
SCA Packaging, fluting/liner	0,787	Fluting/liner	0,909
Hartmann-Skjern, pap	0,126		

Tabel 4.6 viser de producerede kvaliteter per kg indsamlet papir. Der er kun vist fordelingen på papirtyper for de producerede mængder fordi det producerede output benyttes som nøgleenhed ved miljøberegningerne. Differencen mellem input (1 kg) og output (ca.0,91 kg) skyldes tab i produktionen.

5 Dataindsamling

Miljøvurderingen er udført i UMIP pc-værktøj med sidst opdaterede database fra 2002, og de heri værende data er benyttet. I forbindelse med studiet er indsamlet data for primær papirfremstilling og for papirgenvinding da disse sammen med affaldsforbrænding udgør hovedstrømmen i studiet. Disse processer er derfor beskrevet i de følgende afsnit.

5.1 Primær papirfremstilling

Data er beregnet på baggrund af oplysninger fra 2001 om papir-/papproduktion for papirfabrikker udvalgt på hjemmesiden for Skogsindustrierna i Sverige (Skogsindustrierna, 2003) og tilhørende EMAS-rapporter hentet fra hjemmesider for svenske papirfabrikker. De fleste værker producerer flere forskellige papirtyper, så data for de valgte papirtyper er beregnet fra nogle få værker med specifik produktion af et enkelt produkt.

Data skal derfor ses som eksempler da repræsentative gennemsnitsdata ikke findes. Data er verificeret med data fra det finske KCL samt EU's "BAT noter" (European Commission, 2001), og antagelserne synes at være rimelige, da der ikke er tale om meget markante afvigelser fra disse data. KCLs data kan købes, men må ikke publiceres offentligt, og er på nogle punkter ikke så detaljerede som Skogsindustriernas data. BAT noternes problem er, at de repræsenterer de bedste tilgængelige teknologier og derfor måske ikke er så repræsentative. Yderligere varierer detaljeringsgraden for de enkelte papirtyper.

5.1.1 Papir for aviser og ugeblade

Der er regnet med at avisepapir udelukkende fremstilles fra TMP (Thermo Mechanical Pulp), men ugeblade og nogle reklamer er fremstillet af blandet TMP- og sulfatpapir. Andelen af ugeblade udgør ca. 35 %⁸, der skønnes fremstillet ud fra ca. 50 % sulfatpulp, dvs. sulfatpulp skønnes at udgøre ca. 17,5 % af den samlede mængde pulp til aviser, ugeblade og reklamer. De resterende 82,5 % er TMP.

Data er fra et værk der producerer papir til aviser og reklamer fra træ via TMP-pulp. 95 % er integreret produktion fra træ til papir, men 5 % tør sulfatpulp indkøbes udefra. Dette er noget mindre end den faktiske andel i aviser og ugeblade, men skønnes at være mindre betydende.

Tabel 5.1 viser de direkte data for fremstilling af 1 kg_{AD} avisepapir (Air Dried, normalt 5 – 10 % fugt). Tabel 5.1 viser yderligere de korrektioner der er foretaget af hensyn til systemudvidelser (se tabel 3.1) og anvendelse af marginal energi (se afsnit 3.5.2.1). Erstatning af træ med 50/50 naturgas og fuelolie gælder kun i den ene af de to systemafgrænsninger, se afsnit 3.4.3.2. I denne er der også regnet med erstatningsbrændsel i inputtet af tør sulfatpulp.

Da der er tale om direkte data, vedrører emissionerne kun selve produktionen, herunder fyring med fossile brændsler, men ikke emissioner fra elforbruget.

Disse og andre indirekte emissioner fra brændsels- og materialefremstilling vil indgå i de endelige resultatberegninger.

Tabel 5.1. Direkte data (2001) for fremstilling af 1 ton avispapir (TS = 95 %).

Materialer og hjælpestoffer	Enhed	Mængde
Træ, blødt TS (råmateriale)	t_TS/t	0,83
Pulp, sulfat ECF (primær)	t_AD/t	0,051
Kaolin	t/t	0,038
Kridt	t/t	0,038
Uspecificerede hjælpestoffer	t/t	0,094
Vand	m ³ /t	44,5
Procesenergi		
El	MWh/t	2,62
Træ, blødt TS (brændsel)	GJ/t	2,56
eller	t_TS/t	0,14
Fuelolie, svær, (brændsel)	GJ/t	0,45
eller	t/t	0,011
Stenkul, underjordisk mine (brændsel)	GJ/t	0,85
eller	t/t	0,029
Varmeeksport	GJ/t	-0,29
Emissioner		
CO ₂	kg/t	106
SO ₂	kg/t	0,99
NO _x	kg/t	0,87
Spildevand	m ³ /t	< 44,5
COD	kg/t	2,19
Suspenderet stof	kg/t	0,27
Deponi, restprodukter	kg/t	25
Affaldsforbrænding, slam	kg/t	21

Af tabel 5.1 fremgår data for fremstilling af 1 ton avispapir. Data anvendes ved systemafgrænsningen hvor træ er en ubegrænset ressource, og hvor overskudstræ ved øget genanvendelse derfor bliver stående på roden og ved reduceret genanvendelse fældes i skoven.

Det samlede direkte forbrug af træ til produktion af 1 ton avispapir er opgjort til $0,83 + 0,14 = 0,97$ tons blødt TS. Inkluderes forbruget af træ til fremstilling af den forbrugte sulfatpulp (2,28 t/t) er forbruget af træ i alt ca. 1,1 tons blødt træ TS per ton avispapir.

Tabel 5.2. Anvendte systemudvidelser og marginal el energi ved fremstilling af 1 ton avispapir (TS = 95 %).

Erstatningsbrændsel	Enhed	Mængde
Træ, blødt TS ved flisfyring	t_TS/t	-0,97
eller	GJ/t	17,75
Naturgas forbrændt i fyr	GJ/t	8,88
Fuelolie, v. industrifyring	GJ/t	8,88
Undgået produktion, varme		
Varmeeksport	GJ/t	0,29
Naturgas forbrændt i fyr	GJ/t	-0,145
Fuelolie, v. industrifyring	GJ/t	-0,145
Marginal el energi		
Naturgas el CC	MWh/t	2,62

Af tabel 5.2 fremgår konsekvenserne ved systemafgrænsningen hvor træ er en begrænset ressource, og hvor overskudstræ ved øget genanvendelse derfor kan anvendes til energiproduktion og substituere fossil energi og vice versa ved reduceret genanvendelse.

Af tabellen fremgår det at forbrænding ved flisfyring af 0,97 tons træ blødt TS giver en energiproduktion på 17,75 GJ. Ved genanvendelse af 1 ton avispapir spares fremstillingen af 1 ton virgint avispapir, og dermed kan 0,97 tons træ blødt TS substituere naturgas og fuelolie i forholdet 50/50 svarende til i alt 17,75 GJ.

Ved genanvendelse af 1 ton avispapir reduceres varmeeeksporten fra fremstillingen af virgint papir med 0,29 GJ. Denne varmeeeksport må erstattes af varme produceret på basis af naturgas og fuelolie i forholdet 50/50 eller i alt 0,29 GJ.

5.1.2 Pap, fluting og liner for bølgepap

I Vesteuropa fremstilles størstedelen af fluting og liner, dvs. ca. 76 %, fra genvundet papir (Fefco, Ondulé & Kraft, 2003) hvorfra der foreligger gennemsnitsdata. Af hensyn til systemudvidelsen er det imidlertid nødvendigt at konstruere data for primær produktion.

Fluting fremstilles for en stor del af CTMP (Chemical Thermo Mechanical Pulp). Kraftliner fremstilles for en stor del af primær sulfatpulp. Testliner fremstilles mest fra genvundet pulp, men det sandsynlige valg ved primær fremstilling er sulfatpulp som for kraftliner. Derfor antages primær fluting fremstillet analogt med tør CTMP og primær liner antages fremstillet analogt med tør sulfatpulp, begge i integreret produktion.

Fra oplysninger i (Fefco, Ondulé & Kraft, 2003) er beregnet, at bølgepap som gennemsnit består af ca. 40 % fluting og 60 % liner. Derfor er primær fremstilling af fluting og liner sammensat i dette forhold, dvs.:

1 kg primær fluting og liner fremstilles af:

- 0,4 kg primær CTMP
- 0,6 kg primær sulfatpulp.

Tabel 5.3 viser de direkte data for fremstilling af 1 kg_{AD} CTMP og tabel 5.4 viser de direkte data for fremstilling af 1 kg_{AD} sulfatpulp. Tabel 5.3 og tabel 5.4 viser yderligere de korrektioner der er foretaget af hensyn til systemudvidelser (se 3.1) og anvendelse af marginal el energi (se afsnit 3.5.2.1). Erstatning af træ med 50/50 naturgas og fuelolie gælder kun i den ene af de to systemafgrænsninger, se afsnit 3.4.3.2.

Da der er tale om direkte data, vedrører emissionerne kun selve produktionen, herunder fyring med fossile brændsler, men ikke emissioner fra elforbruget. Disse og andre indirekte emissioner fra brændsels- og materialefremstilling vil indgå i de endelige resultatberegninger.

Tabel 5.3. Direkte data (2001) for fremstilling af 1 ton tør CTMP (TS = 90 %).

Materialer og hjælpestoffer	Enhed	Mængde
Træ, blødt TS (råmateriale)	t_TS/t	0,9
Vand	m ³ /t	33,8
Procesenergi		
El	MWh/t	1,93
Træ, blødt TS (brændsel)	GJ/t	1,39
eller	t_TS/t	0,076
Fuelolie, svær, (brændsel)	GJ/t	0,94
eller	t/t	0,023
Varmeeksport	GJ/t	-0,75
Emissioner		
CO ₂	kg/t	61,3
SO ₂	kg/t	0,22
NOx	kg/t	1,22
Spildevand	m ³ /t	< 33,8
COD	kg/t	11,94
Suspenderet stof	kg/t	1,14
Restprodukter til genanvendelse	kg/t	31

Af tabel 5.3 fremgår data for fremstilling af 1 ton tør CTMP. Data anvendes ved systemafgrænsningen hvor træ er en ubegrænset ressource, og hvor overskudstræ ved øget genanvendelse derfor bliver stående på roden og ved reduceret genanvendelse blot fældes i skoven.

Det samlede forbrug af træ til produktion af 1 ton CTMP er opgjort til $0,9 + 0,076 = 0,976$ tons blødt TS.

Tabel 5.4 Anvendte systemudvidelser og marginal el energi ved fremstilling af 1 ton tør CTMP (TS = 90 %).

Erstatningsbrændsel	Enhed	Mængde
Træ, blødt TS ved flisfyring	t_TS/t	-0,976
eller	GJ/t	17,86
Naturgas forbrændt i fyr	GJ/t	8,93
Fuelolie, v. industrifyring	GJ/t	8,93
Undgået produktion, varme		
Varmeeksport	GJ/t	0,75
Naturgas forbrændt i fyr	GJ/t	-0,375
Fuelolie, v. industrifyring	GJ/t	-0,375
Marginal el energi		
Naturgas el CC	MWh/t	1,93

Af tabel 5.4 fremgår konsekvenserne ved systemafgrænsningen hvor træ er en begrænset ressource, og hvor overskudstræ ved øget genanvendelse derfor kan anvendes til energiproduktion og substituere fossil energi og vice versa ved reduceret genanvendelse.

Af tabellen fremgår det at forbrænding ved flisfyring af 0,976 tons træ blødt TS giver en energiproduktion på 17,86 GJ. Ved genanvendelse af 1 ton CTMP spares fremstillingen af 1 ton virgint CTMP, og dermed kan 0,976 tons træ blødt TS substituere naturgas og fuelolie i forholdet 50/50 svarende til i alt 17,86 GJ.

Ved genanvendelse af 1 ton CTMP reduceres varmeeksporten fra fremstillingen af virgint CTMP med 0,75 GJ. Denne varmeeksport må erstattes af varme produceret på basis af naturgas og fuelolie i forholdet 50/50 eller i alt 0,75 GJ.

Tabel 5.5. Direkte data (2001) for fremstilling af 1 ton tør sulfatpulp (TS = 90 %).

Materialer og hjælpestoffer	Enhed	Mængde
Træ, blødt TS (råmateriale)	t_TS/t	0,9
Uspecificerede hjælpestoffer	t/t	0,263
Vand	m ³ /t	59,5
Procesenergi		
El	MWh/t	0,21
Træ, blødt TS (brændsel)	GJ/t	25,3
eller	t_TS/t	1,38
Fuelolie, svær, (brændsel)	GJ/t	2,75
eller	t/t	0,067
Varmeeksport	GJ/t	-0,69
Emissioner		
CO ₂	kg/t	211
SO ₂	kg/t	1,44
NOx	kg/t	1,6
Spildevand	m ³ /t	< 59,5
COD	kg/t	30,6
Suspenderet stof	kg/t	1,88
Deponi, restprodukter	kg/t	20
Restprodukter til genanvendelse	kg/t	44
Affaldsforbrænding, papir	kg/t	0,33

Af 5.5 fremgår data for fremstilling af 1 ton tør sulfatpulp. Data anvendes ved systemafgrænsningen hvor træ er en ubegrænset ressource, og hvor overskudstræ ved øget genanvendelse derfor bliver stående på roden og ved reduceret genanvendelse blot fældes i skoven.

Det samlede forbrug af træ til produktion af 1 ton sulfatpulp er opgjort til 0,9 + 1,38 = 2,28 tons blødt TS.

Tabel 5.6. Anvendte systemudvidelser og marginal el energi ved fremstilling af 1 ton tør sulfatpulp (TS = 90 %).

Erstatningsbrændsel	Enhed	Mængde
Træ, blødt TS ved flisfyring	t_TS/t	-2,28
eller	GJ/t	41,72
Naturgas forbrændt i fyr	GJ/t	20,86
Fuelolie, v. industrifyring	GJ/t	20,86
Undgået produktion, varme		
Varmeeksport	GJ/t	0,69
Naturgas forbrændt i fyr	GJ/t	-0,345
Fuelolie, v. industrifyring	GJ/t	-0,345
Marginal el energi		
Naturgas el CC	MWh/t	0,21

Af tabel 5.6 fremgår konsekvenserne ved systemafgrænsningen hvor træ er en begrænset ressource, og hvor overskudstræ ved øget genanvendelse derfor kan anvendes til energiproduktion og substituere fossil energi og vice versa ved reduceret genanvendelse.

Af tabellen fremgår det at forbrænding ved flisfyring af 2,28 tons træ blødt TS giver en energiproduktion på 41,72 GJ. Ved genanvendelse af 1 ton sulfatpulp spares fremstillingen af 1 ton virgint sulfatpulp, og dermed kan 2,28 tons træ blødt TS substituere naturgas og fuelolie i forholdet 50/50 svarende til i alt 41,72 GJ.

Ved genanvendelse af 1 ton sulfatpulp reduceres varmeeksporten fra fremstillingen af virgint CTMP med 0,69 GJ. Denne varmeeksport må erstattes af varme produceret på basis af naturgas og fuelolie i forholdet 50/50 eller i alt 0,69 GJ.

5.1.3 Papir og pap for blandede og bedre kvaliteter

Papir og pap af blandet kvalitet skønnes for en stor del at være pap fremstillet ved integreret produktion fra CTMP- og sulfatpulp. I fraktionen indgår imidlertid også bedre kvaliteter der skønnes fremstillet som finpapir ud fra bleget sulfatpulp. Her er valgt en ikke-integreret produktion og klorfri blegning. Andel af bedre kvaliteter er skønnet til 20 % ud fra opgørelse i (CEPI, 2002).

Den primære fremstilling af 1 kg_{AD} papir og pap for blandede og bedre kvaliteter er derfor sammensat i forholdet:

- 0,8 kg primær pap, sulfat/CTMP
- 0,2 kg primær finpapir, bleget sulfat.

Tabel 5.7 viser de direkte data for fremstilling af 1 kg_{AD} primær pap, sulfat/CTMP og tabel 5.8 viser de direkte data for fremstilling af 1 kg_{AD} finpapir, bleget sulfat. Tabel 5.7 og tabel 5.8 viser yderligere de korrektioner der er foretaget af hensyn til systemudvidelser (se tabel 3.1) og anvendelse af marginal el energi (se afsnit 3.5.2.1). Erstatning af træ med 50/50 naturgas og fuelolie gælder kun i den ene af de to systemafgrænsninger, se afsnit 3.4.3.2. I denne er der også regnet med erstatningsbrændsel i inputtene af tør sulfatpulp.

Da der er tale om direkte data, vedrører emissionerne kun selve produktionen, herunder fyring med fossile brændsler, men ikke emissioner fra elforbruget. Disse og andre indirekte emissioner fra brændsels- og materialefremstilling vil indgå i de endelige resultatberegninger.

Tabel 5.7. Direkte data (2001) for fremstilling af 1 ton pap/karton (TS = 95 %).

Materialer og hjælpestoffer	Enhed	Mængde
Træ, blødt TS (råmateriale)	t _{TS} /t	0,77
Pulp, sulfat ECF (primær)	t _{AD} /t	0,118
Kaolin	t/t	0,034
Kridt	t/t	0,034
Uspecificerede hjælpestoffer	t/t	0,075
Vand	m ³ /t	66
Procesenergi		
El	MWh/t	0,45
Træ, blødt TS (brændsel)	GJ/t	14,1
eller	t _{TS} /t	0,77
Fuelolie, svær, (brændsel)	GJ/t	4,92
eller	t/t	0,12
Varmeeksport	GJ/t	-0,5
Emissioner		
CO ₂	kg/t	366
SO ₂	kg/t	0,61
NO _x	kg/t	0,93
Spildevand	m ³ /t	< 66
COD	kg/t	20,8
Suspenderet stof	kg/t	2,37
Deponi, restprodukter	kg/t	78
Restprodukter til genanvendelse	kg/t	195
Affaldsforbrænding, papir	kg/t	1,4

Af tabel 5.7 fremgår data for fremstilling af 1 ton pap/karton. Data anvendes ved systemafgrænsningen hvor træ er en ubegrænset ressource, og hvor overskudstræ ved øget genanvendelse derfor bliver stående på roden og ved reduceret genanvendelse blot fældes i skoven.

Det samlede direkte forbrug af træ til produktion af 1 ton pap/karton er opgjort til $0,77 + 0,77 = 1,54$ tons blødt TS. Inkluderes forbruget af træ til fremstilling af den forbrugte sulfatpulp (2,28 t/t) er forbruget af træ i alt ca. 1,8 tons blødt træ TS per ton avispapir.

Af tabel 5.7 fremgår en ret stor mængde uspecificeret restprodukt til genanvendelse, og ved første øjekast kan dette stride mod massebalancen. En stor del af genanvendelsen er papirslam med et højt vandindhold, og andre dele er biprodukter, såsom tjære, der kan spores tilbage til brændselsinputtet.

Tabel 5.8. Anvendte systemudvidelser og marginal el energi ved fremstilling af 1 ton pap/karton (TS = 95 %).

Erstatningsbrændsel	Enhed	Mængde
Træ, blødt TS ved flisfyring	t_TS/t	+ 1,54
eller	GJ/t	28,18
Naturgas forbrændt i fyr	GJ/t	14,09
Fuelolie v. industrifyring	GJ/t	14,09
Undgået produktion, varme		
Varmeeksport	GJ/t	0,5
Naturgas forbrændt i fyr	GJ/t	+ 0,25
Fuelolie v. industrifyring	GJ/t	+ 0,25
Marginal el energi		
Naturgas el CC	MWh/t	0,45

Af tabel 5.8 fremgår konsekvenserne ved systemafgrænsningen hvor træ er en begrænset ressource, og hvor overskudsstrø ved øget genanvendelse derfor kan anvendes til energiproduktion og substituere fossil energi og vice versa ved reduceret genanvendelse.

Af tabellen fremgår det at forbrænding ved flisfyring af 1,54 tons træ blødt TS giver en energiproduktion på 28,18 GJ. Ved genanvendelse af 1 ton pap/karton spares fremstillingen af 1 ton pap/karton, og dermed kan 1,54 tons træ blødt TS substituere naturgas og fuelolie i forholdet 50/50 svarende til i alt 28,18 GJ.

Ved genanvendelse af 1 ton pap/karton reduceres varmeeksporten fra fremstillingen af virgint pap/karton med 0,69 GJ. Denne varmeeksport må erstattes af varme produceret på basis af naturgas og fuelolie i forholdet 50/50 eller i alt 28,18 GJ.

Af tabel 5.9 fremgår data for fremstilling af finpapir på baggrund af sulfatpulp.

Tabel 5.9. Direkte data (2001) for fremstilling af 1 ton finpapir (TS = 95 %) fra tør sul fatpulp.

Materialer og hjælpestoffer	Enhed	Mængde
Pulp, sulfat ECF (primær)	t _{AD} /t	0,619
Kaolin	t/t	0,221
Kridt	t/t	0,221
Uspecificerede hjælpestoffer	t/t	0,118
Vand	m ³ /t	17,9
Procesenergi		
El	MWh/t	1,2
Flaskegas, (brændsel)	GJ/t	0,11
eller	t _{TS} /t	0,0023
Fuelolie, svær, (brændsel)	GJ/t	0,74
eller	t/t	0,018
Gasolie (brændsel)	GJ/t	0,77
eller	t/t	0,018
Emissioner		
CO ₂	kg/t	241
SO ₂	kg/t	0,53
NO _x	kg/t	0,3
Spildevand	m ³ /t	< 17,9
COD	kg/t	1
Suspenderet stof	kg/t	0,19
Deponi, restprodukter	kg/t	39
Restprodukter til genanvendelse	kg/t	11,5
Affaldsforbrænding, papir	kg/t	1,5

Tabel 5.10 Marginal el energi ved fremstilling af 1 ton finpapir (TS = 95 %) fra tør sul fatpulp. Der er ingen systemudvidelser forbundet med selve finpapirfremstillingen.

Marginal el energi	Enhed	Mængde
Naturgas el CC	MWh/t	1,2

5.2 Sammenligning af energidata ved fremstilling af forskellige virgine papirkvaliteter i 2002 med energidata i 1991/1992 anvendt i Miljøprojekt nr. 294

Tabel 5.11 Sammenligning af energidata.

Samlet energiforbrug/ton	2002	Miljøprojekt nr. 294 (1991/1992)	Ændring fra 1991/1992 til 2002
Avispapir (TMP)	13,0 GJ	11,9 GJ	+ 1,1 GJ
El	2,62 MWh = 9,43 GJ	2,23 MWh = 8,03 GJ	
Træ	2,56 GJ	3,9 GJ	
Olie	0,45 GJ	0	
Kul	0,85 GJ	0	
Varmeeksport	0,29 GJ	0	
Pap/karton	23,4 GJ	26,7 GJ	+ 3,3 GJ
El	0,47 MWh = 1,62 GJ	3,04 MWh = 11,9 GJ	
Træ	17,1 GJ	5,7 GJ	
Olie	5,24 GJ	0	
Gas	0	6,1 GJ	
Varmeeksport	0,58 GJ	0	
Liner/fluting	20,2 GJ	20,4	+ 0,2 GJ
El	0,9 MWh = 3,24 GJ	0	
Træ	15,7 GJ	19,0 GJ	
Olie	2,0 GJ	1,4 GJ	
Varmeeksport	0,7 GJ	0	

Samlet energiforbrug/ton	2002	Miljøprojekt nr. 294 (1991/1992)	Ændring fra 1991/1992 til 2002
Finpapir (skrivepapir)	23,4 GJ	29,5 GJ	+ 6,1 GJ
El	1,33 MWh = 4,79 GJ	0,35 MWh = 1,26 GJ	
Træ	15,67 GJ	15,5 GJ	
Olie	2,44 GJ	0,57 GJ	
Gas/gasolie	0,88 GJ	4,68 GJ	
Kul	0	7,5	
Varmeeksport	0,43 GJ	0	

Som det fremgår af tabel 5.11 er der for avispapir, pap/karton og liner/fluting kun tale om mindre ændringer i det samlede energiforbrug, men der er store variationer i sammensætningen af energiforbruget og dermed også i emissionerne. For finpapir er der tale om en væsentlig reduktion i det samlede energiforbrug, men også her er der stor variation i energisammensætningen og dermed i emissionerne.

Energidata for papirproduktionen i 1991/1992 er primært hentet fra følgende kilder:

- BUWAL: Oekobilanz von Packstoffen stand 1990. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern 1991
- Tillman, A.M. et al.: Packaging and the Environment. Chalmers Industriteknik. Göteborg 1991
- Ekwall, T.: Life-cycle analyses of corrugated cardboard. Chalmers Industriteknik. Göteborg 1992

mens energidata for 2002 som før nævnt er hentet fra hjemmesiden for Skogsindustrierna i Sverige og tilhørende EMAS-rapporter hentet fra hjemmesider fra svenske papirfabrikker.

5.3 Affaldsforbrænding

Data for affaldsforbrænding af papir stammer fra sidste opdatering af UMIP-databasen der afsluttes i 2003, og data er tilvejebragt af dk-TEKNIK. Der er ikke fundet data for målinger på forbrænding af enkeltmaterialer i affaldsforbrændingsanlæg, og data er derfor genereret ud fra tidligere rapporter på området (Eriksen og Hauschild, 2000) (Reimann & Hämmerli, 1995).

Driftsdata for forbrændingsprocesserne repræsenterer gennemsnitsdata for danske forhold, men kan have bredere geografisk gyldighed grundet valget af marginal el.

Energiproduktion beregnes ud fra materialets grundstofmæssige sammensætning. Herudover indgår vandindholdet i materialet til beregning af brændværdien. Der benyttes nedre brændværdi. Brændværdien for både pap og papir er beregnet til 16,1 MJ/kg ved et indhold af 8 % vand og 92 % tørstof, heraf ca. 43 % kulstof. Dette er repræsentativt for sulfatpapir og -pap der udelukkende består af cellulosefibre. Papir og pap baseret på TMP og CTMP kan have lidt lavere brændværdi da der er lignin i disse som har et lidt lavere kulstofindhold end cellulosefibre.

For de ikke-brændbare materialer gælder at de medfører et varmetab svarende til deres specifikke varmekapacitet adderet med temperaturforskellen på deres indgangs- og udgangstemperatur i forbrændingsanlægget. Dette er aktuelt for

fyldstoffer i papir hvor der er benyttet affaldsforbrænding af glas der formodentlig ligger tæt på fyldstofferne som typisk er kridt og kaolin.

Det har været vanskeligt at fastsætte en fordeling for anvendelsen af røggasteknologier i Danmark. Dels findes der ikke samlede opgørelser for de 31 affaldsforbrændingsanlæg som findes, og dels sker der store forandringer på anlæggene i disse år. Det vurderes at anno 2000 havde 65 % våd, 30 % semitør og 5 % tør røggasrensning. Derudover gennemgår ca. 10 % af affaldet DeNOx og ca. 60 % dioxinfjernelse.

Tabel 5.12 viser de direkte data for affaldsforbrænding af papir. Data for pap er tilsvarende, og begge regnes CO₂-neutrale.

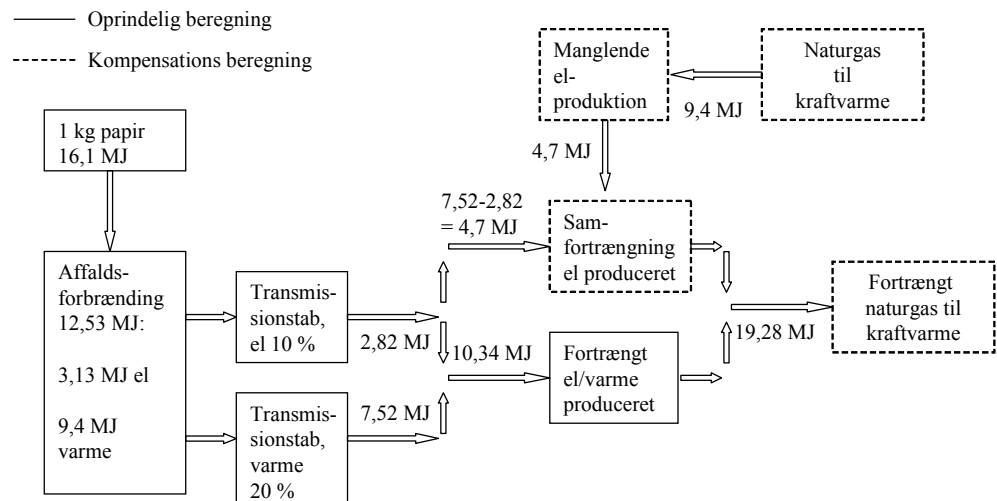
Tabel 5.12 Direkte data (2001) for affaldsforbrænding af 1 ton papir/pap (TS = 92 %).

Materialer og hjælpestoffer	Enhed	Mængde
Papir/pap	t AD/t	1
Vand	m ³ /t	0,33
Procesenergi		
El	MWh/t	0,05
Energieksport før tab	GJ/t	-12,53
Emissioner		
CO ₂	kg/t	0
SO ₂	kg/t	0
NOx	kg/t	0,28
Spildevand	m ³ /t	0
Deponi, restprodukter	kg/t	39

Tabel 5.13 viser de korrektioner der er foretaget af hensyn til systemudvidelser (se tabel 3.1) og anvendelse af marginal el energi (se afsnit 3.5.2.1).

Varmeeeksporten antages at fortrænge ikke-allokeret naturgas CC (se afsnit 3.4.3.1). Ved affaldsforbrænding af 1 kg papir fremstilles 12,53 MJ el og varme i forholdet ca. 25/75. Distributionsstab udgør 20 % for varmen og 10 % for el svarende til 17,5 % vægtet. Fraregnes de 12,53 MJ el og varme distributionstab på 17,5 %, er *netto energieksporten 10,34 MJ = 2,87 kWh*. Denne energimængde fortrænger en tilsvarende produceret mængde naturgas CC el/varme uden allokering.

Fordelingen af el og varme fra CC produktion er typisk ca. 50/50 og dette er skævt i forhold til affaldsforbrændingens 25/75 fordeling, og samlet set kommer der til at mangle el når man fortrænger kraftvarmeproduceret (el-rig) energi med affaldsforbrænding produceret (el-fattig). Reviewer har påpeget, at det er muligt at kompensere for denne skævhed, og kompensering er udført i scenarierne for 100 % forbrænding, men ikke i de øvrige, da dette grundet høj genanvendelsesgrad næsten ikke ændrer resultaterne. Kompenseringen er udført ved at beregne den fortrængt naturgasmængde på inputsiden til kraftvarmeproduktionen frem for den producerede energimængde, se nedenstående beskrivelse og figur 5.1.



Figur 5.1. Fortrængningsscenarie for energiproduktion ved affaldsforbrænding

Netto energiekporten på 10,34 MJ fra affaldsforbrændingen fordeler sig, når man tager højde for de forskellige tab, på 7,52 MJ varme og 2,82 MJ el. Når varmen fra affaldsforbrænding erstatter 7,52 MJ kraftvarme fortrænges samtidigt 7,52 MJ el ved 50/50 fordelingen på kraftvarmeværket, altså i alt 15,04 MJ. Den totale virkningsgrad for naturgas CC kraftvarme værker kan som gennemsnit beregnes til 78 % incl. nettab ud fra naturgasinputtet til værkerne per produceret kWh el/varme (Energi E2, 2000). På input siden fortrænges derfor i første omgang $15,04/0,78 = 19,28$ MJ naturgas.

Affaldsforbrændingen producere sammen med varmen 2,82 MJ el således at el-produktionen i alt mindsker med $(7,52 - 2,82) = 4,7$ MJ. Denne manglende el-produktion må derfor erstattes med marginal el uden samproduktion af varme. Ved en virkningsgrad på 50 % for el-produktion, hvad der er realistisk i et moderne værk uden samproduktion af varme, skal der hertil forbruges $4,7/0,5 = 9,4$ MJ naturgas.

Den samlede fortrængte energimængde ved netto-eksport af 10,34 MJ el og varme fra affaldsforbrænding i forholdet 25/75 er derfor $(19,28 - 9,4) = 9,88$ MJ naturgas forbrændt i et CC kraftvarmeværk. Med den oprindelige antagelse fortrænges netto-eksporten på 10,34 MJ en tilsvarende produktion fra kraftvarmeværket svarende til 13,4 MJ naturgas på input-siden til naturgas CC værket, idet der blev regnet med 77 % virkningsgrad. Resultatet for affaldsforbrænding er altså lidt dårligere end før.

I følsomhedsberegningerne hvor der kun produceres varme fra affaldsforbrændingen er oprindeligt regnet med fortrængning af allokerede data. Der er foretaget en kompensations-beregning jfr. ovenstående, men uden el-produktion fra affaldsforbrænding. Ved den nye beregning fortrænges netto-eksporten af 10,0 MJ varme (inkl. 20 % tab) fra affaldsforbrænding 6,04 MJ naturgas forbrændt i et CC kraftvarmeværk. Med den oprindelige antagelse blev fortrængt ca. 3,4 MJ naturgas på input-siden til naturgas CC værket allokert efter energikvalitet (exergi). De nye beregninger er altså her til fordel for affaldsforbrændingen. Resultaterne er opsummeret i tabel 5.13.

Tabel 5.13. Anvendte systemudvidelser og marginal el energi ved affaldsforbrænding af 1 ton papir/pap (TS = 92 %).

	Enhed	Mængde El/varme 1)	Mængde El/varme 2)	Mængde Varme 3)	Mængde Varme 2)
Energi eksport før tab	GJ/t	12,53	12,53	12,53	12,53
El/varme fortrængt (energi eksport efter tab)	GJ/t	-10,34	-10,34	-10,0	-10,0
Naturgas fortrængt (input til kraftvarme)	GJ/t	-13,4	-9,88	-3,4	-6,04

1) Fortrængning af ikke allokeret marginal energi uden kompensation for manglende el-produktion

2) Fortrængning af ikke-allokeret marginal energi med kompensation for manglende el-produktion

3) Fortrængning af allokeret marginal energi uden kompensation for manglende el-produktion

5.4 Fabriksbeskrivelse; Brødrene Hartmann A/S, Tønder

Brødrene Hartmann A/S i Tønder producerer emballage og produkter i støbepap ud fra returpapir. Returpapiret er i kategorien "aviser, ugeblade og reklametryksager". Den årlige (2001) produktionsmængde er 42.020 tons færdigvarer (TS = 90 %) der hovedsageligt udgøres af ægbakker.

5.4.1 Procesbeskrivelse

Virksomheden har 10 produktionsanlæg der betjenes af fire pulper. Råvarerne tilsættes vand i pulperne, så der opnås en opslæmning med ca. 5 % tørstofindhold. Blandingen renses herefter mekanisk for urenheder såsom clips, sten og plast.

For at producere hvide og lyst farvede produkter er der installeret et afsvævningsanlæg. I afsvævningsanlægget fjernes avisernes og ugebladenes trykfarve ved afskumning med tensider hvorved der opnås en hvid pulp. Desuden produceres kvaliteten "ekstra hvid" af en pulp af rotationspapir og CTMP.

Den henholdsvis grå, hvide eller ekstra hvide pulp tilsættes bagvand (recirkuleret procesvand) til et tørstofindhold på ca. 1 % og føres op til de enkelte anlægs højdekar. Fra højdebeholderen løber pulpen til formmaskinerne.

Bakkerne der efter formmaskinerne har et tørstofindhold på ca. 25 %, tørres ved 150 °C til et tørstofindhold på ca. 90 %.

5.4.2 Massebalance

Til fremstilling af 42.020 tons støbepap (TS = 90 %) anvendte Brødrene Hartmann A/S i Tønder i 2001 i alt 44.350 tons råvare (TS = 90 %) i form af returpapir og 1.647 tons hjælpestoffer (TS = 90 %). Den samlede mængde restprodukter var således 3.977 tons. Det svarer til et udbytte på ca. 95 % beregnet på basis af forbruget af returpapir.

5.4.3 Energi

I 1995 blev Hartmanns kraftvarmeværk i Tønder sat i drift. Det 13 MW store naturgasfyrede kraftvarmeværk leverer el-energi til det offentlige net, varmeenergi til Tønder fjernvarme og varmeenergi (damp) til Tønder-fabrikkerne. Samtidig med igangsætningen af kraftvarmeproduktionen blev der i 1995 etableret varmegenvinding på tørreovnene i støbepapproduktionen. Denne overskudsvarme bliver nyttiggjort i fjernvarmeforsyningen.

Forbruget af naturgas til produktionen af støbepap (el plus damp) var i 2001 815 TJ. Strengt taget burde dette forbrug opdeles i marginal el fra nettet og produceret damp, men teknologien for Hartmann Tønders kraftvarmeværk svarer til teknologien for den marginale energiproduktion (naturgas CC) og derfor kan man med god tilnærmelse benytte værdierne opgjort af Hartmann Tønder A/S.

Tabel 5.14. Procesenergi og emissioner til luft ved fremstilling af støbepap (TS = 90 %).

Procesenergi	Enhed	Talværdi
Gas	GJ/tons	19,4
Emissioner		
CO ₂ fra gas	kg/tons	1.100
NO _x fra gas	kg/tons	2,2

5.4.4 Hjælpestoffer og affald

Hjælpestoffer til produktionen består hovedsageligt af pH-regulerende midler, stivelsesprodukter og afvandsmidler. En del af hjælpestofferne indgår i færdigvaren, og resten udledes med processpildevandet til fabrikkens renseanlæg, hvor det gennemgår en normal rensning før det udledes.

Hjælpestoffer til renseanlægget består af stoffer til pH-regulering og næringsstoffer til mikroorganismene for dermed at opretholde den nødvendige biobalance.

Forbruget af hjælpestoffer var i 2001 på 35,2 kg pr. ton produceret tørstof.

Hjælpestofferne er opdelt i tre kategorier (Miljøstyrelsen, 1995):

- A-stoffer der er uønskede i spildevandet og som bør reduceres til et minimum, i alt 1,3 kg
- B-stoffer der giver anledning til fastsættelse af vejledende grænseværdier, i alt 2,3 kg
- C-stoffer, der anses for at være uproblematisk, i alt 31,6 kg.

De under massebalancen nævnte 3.977 tons restprodukter (TS = 90 %) består af:

- Rejekt i form af urenheder frasorteret papirråvaren såsom fx sten, grus, clips og plast, i alt 84 tons der deponeres.
- Fiberslam og afsvævningslam, i alt 1.947 tons. Den ene halvdel komposteres og anvendes som jordforbedringsmiddel i landbruget, mens den anden halvdel forbrændes i et affaldsforbrændingsanlæg.
- Suspenderet stof der hovedsageligt er affaldsstoffer fra den biologiske proces i fabrikkens renseanlæg, i alt 780 tons der udledes med spildevandet.
- En rest på 1.166 tons der skyldes almindelig måleusikkerhed på alle tal i massebalancen (ca. 40.000 tons).

5.4.5 Vand

Der anvendes vand af tre kvaliteter:

- Råvand som udelukkende anvendes til fremstilling af støbepapemballage, pumpes op fra de øvre jordlag og gennemgår efterfølgende en behandling i eget vandværk
- Genbrugsvand fra vandbehandlingsanlægget i kraftvarmeværket

- Vand fra den kommunale vandforsyning som supplement til råvandet og genbrugsvandet i spidsbelastningsperioder.

De væsentligste vandudledninger er fordampningen og spildevandet fra produktionen. Spildevandet fra produktionen behandles først i eget mekanisk/biologisk renseanlæg og ledes efterfølgende til Tønder Kommunes renseanlæg.

Vandforbruget var i 2001 på 9,57 liter/kg TS.

Spildevandsudledningen var i 2001 på 5,28 liter/kg TS.

COD i spildevandet til Tønder Kommunes renseanlæg er opgjort til 3,8 kg/tons TS.

5.4.6 Samlet oversigt

I tabel 5.15 er de for 2001 gældende direkte data for Brdr. Hartmann, Tønder sammenstillet. Da der er tale om direkte data, vedrører emissionerne kun selve produktionen, herunder fyring med fossile brændsler, men ikke emissioner fra elforbruget. Disse og andre indirekte emissioner fra brændsels- og materialefremstilling vil indgå i de endelige resultatberegninger.

Tabel 5.15. Direkte data (2001) for fremstilling af 1 ton returpapirbaseret støbepap (TS = 90 %).

Materialer og hjælpestoffer	Enhed	Mængde
Returpapir	t/t	1,06
Vand	m ³ /t	9,6
Hjælpestoffer	kg/t	35
Gas	Nm ³ /t	
Procesenergi		
Gas	GJ/t	19,4
Emissioner		
CO ₂	kg/t	1.100
SO ₂	kg/t	0
Nox	kg/t	2,2
Spildevand	m ³ /t	5,3
COD	kg/t	3,8
Suspenderet stof	kg/t	1,6
Restprodukt til kompostering	kg/t	26
Restprodukt til forbrænding	kg/t	26
Restprodukt til deponering	kg/t	2

Hvis restproduktet til forbrænding antages at have en brændværdi på 5 MJ/kg, bidrager forbrænding af de 26 kg restprodukt med i alt 130 MJ eller 0,13 GJ. Denne størrelse er marginal i forhold til det samlede energiforbrug på 19,4 GJ.

Der foreligger ikke oplysninger om AOX-udledning ved støbepapproduktion, men denne regnes at være 0. Ikke-deponerede restprodukter komposteres.

5.5 Fabriksbeskrivelse; SCA Packaging Djursland A/S

Den danske produktion af liner og fluting til bølgepapindustrien sker hos SCA Packaging Djursland A/S i Grenå. Produktionen er baseret på 100 % anvendelse af returpapir som råstof.

5.5.1 Procesbeskrivelse

Virksomheden har 2 papirmaskiner der forsynes fra et "hollænderi" med 2 pulperlinier. I hollænderiet slæmmes returpapiret til fibermasse ved ca. 4 % tørstof. Der anvendes recirkuleret vand.

Herefter renses papirmassen mekanisk i flere trin for de mangeartede urenheder der findes i returpapiret: metal, sand og de mange forskellige plasttyper mv.

Til linerproduktionen foretages en varmedispergering af stoffet for at undgå pletter fra voks mv. i toplaget af lineren.

Før papirmaskinen fortyndes papirmassen ned til ca. 1 % tørstof og pumpes igennem et finrenseanlæg og til papirmaskinens vireparti hvor der formeres en papirbane samtidig med at vandet drænes af; vandet går i recirkulation.

Efter virepartiet har papirbanen et tørstofindhold på ca. 25 % og passerer nu et presseparti. Det er muligt at presse vand ud af papirbanen til der er opnået et tørstofindhold på ca. 50 %.

Herefter tørres papirbanen i tørrepartiet ved at passere over dampopvarmede cylindre, og der tørres ud til en slutfugt på 8 %. Tørrepartiet er delt op i et fortørre- og et eftertørreparti. Imellem disse to findes limpressen hvor papirbanen påføres stivelse. Stivelsen penetrerer ind i papiret og øger styrken. Papiret tilføres hermed mere fugt som tørres væk i eftertørrepartiet.

Papirbanen rulles op i papirmaskinen (på en tambour). Når der er papir til 3-4 færdige ruller, skiftes til en ny.

Fra tambouren renskæres og rulles de færdige ruller à ca. 3 tons pr. stk. på en skæremaskine.

Der udledes ikke spildevand; alt vand recirkuleres til forskellige anvendelser.

5.5.2 Massebalance

Til fremstilling af 190.648 tons færdigvarer (TS = 90 %) anvendte SCA Packaging i 2001 i alt 210.626 tons returpapir (TS = 90 %) samt 8.122 tons hjælpestoffer.

Den samlede mængde restprodukter var 17.037 tons. Heraf blev 2.112 tons deponeret (glas og sten), mens 14.925 tons blev tilført et affaldsforbrændingsanlæg.

5.5.3 Energi

Til fremstilling af de 190.648 tons færdigvarer anvendes der i alt 288.358 MWh procesdamp og 93.666 MWh el.

Dampen produceres på et decentralt kraftvarmeværk. Dette værk fyres med kul og halm og leverer foruden procesvarmen også el til Midtkraft og fjernvarme til Grenå by. Der anvendes energimæssigt 36 % halm og 64 % kul.

Med studiets anvendelse af marginal el er der regnet med at elforbruget dækkes af marginal el naturgas CC. Dampproduktionen er ikke forbundet til

regionalt net og regnes derfor produceret på det kul- og halmfyrede kraftvarmeværk.

5.5.4 Råvarer, hjælpestoffer og affald

Foruden returpapirkvaliteten "bølgepap" anvendes returpapirkvaliteten "blandet papir" som råvare. Forholdet mellem de to råvarekvaliteter er 75 % bølgepap og 25 % blandet papir. I nærværende rapport behandles den del af produktionen der modsvarer den indsamlede mængde bølgepap, under afsnittet om bølgepap og den del der modsvarer den indsamlede mængde blandet papir, under afsnittet om blandet papir.

Hjælpestoffer udgør 8.122 tons primært i form af kartoffelstivelse og retentionsmiddel.

Den samlede mængde restprodukter er 17.037 tons. Heraf bliver 2.112 tons deponeret (glas og sten), mens 14.925 tons bliver tilført et affaldsforbrændingsanlæg.

5.5.5 Vand

Procesvand indvindes fra åvand og egen boring.

Procesvandforbruget var i 2001 på i alt 657.000 m³; heraf var 360.216 m³ åvand og resten fra egen boring.

Fabrikken har et fuldstændigt lukket procesvandsystem som er kontinuerligt overvåget. Der tages kun vand ind i processen for at erstatte den vandmængde der fordamper, og den vandmængde der anvendes ved tilberedning af hjælpestoffer.

5.5.6 Samlet oversigt

I tabel 5.16 er sammenstillet de direkte data fra 2001 for SCA Packaging. Da der er tale om direkte data, vedrører emissionerne kun selve produktionen, herunder fyring med fossile brændsler, men ikke emissioner fra elforbruget. Disse og andre indirekte emissioner fra brændsels- og materialefremstilling vil indgå i de endelige resultatberegninger.

Tabel 5.16. Direkte data (2001) for fremstilling af 1 ton genbrugsliner og -fluting.

Materialer og hjælpestoffer	Enhed	Mængde
Returpapir	t/t	1,10
Vand	m ³ /t	3,8
Andet	kg/t	42
Procesenergi		
Halm	GJ/t	1,9
Kul	GJ/t	3,5
El	kWh/t	491 = 1,77 GJ/t
Emissioner		
CO ₂	kg/ton	333
SO ₂	kg/t	0,8
NO _x	kg/t	0,8
Spildevand	m ³ /t	0
COD	kg/t	0
AOX	kg/t	0
Affald til deponi	kg/t	11
Affald til forbrænding	kg/t	78

Vurderes affaldet der tilføres forbrænding, at have en brændværdi på 5 MJ/kg, bidrager affaldsmængden på 78 kg med i alt 390 MJ eller 0,39 GJ. Indregnes energigenvindingen ved forbrænding af rejektet i det samlede energiforbrug på 7,17 GJ, reduceres energiforbruget ved fremstilling af 1 ton genbrugsliner og fluting til $(7,17 \div 0,39) 6,78$ GJ.

Hvis 1 ton genbrugspap skal substituere 1 ton virgint pap, forudsætter det at genbrugspappet er af samme kvalitet som det virgine. Der er delte meninger herom. Således finder Colon Emballage ingen forskel (Winkel, 1992), mens Bølgepapindustriens Brancheforening (1992) anfører at det for at få den samme styrke i bølgepapemballage der består af 100 % genbrugspap, er nødvendigt at øge vægten med ca. en tredjedel i forhold til bølgepap som kun indeholder 20 % genbrugsmateriale.

I denne undersøgelse regnes der med at 1,25 tons genbrugsliner og -fluting substituerer 1 ton virgin liner og fluting.

5.6 Fabriksbeskrivelse; Skjern Papirfabrik A/S

Skjern Papirfabrik A/S blev grundlagt i 1964 og var helt fra begyndelsen baseret på 100 % returpapir. I 1978 blev virksomheden overtaget af Brødrene Hartmann A/S.

Virksomheden producerer:

- Hylsekarton: Smalskærne ruller der udgør den inderste kerne i industrirør, køkkenruller og toiletpapirruller
- Bogpap: Papir der hovedsagelig anvendes som pap i ringbind og bøger og til bagsider af puslespil
- Arkskåret: Papir der i stor udstrækning anvendes som mellemlæg
- Maleruller (papir der primært anvendes som afdækning i malerbranchen).

Produktionen udgjorde i 2001 50.090 tons færdigvarer (TS = 90 %).

Råvarerne er aviser og ugeblade, blandet papir og pap, bølgepap samt bedre kvaliteter der fortrinsvis består af trykkeriafklip. Råvarerne er primært fra danske indsamlinger.

5.6.1 Procesbeskrivelse

Produktionsanlægget består af en papirmaskine der er indrettet til produktion af forskellige typer papir og pap. Råvarerne er 100 % returpapir af ovennævnte kategorier.

Returpapiret blødgøres og findeles i pulperen under tilsætning af vand. Efter oplømningen af papirfibre renses pulpen hvorefter kemikalier tilsættes. Tørstofindholdet i blandingen er ca. 3 %. Af de udskilte affaldsprodukter deponeres 7 kg pr. ton oparbejdet returpapir på lossepladsen, resten genanvendes.

Pulpen tilsættes hjælpestoffer og ledes ind på et vireanlæg hvor den fordeles jævnt over en endeløs filterdug. Pulpen har på dette tidspunkt et tørstofindhold på 1 %. Papirbanen afvandes, og overskudsvandet ledes efter tilsætning af skumdæpningsmiddel tilbage gennem bagvandssystemet

(system for recirkuleret procesvand) og anvendes som opslæmningsvand for returpapiret. Papirbanen presses gennem 2 presseruller.

Den afvandede papirbane som har et tørstofindhold på 48-50 %, ledes ind i et dampopvarmet tørreanlæg og tørres ved 100 °C. Det færdige papir rulles op og sættes på lager.

5.6.2 Massebalance

Til fremstilling af 50.090 tons hylsepap (TS = 90 %) mv. anvendte Skjern Papirfabrik A/S i 2001 i alt 51.020 tons returpapir (TS = 90 %) samt 710 tons råstoffer. Den samlede mængde restprodukter var således 1.640 tons.

De 1.640 tons restprodukter (TS = 90 %) bestod af 192 tons slam (TS = 90 %) fra renseanlæg, 186 tons affald (TS = 90 %) til deponi, 860 tons til genanvendelse (TS = 90 %) samt en rest på 400 tons (TS = 90 %) der ikke kan redegøres nærmere for.

5.6.3 Energi

Naturgas anvendes primært til fabrikkens dampkedler og infrarøde gasfyrede brændere i tørreprocessen. Der anvendes 115 Nm³/ton færdigvare (TS = 90 %).

El anvendes til pumper, røreværker, ventilatorer mv. Der anvendes 330 kWh/ton færdigvare (TS = 90 %).

5.6.4 Råvarer, hjælpestoffer og affald

Returpapiret indeholder en række ikke-anvendelige materialer kaldet rejekt, og disse bliver frasorteret under oppulpningsprocessen og leveres til kommunal losseplads til deponi, i alt 7 kg pr. ton råvarer. En anden del af rejektet, i alt 15 kg pr. ton råvare, går til genanvendelse i cementindustrien og i teglindustrien.

Hjælpestoffer til produktionen, i alt 14 kg pr. ton, består hovedsageligt af pH-regulerende midler, stivelsesprodukter og afvandsmidler. En del af hjælpestofferne indgår i færdigvaren, og resten udledes med processpildevandet til fabrikkens renseanlæg hvor det gennemgår en normal rensning før det udledes.

Hjælpestoffer til renseanlægget består af stoffer til pH-regulering og næringsstoffer til mikroorganismene for dermed at opretholde den nødvendige biobalance.

5.6.5 Vand

Procesvand indvindes fra Skjern Å. Vandet ledes gennem eget vandværk og videre gennem et sandfilter der filtrerer sand og urenheder fra inden vandet ledes ind til produktionen.

Sandfiltrene bliver returskyllet med åvand for at rense dem. Returvandet ledes til fabrikkens renseanlæg.

I processen recirkuleres vandet 15 til 20 gange inden det udledes til Ganer Å via renseanlægget.

Renseanlægget renser vandet for fx papirfibre og sand inden det udledes. Slammet fra renseanlægget presses til højere tørstof inden det bliver anvendt som jordforbedrende materiale på landbrugs- og egne piletræsarealer.

Udledningen af suspenderet stof er 0,1 kg/ton færdigvare.

Det samlede vandforbrug er 10,6 m³ pr. ton færdigvare inkl. den fordampning der finder sted.

5.6.6 Samlet oversigt

I tabel 5.17 er de for 2001 gældende direkte data for Skjern papirfabrikker sammenstillet. Da der er tale om direkte data, vedrører emissionerne kun selve produktionen, herunder fyring med fossile brændsler, men ikke emissioner fra elforbruget. Disse og andre indirekte emissioner fra brændsels- og materialefremstilling vil indgå i de endelige resultatberegninger.

Tabel 5.17. Direkte data (2001) for fremstilling af 1 ton returpapirbaseret hylsepap (TS = 90 %).

Materialer og hjælpestoffer	Enhed	Mængde
Returpapir	t/t	1,02
Vand	m ³ /t	10,6
Hjælpestoffer	kg/t	14
El	kWh/t	330
Gas	Nm ³ /t	115
Procesenergi		
El	GJ/t	1,2
Gas	GJ/t	4,6
Emissioner		
CO ₂	kg/t	265
SO ₂	kg/t	0
NOx	kg/t	0,7
Spildevand	m ³ /t	10,6
COD	kg/t	0,47
Suspenderet stof	kg/t	0,1
Restprodukt til genanvendelse i cementindustrien	kg/t	15
Affald til deponering	kg/t	7

Vurderes affaldet der tilføres cementindustrien, at have en brændværdi på 5 MJ/kg, bidrager affaldsmængden på 15 kg med i alt 75 MJ eller 0,075 GJ. Denne størrelse er marginal i forhold til det samlede energiforbrug på 5,8 GJ.

Indholdet af AOX i Skjern Papirfabriks spildevand er opgivet til 0,053 mg/liter. I henhold til fabrikkens godkendelse må koncentrationen ikke overstige 0,1 mg/l. Den udledte mængde regnes for forsvindende lille.

5.7 Fabriksbeskrivelse; Dalum Papir A/S

Cycluspapir fremstilles på Dalum Papir A/S' fabrik i Dalum ved Odense. På Dalum Papirfabrik A/S' fabrik i Maglemølle ved Næstved fremstilles cyclusmasse på basis af 100 % returpapir. I Dalum fremstilles cycluspapir på basis af den i Maglemølle fremstillede cyclusmasse.

5.7.1 Cyclusmasse fremstillet på Maglemølle

5.7.1.1 Procesbeskrivelse

Cyclusmassen fremstilles på selskabets afdeling Maglemølle ved Næstved. Råvaren er 100 % returpapir som typisk indeholder 10 % vand. Der oparbejdes ca. 285 tons returpapir pr. døgn (2001).

Returpapiret slæmmes i vand (fra Susåen; dette vand behandles inden det anvendes, men der er set bort fra kemikalieforbruget i forbindelse hermed). Vandet tilsættes natriumhydroxid, NaOH.

Opslæmningen sies gennem nogle siplader hvorved grovere fremmedstoffer (fx plast og metal) skilles fra. Dette rejekt betegnes i det følgende som "rejekt I". Det føres til forbrænding på det nærliggende affaldsforbrændingsanlæg FASAN.

Herefter tilsættes lidt Na-sæbe, og opslæmningen underkastes en flotationsproces hvorved andre urenheder (fyldstoffer, tryksvæerte mv.) skummes af. Dette rejekt kaldes i det følgende for "rejekt II". Det afvandes til ca. 60 % TS og føres til en udendørs oplagsplads indtil det med passende mellemrum afskibes med henblik på genanvendelse ved cementproduktion på Aalborg Portlands Rørdal-fabrik i Aalborg.

Massen vaskes derefter på en filterdug, bleges med brintperoxid (H_2O_2) samt med formamidinsulfinsyre (FAS) hvorefter den på ny floteres. De herved udskilte urenheder går også i rejekt II.

Endelig presses massen til et tørstofindhold på 50 %. Den læsses på jernbanevogne og transporteres til videre oparbejdning på Dalum Papirfabrik.

5.7.1.2 Spildevand

Presse vandet genanvendes i videst muligt omfang; det renses ved mikroflotation. Men noget vand må ledes bort og erstattes med frisk. Inden det kasserede vand ledes tilbage til Susåen, renses det i fabrikkens interne mekanisk/biologiske vandrensningsanlæg. Der fremkommer herved en mindre mængde slam, "rejekt III", der genanvendes som jordforbedringsmiddel ved udspreddning på marker.

Dalum Papir A/S har oplyst de i tabel 5.18 anførte spildevandsdata.

Tabel 5.18. Emissioner med spildevand ved fremstilling af cyclusmasse.

Emissioner	Enhed	Mængde
Spildevand	m ³ /adt	11,7
COD	kg/adt	1,48
AOX	kg/adt	0

5.7.1.3 Massebalance

Dalum Papir A/S har oplyst en række data for fremstillingen af cyclusmassen. Uanset at denne som nævnt fremstilles med et tørstofindhold på 50 %, refererer tallene til 1 ton "air dry" (adt) masse, dvs. med et tørstofindhold på 90 %.

Ud fra de oplyste data kan opstilles følgende massebalance gældende for 90 % TS:

Tabel 5.19 Massebalance – cyclusmassefremstilling.

Stof	Enhed	Mængde
Returpapir	t/t	1,58
Cyclusmasse	t/t	1,00
Rejekt I	t/t	0,02
Rejekt II	t/t	0,54
Rejekt III	t/t	0,02
Sum	t/t	1,58

Rejekt II består af 33 % fibre, 33 % fyldstof som kridt og kaolin og 33 % vand. Rejekt II genanvendes til produktion af cement, hvorved materialet i fyldstoffet såvel som brændværdien i papirfibrene udnyttes. Den samlede brændværdi af Rejekt II er 4,6 MJ/kg (Tang, 2003).

Det ses af tabel 5.19 at massebalancen stemmer (hvilket dog forudsætter at de tilførte kemikalier udledes med spildevandet, og dette er ikke nødvendigvis tilfældet). Spildevandsmængden er 11,7 m³ pr. adt. Det er i den forbindelse af mindre betydning at der rent faktisk går 0,5 m³ vand med hvert ton produceret masse til papirfabrikken i Dalum.

Der fremkommer intet affald til deponering på fabrikken.

5.7.1.4 Kemikalie- og vandforbrug

Forbruget af kemikalier er oplyst til de i tabel 5.20 angivne værdier. Spildevandsproduktion er 90 % af vandforbruget beregnet fra input og output af vand i det grønne regnskab, dvs. vandforbruget er 13 m³ pr. adt (11,7/0,9).

Tabel 5.20. Kemikalier og vand ved fremstilling af cyclusmasse.

Stof	Enhed	Mængde
Vand	m ³ /t	13
NaOH	kg/adt	26
FAS	Kg/adt	2
H ₂ O ₂ (100 %)	kg/adt	27
Andet	kg/adt	12

5.7.1.5 Energiforbrug

Til processen anvendes damp som produceres på fabrikkens eget naturgasfyrede dampkedelanlæg, samt el som købes fra det offentlige net.

Pr. adt forbruges 35,0 Nm³ naturgas.

Ved rent faktisk kun at afvande massen til 50 % TS sparer man at fordampe en ikke ubetydelig vandmængde. Til gengæld transporteres der en større vægtmængde, men ikke et større volumen, fra Maglemølle til Dalum.

Ved en brændværdi på 39,6 MJ/Nm³ repræsenterer gasforbruget en energimængde på 1,38 GJ/adt. Gassen er aske- og svovlfri, men producerer ved forbrændingen 62,5 g CO₂/MJ og 47 mg NO_x/MJ (baseret på emissionsmålinger).

Endvidere anvendes 361 kWh el pr. adt.

Tabel 5.21. Procesenergi og emissioner til luft ved fremstilling af cyclusmasse.

Procesenergi	Enhed	Mængde
Gas	GJ/adt	1,38
El	kWh/adt	361 = 1,3 GJ
Emissioner		
CO ₂ fra gas	kg/adt	86
NO _x fra gas	kg/adt	0,06

5.7.2 Fremstilling af cycluspapir på papirfabrikken i Dalum

5.7.2.1 *Procesbeskrivelse*

Papirfabrikken i Dalum aftager hele den mængde cyclusmasse der fremstilles på Maglemølle Papirfabrik hvorefter der suppleres med anden genbrugsmasse samt en mindre mængde nye fibre op til fabrikkens kapacitet på ca. 130.000 tons/år. Cyclusmassen/cellulosemassen udgør på tørstofbasis ca. 70 % af det færdige papir. Resten er fyldstoffer (især kridt), lim og andre hjælpestoffer.

Papirfabrikken i Dalum fremstiller 3 papirprodukter:

- Cyclus fremstillet af 100 % genbrugscellulose
- Cyclus print fremstillet af 100 % genbrugscellulose
- RePrint fremstillet af genbrugscellulose og nye fibre.

I det efterfølgende er der kun gennemført beregninger/opgørelser for fremstilling af Cyclus og Cyclus Print.

På Papirfabrikken i Dalum slæmmes den modtagne cyclusmasse fra Maglemølle i vand. Der iblandes tillige fyld- og hjælpestoffer hvorefter fibervællingen føres til papirmaskinen. Her afvandes massen først mekanisk og til sidst termisk. Processen fordrer således både elektrisk energi og varmeenergi i form af damp.

Fyld- og hjælpestoffer:

Fyld og hjælpestoffer består af flere varer som indgår i selve papirproduktet eller som hjælpestoffer til produktionen. Den største mængde er kridt, stivelse og kaolin. Kridt anvendes som fyldstof i samtlige papirtyper, og stivelse anvendes for at forbedre papirets styrke- og overfladeegenskaber.

Tilsætningen af kridt og kaolin mv. til cyclusmassen udgør ca. 315 kg pr. ton cyclusmasse.

5.7.2.2 *Spildevand*

En stor del af det i papirmaskinen benyttede vand recirkuleres. Noget må dog kasseres som spildevand, og da der tillige fordamper noget vand, må der spædes med 7,4 m³ vand pr. adt papir.

Spildevandet sendes til det kommunale rensningsanlæg hvorfor udledningen af COD sættes til 0.

Der fremkommer 0,11 kg affald pr. ton fra papirproduktionen (typisk størknet cotefarve).

5.7.2.3 *Energiforbrug*

Papirfabrikken i Dalum producerer selv hele dampforbruget og en del elforbruget. Dette sker i fabrikkens kraftcentral som har 2 dampkedler der fyres med naturgas, og 2 dampturbiner. Den resterende elmængde købes fra det offentlige net. Forbrugene andrager: gas 190 Nm³ svarende til 7,5 GJ/adt, og indkøbt el 794 kWh pr. adt papir.

Tabel 5.22. Procesenergi og emissioner til luft ved fremstilling af cycluspapir.

Procesenergi	Enhed	Mængde
Gas	GJ/adt	7,5
El	kWh/adt	794 = 2,86 GJ
Emissioner		
CO ₂ fra gas	kg/adt	468
NO _x fra gas	kg/adt	0,35

Ved en brændværdi på 39,6 MJ/Nm³ repræsenterer gasforbruget en energimængde på 7,5 GJ/adt. Gassen er aske- og svovlfri, men producerer ved forbrændingen 62,5 g CO₂/MJ og 47 mg NO_x/MJ (baseret på emissionsmålinger).

5.7.3 Samlet oversigt

I tabel 5.23 er de for 2001 gældende direkte data for Maglemølle og Dalum sammenstillet. Da der er tale om direkte data, vedrører emissionerne kun selve produktionen, herunder fyring med fossile brændsler, men ikke emissioner fra elforbruget. Disse og andre indirekte emissioner fra brændsels- og materialefremstillinger vil indgå i de endelige resultatberegninger.

Ud af 1,58 tons returpapir fås 1 ton cyklusmasse svarende til 0,63 ton cyklusmasse per ton returpapir.

Ud af 1 ton cyklusmasse samt 315 kg kridt/kaolin fås 1,315 tons cycluspapir. Det medfører at ud af 1,2 tons returpapir plus 240 tons kridt/kaolin fås 1 ton cycluspapir.

Tabel 5.23 Direkte data (2001) for fremstilling af 1 ton returpapirbaseret cycluspapir (TS = 90 %).

Materialer og hjælpestoffer	Enhed	Mængde
Returpapir	t/adt	1,20
Vand	m ³ /adt	17,3
NaOH	kg/adt	20
H ₂ O ₂	kg/adt	21
FAS	kg/adt	2
Andet	kg/adt	9
Kridt, kaolin	Kg/adt	240
Procesenergi		
El	kWh/adt	1.068 = 3,8 GJ
Naturgas	Nm ³ /adt	208
eller	GJ/adt	8,6
Emissioner		
CO ₂ - gas	kg/adt	533
NO _x - gas	kg/adt	0,4
Spildevand	m ³ /t	17,1
COD ¹⁴	kg/adt	1,12
AOX	kg/adt	0
Rejekt til cementproduktion	kg/adt	410

Rejektet der tilføres cementproduktionen har en brændværdi på 4,6 MJ/kg (Tang, 2003) og mængden på 410 kg bidrager derfor med i alt 1.886 MJ eller ca. 1,9 GJ. Indregnes energigenvindingen ved forbrænding af rejektet i det samlede energiforbrug på 12,4 GJ, reduceres energiforbruget ved fremstilling af 1 ton cycluspapir til $(12,4 \div 1,9) = 10,5$ GJ. I resultatberegningerne antages afbrænding af rejektet at fortrænge kul, der ellers ville være benyttet til cementproduktionen.

¹⁴ Kun fra massefremstilling.

5.8 Sammenligning af de danske fabrikkers energidata i 2002 med energidata i 1991/1992 anvendt i Miljøprojekt nr. 294

I tabel 5.24 er sammenlignet energidata på de danske fabrikker oplyst i 2002 med energidata oplyst i Miljøprojekt nr. 294. Energidata dækker fremstilling af 1 ton genbrugsprodukter.

Tabel 5.24. Sammenligning af energidata.

Samlet energiforbrug / ton	2002	Miljøprojekt nr. 294 (data fra 1991/1992)	Ændring fra 1991/1992 til 2002
Hartmann Tønder A/S	19,4 GJ	20,7 GJ	+ 1,3 GJ (+ 6 %)
El		4,2 GJ	
Gas	19,4 GJ	16,5 GJ	
Olie		0,04 GJ	
SCA Packaging Djursland A/S	7,17 GJ	6,82 GJ	+ 0,35 GJ (+ 5 %)
El	1,77 GJ	1,62 GJ	
Kul	3,5 GJ	3,3 GJ	
Halm	1,9 GJ	1,9 GJ	
Skjern Papirfabrik A/S	5,8 GJ	7,9 GJ	+ 2,1 GJ (+ 27 %)
El	1,2 GJ	1,8 GJ	
Gas	4,6 GJ	6,1 GJ	
Dalum Papir A/S	10,5 GJ	14,1 GJ	+ 3,6 GJ (+ 26 %)
El	3,8 GJ	0,18 GJ	
Gas	8,6 GJ	6,4 GJ	
Kul	- 1,9 GJ	7,5 GJ	

Som det fremgår af tabel 5.24, er der i perioden fra 1991/1992 til 2002 sket en væsentlig reduktion af energiforbruget pr. ton fremstillet produkt ved Skjern Papirfabrik A/S og Dalum Papir A/S, mens der er tale om en mindre reduktion ved Hartmann Tønder A/S. Kun SCA Packaging Djursland A/S har øget forbruget. Der er dog tale om en ganske lille forøgelse der muligvis kan skyldes usikkerhed ved dataopsamling.

For Dalum Papir A/S er der i de nye data indregnet energigenvinding i form af energi produceret på baggrund af rejekt fra produktionen, hvilket ikke var tilfældet i de tidligere data fra Miljøprojekt 294. Hvis denne energigenvinding ikke medregnes har Dalum Papir A/S en reduktion af energiforbruget på ca. 12 %.

5.9 Genvinding af aviser og ugeblade

5.9.1 Genvinding i Danmark

Aviser og ugeblade genvindes i Danmark til støbepap på Brdr. Hartmanns fabrik i Tønder og til pap på Brdr. Hartmanns fabrik i Skjern.

Fra tabel 4.3, scenarie 1 kan fordelingen mellem disse produktioner beregnes per 1 kg_AD genvundne aviser og ugeblade:

- 0,765 kg_AD støbepap
- 0,235 kg_AD pap.

Denne fordeling anvendes tillige for de øvrige scenarier.

I Danmark fremstilles støbepap overvejende ved genvinding, men CTMP indgår i produktionen af visse støbepap kvaliteter, og støbepap fremstilles på

enkelte udenlandske fabrikker ud fra CTMP. CTMP er derfor den primære pulptype man mest indlysende ville vælge hvis man ikke ville benytte returpapir. Primær støbepap er konstrueret ud fra tør CTMP-pulp (se beskrivelsen af denne i afsnit 5.1.2), hvor støbepapproduktionen fra Tønder er lagt til. Dette giver et reelt billede forudsat at produktionen er ikke-integreret.

Genvundet pap antages at fortrænge primær pap fremstillet ved integreret produktion fra sulfat- og CTMP-pulp, se afsnit 5.1.3.

5.9.2 Genvinding i udlandet

Aviser og ugeblade der eksporteres, bliver især genvundet til avispapir (Skogsindustrierna, 2002) (CEPI, 2002). Det har ikke været muligt at finde et værk i f.eks. Skogsindustriernes data (Skogsindustrierna, 2003) der udelukkende fremstiller genvundet avispapir, da de fleste svenske avispapirproducerende værker bruger både brugt papir og træ som råvarer. I stedet er der etableret procesdata for genvundet avispapir fra EUs såkaldte BAT noter (European Commission, 2001).

Data er indsamlet fra en række værker og er præsenteret som intervaller med en temmelig stor spredning. Tabel 5.25 viser de direkte data beregnet som gennemsnit af intervallerne. Da der er tale om direkte data vedrører emissionerne kun selve produktionen, herunder fyring med fossile brændsler, men ikke emissioner fra elforbruget. Disse og andre indirekte emissioner fra brændsels- og materialefremstilling vil indgå i de endelige resultatberegninger.

Der er en lille samproduktion af primær TMP papir som er modregnet ved undgået produktion af primær TMP papir. Denne samproduktion forklarer forbruget af træ.

Tabel 5.25. Direkte data (2001) for fremstilling af 1 ton returpapirbaseret avispapir (fugtindhold ikke oplyst)

Materialer og hjælpestoffer	Enhed	Mængde
Returpapir (avis)	t_AD/t	1,22
Pulp, sulfat ECF (primær)	t_AD/t	0,0109
Træ (råmateriale)	t_TS/t	0,088
Uspecificerede hjælpestoffer	t/t	0,09
Vand	m ³ /t	21,1
Procesenergi		
El	MWh/t	0,512
Træ, blødt TS (brændsel)	t_TS/t // GJ/t	0,109 // 2,0
Naturgas	t/t // GJ/t	0,14 // 6,77
Fuelolie, svær, (brændsel)	t/t // GJ/t	0,0287 // 1,18
Gasolie	t/t // GJ/t	0,0037 // 0,16
Emissioner		
CO ₂	kg/t	489
SO ₂	kg/t	0,59
NO _x	kg/t	0,78
Spildevand	m ³ /t	11,5
COD	kg/t	3,29
Deponi, restprodukter	kg/t	215
Undgået TMP papirproduktion fra TMP samproduktion	t_AD/t	- 0,0911

Genvundet avispapir antages at fortrænge primær avispapir fremstillet ved integreret produktion fra TMP pulp. Ifølge CEPIs statistik (CEPI, 2002) er produktion af tørret TMP pulp temmelig lille og det må tages som et udtryk for, at ikke-integreret produktion af primær avispapir ikke er almindeligt.

5.10 Genvinding af bølgepap

5.10.1 Genvinding i Danmark

Bølgepap genvindes i Danmark til fluting og liner på SCA Packagings fabrik i Grenå og til pap på Brdr. Hartmanns fabrik i Skjern.

Fra tabel 4.5, scenarie 1 kan fordelingen mellem disse produktioner beregnes per 1 kg_{AD} genvundne aviser og ugeblade:

- 0,862 kg_{AD} fluting og liner
- 0,138 kg_{AD} pap.

Denne fordeling anvendes tillige for de øvrige scenarier.

Genvundet fluting og liner fortrænger ikke direkte noget primært produkt, men data for primær fluting og liner er konstrueret af hensyn systemudvidelsen både opstrøms og nedstrøms som beskrevet i afsnit 5.1.2.

Genvundet pap antages at fortrænge primær pap fremstillet ved integreret produktion fra sulfat- og CTMP-pulp, se afsnit 5.1.3.

5.10.2 Genvinding i udlandet

Bølgepap der eksporteres, antages genvundet som fluting og liner. Til denne genvindingsproces er benyttet data fra (Fefco, Ondulé & Kraft, 2003).

Den genvundne fluting og liner fortrænger ikke direkte noget primært produkt, men data for primær fluting og liner er konstrueret af hensyn systemudvidelsen både opstrøms og nedstrøms som beskrevet i afsnit 5.1.2.

Det må antages, at den fortrængte fluting og liner er fremstillet ved ikke-integreret produktion. Denne produktion er estimeret ved til den primære fluting og liner (der nogenlunde er identisk med tørret pulp produktion) at tillægge genvindingsprocessen for fluting og liner, da denne rummer genpulping og fremstilling af fluting/liner.

5.11 Genvinding af blandet papir

5.11.1 Genvinding i Danmark

Blandet papir inkl. bedre kvaliteter genvindes i Danmark til fluting og liner på SCA Packagings fabrik i Grenå, til fint cycluspapir på Dalums papirfabrikker (pulp i Maglemølle og papir i Dalum), til støbepap på Brdr. Hartmanns fabrik i Tønder og til pap på Brdr. Hartmanns fabrik i Skjern.

Fra tabel 4.1, scenarie 1 kan fordelingen mellem disse produktioner beregnes per 1 kg_{AD} genvundne aviser og ugeblade:

- 0,286 kg fluting og liner
- 0,602 kg fint cycluspapir
- 0,0124 kg_{AD} støbepap
- 0,0994 kg_{AD} pap.

Denne fordeling anvendes tillige for de øvrige scenarier.

Cycluspapir antages at fortrænge primært finpapir fremstillet ved ikke-integreret produktion fra tør sulfatpulp, se afsnit 5.1.3.

Fortrængningen fra genvinding til støbepap er beskrevet i afsnit 5.9, og fortrængningen fra genvinding til fluting og liner er beskrevet i afsnit 5.10.

Genvundet pap antages at fortrænge primær pap fremstillet ved integreret produktion fra sulfat- og CTMP-pulp, se afsnit 5.1.3.

5.11.2 Genvinding i udlandet

Der er ingen nettoeksport af blandet papir da importen overstiger eksporten. Altså er der tale om en nettoimport som er lagt til det totale forbrug i Danmark. Der er en usikkerhed i denne måde at håndtere importen og eksporten på da det implicit er antaget at genvindingen i udlandet (Sverige og Tyskland) er ækvivalent med genvindingen i Danmark hvilket er en bedste approksimation.

6 Miljøvurderingens resultater

Miljøvurderingen præsenteres og kommenteres for de tre papirfraktioner: Blandet Papir, Aviser & Ugeblade samt Bølgepap hver for sig i nævnte rækkefølge. Først vises miljøkonsekvenserne pr. kg papir ved 100% genanvendelse henholdsvis 100% affaldsforbrænding i Referencescenariet. Det illustrerer den samlede miljømæssige forskel på at genvinde et kg papir mere eller mindre end i dag. Efterfølgende vises scenarier for en større samlet forøgelse hhv. reduktion af genanvendelse sat i forhold til den nuværende indsamling og genanvendelse, jfr. udviklingsscenerierne beskrevet i kapitel 4.

Resultaterne er vist vægtet ifølge UMIP metoden, se afsnit 3.8. I bilaget er vist de beregninger af miljøpåvirkninger, der går forud for vægtningen, samt talværdierne for alle figurerne. Med hensyn til energifigurerne er nogle af disse i bilaget vist opdelt på papirsystemernes kilder til energiforbrug.

Fremtidsscenerier

Alle miljøvurderinger vises for de to fremtidsscenerier beskrevet i kapitel 3:

- Fremtidsscenario 1: Vedmassen vil være ubegrænset i den fremtid, vi ser på. Den vedmasse, der spares/frigøres ved papirgenanvendelse, nyttiggøres ikke, men bliver i skoven
- Fremtidsscenario 2: Vedmassen er begrænset. Brug af vedmasse til papir afføder derfor, at en tilsvarende vedmasse ikke kan bruges andetsteds. Her antages, at brug af vedmasse afføder et tilsvarende forbrug af fossilt brændsel til energiformål.

Følsomhedsvurderinger

Som basis udføres miljøvurderingen for 100 % referencescenariet beskrevet i kapitel 4. Samtidig vises som resultaterne af følsomhedsvurderinger for:

- Papirgenvindingen antages at foregå i udlandet (Tyskland og Sverige) i stedet for i Danmark
- Øget papirgenanvendelse antages at frigøre kapacitet på affaldsforbrændingsanlæggene, der antages at tage affald ind fra tyske deponier svarende til den frigjorte kapacitet
- Det antages, at energi fra affaldsforbrændingen i fremtiden kun nyttiggøres som varme og ikke som i dag både el og varme.

Scenariernes forudsætninger diskuteres og fortolkes efterhånden som resultaterne præsenteres. Efterfølgende samles diskussionen op tværgående som oplæg til konklusionen i kapitel 8.

Cost/benefit overvejelser

Genanvendelse hhv. forbrænding af pap og papir har forskellige samfundsøkonomiske konsekvenser, og samfundsøkonomien kan være afgørende for beslutningen. Samfundet bruger i forvejen penge på miljømæssige tiltag, herunder bl.a. tiltag til CO₂ reduktion i henhold til Kyoto aftalen. Med stor forskel i samfundsomkostningen ved genanvendelse hhv. forbrænding er det derfor relevant at se på, om forskellen i omkostning står i rimeligt forhold til den miljømæssige forskel mellem alternativerne. Det er ikke inden for ram-

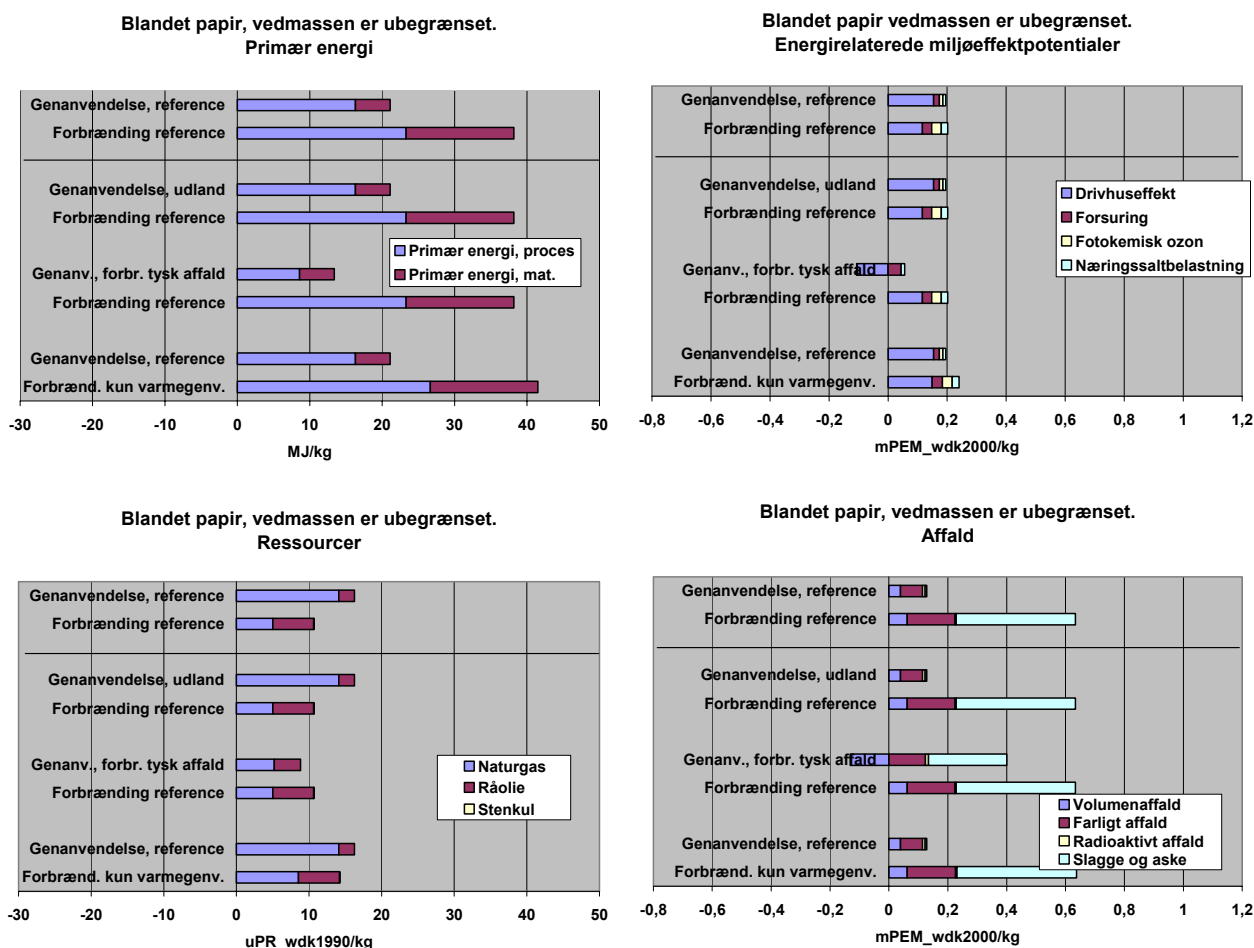
merne af projektet at udføre en egentlig samfundsøkonomisk analyse, men af hensyn til helheden og tolkningen af resultaterne belyses emnet overordnet sidst i kapitlet.

6.1 Blandet Papir

Papirfraktionen Blandet Papir er mængdemæssigt den mest betydende og præsenteres først. For hvert fremtidsscenario gennemgås miljøvurderingen, og baggrunden for resultaterne forklares. I det omfang ændringerne i beregningsforudsætninger medfører væsentlige ændringer i miljøvurderingen forklares grunden hertil, ligesom baggrunden for, at miljøvurderingen falder forskelligt ud for de to fremtidsscenarier, forklares. For de øvrige papirfraktioner lægges efterfølgende vægt på at forklare forskellene til Blandet Papir.

6.1.1 Fremtidsscenario 1. Ubegrænset vedmasse og ingen nyttiggørelse af frigjort vedmasse

Figur 6.1 viser miljøvurderingen for Blandet Papir inden for rammerne af Fremtidsscenario 1.



Figur 6.1. Miljøkonsekvenser af 100 % genanvendelse versus 100 % forbrænding pr. kg af papirfraktionen Blandet Papir under forudsætning af, at vedmassen i fremtiden er ubegrænset, og at vedmasse, der frigøres ved papirgenanvendelse, ikke nyttiggøres, men forbliver i skoven

6.1.1.1 Primær energi

Referencescenariet:

Figuren viser et velkendt billede, nemlig at der anvendes mere energi til at fremstille nyt papir end til at genvinde papir. Der bruges således samlet mere primær energi i systemet, når papiret forbrændes, fordi det afføder fremstilling af nyt papir.

Figuren viser, at systemets energiforbrug ved forbrænding af papiret bliver godt 50 % større end ved genanvendelse af papiret. Forskellen skyldes væsentligst, at træmassen ved fremstilling af nyt papir først skal raffineres, hvorefter papiret kan fremstilles og tørres. Ved genvinding af papir anvendes den allerede raffinerede træmasse, således at det kun er energien til at genopbløde og tørre papirmassen, der skal anvendes. Energien til raffinering er væsentlig, som det fremgår af figuren.

Genanvendelse i udlandet:

Billedet er det samme, hvis det antages, at papiret genvindes i Tyskland i stedet for Danmark.

Nyttiggørelse af frigjort forbrændingskapacitet:

En stor del af husholdningsaffaldet er i dag fortsat papir, og papir optager derfor kapacitet på affaldsforbrændingsanlæggene. Hvis papirindsamling og – genanvendelse øges, vil det frigøre kapacitet på forbrændingsanlæggene, og det er sandsynligt, at en frigjort kapacitet vil blive anvendt til at tage affald ind, som ellers ville være deponeret i Tyskland (Miljøstyrelsen, 2003). Det vil føre til en nyttiggørelse af energi, som ellers ville gå til spilde på deponierne og dermed føre til et mindre resulterende energiforbrug fra systemet med papirgenanvendelse.

Som figuren viser, vil systemets samlede forbrug af primær energi under denne forudsætning være dobbelt så stort ved forbrænding af papiret som ved genanvendelse. Denne situation er reel, så længe der fortsat er overskud af affald til deponi i Tyskland, og såfremt man fra tysk side vil vælge at betale danske forbrændingsanlæg for at aftage dette affald frem for at bygge forbrændingsanlæg selv. Situationen afspejler en sandsynlig fremtid på kort sigt, hvor kapaciteten på eksisterende forbrændingsanlæg er styrende for de pågældende affaldsstrømmes skæbne. På længere sigt kan beslutninger om nyinvesteringer i anlæg imidlertid ophæve gyldigheden af denne forudsætning. Den skal derfor betragtes som et kort-tids scenario med gyldighed fx max. 5 år ud i tiden. Efter den tid kan forudsætningen fortsat være gyldig, men det er ikke muligt at sige med sikkerhed.

Kun varmeproduktion på forbrændingsanlæggene:

Det har været nævnt, at forbrændingsanlæggene i fremtiden muligvis går over til kun at producere varme og ikke el og varme som i dag (Miljøstyrelsen, 2003). Varme nyttiggøres imidlertid kun i ringe grad i det samlede energisystem, fordi der i forvejen er overskud af varme bundet til el-produktionen på kraft/varme-værker. Størstedelen af året vil en varmeproduktion fra affaldsforbrænding derfor fortrænge el-bundet varme (dvs. medføre at el-bundet varme går til spilde) og ikke føre til en netto nyttiggørelse.

Konsekvensen af dette vil være, at systemet med forbrænding af papir vil få et højere nettoforbrug af primær energi, som figuren viser, således at energiforbruget ved forbrænding af papir også her vil være det dobbelte af forbruget ved genanvendelse af papir.

6.1.1.2 *Ressourcer*

De ressourcer, der forbruges i papirsystemet, er for en stor del fossile brændsler. Papirsystemet bruger desuden store mængder træ, både som brændsel og som materialeindhold i papiret. Men når ressourcetrækket vægtes, som gjort i figuren efter UMIP metoden, vises ressourcetrækket som et nettotræk på jordens reserver af de pågældende ressourcer, og forbruget af træ udgår derfor, fordi det i dette scenario er antaget, at træ er ubegrænset. Forudsætningen om ubegrænset vedmasse i fremtiden betyder netop, at papirproduktionen ikke fører til noget nettoforbrug af træ, idet træ under denne forudsætning er i overskud og blot ville forgå i skoven, hvis det ikke blev hentet ud og nyttiggjort.

Som det fremgår, er det vægtede ressourceforbrug i dette scenario størst, når papiret genanvendes, omkring en halv gang større end når det forbrændes. Det gælder systemet under referencescenariets forudsætninger for genvinding både i Danmark og udlandet. Hvis den kapacitet, der ved øget papirgenanvendelse frigøres på forbrændingsanlæggene, i fremtiden nyttiggøres til at brænde tysk affald, eller hvis der i fremtiden kun udnyttes varme fra forbrændingsanlæggene og ikke el, bliver ressourcetrækket imidlertid omtrent lige for genanvendelse og forbrænding.

6.1.1.3 *Energirelaterede miljøeffekter*

Det ses, at systemets bidrag til drivhuseffekten under referenceforudsætningerne er større ved genanvendelse end ved forbrænding af papiret. Det skyldes, at hovedparten af energien til systemet med forbrænding stammer fra vedmasse, der forudsættes ubegrænset og som er CO₂-neutralt. Det drivhuseffektbidrag, der er i forbrændingsscenariet, stammer fra systemets el-forbrug, der i overensstemmelse med LCA metodeforskrifter forudsættes at hidrøre fra det berørte samfunds marginale el-produktion, der er baseret på naturgas (se afsnit 3.5.2.1). Når de øvrige energirelaterede miljøeffekter indregnes, ses forskellen at udligne sig, således at der resulterende ikke er større bidrag til energirelaterede miljøeffekter ved genanvendelse af papiret end ved forbrænding.

Billedet ses at være det samme ved genvinding i udlandet som ved genvinding i Danmark.

Hvis forbrændingsanlæggene fremover kan tage tysk affald ind som følge af øget papirgenanvendelse, vil det afføde et stærkt reduceret bidrag til drivhuseffekten, så stærkt at der er tale om en netto undgået drivhuseffekt. Det skyldes at en stor del af affaldet er organisk og af biologisk oprindelse, hvorfor forbrænding på danske forbrændingsanlæg dels medfører, at methandannelse på deponiet undgås fra affaldet, dels fortrænger fossilt brændsel og giver CO₂ reduktion uden selv at bidrage med CO₂ udledning, da det er CO₂-neutralt.

Hvis forbrændingsanlæggene kun producerer varme ses dette at medføre lidt større bidrag til de energirelaterede miljøeffekter fra forbrænding end fra genanvendelse af papiret.

6.1.1.4 *Affald*

Affaldsmængderne ses at være væsentligt større for forbrænding af papir end for genanvendelse af papir. Den væsentligste årsag er, at papiret indeholder relativt meget kalk, kaolin og andre uorganiske forbindelser, der ved forbrænding bidrager til slagge og aske, men som ved genvinding for en stor del

nyttiggøres i det genvundne pap. Der opstræder endvidere mere farligt affald i systemet, når papiret forbrændes, hvilket kan stamme fra affald fra produktion af primære papir, da man jo ikke som ved genvinding undgår produktion heraf.

Hvis en frigjort kapacitet på forbrændingsanlæggene udnyttes til afbrænding af affald fra tyske deponier, fører det naturligt til en reduceret mængde deponeret affald, kaldet volumenaffald i figuren. Samtidig bidrager forbrændingen af dette affald naturligvis tilsvarende til slagge og aske.

6.1.1.5 Opsamlende fortolkning

Energiforbrug:

Forskellen i energiforbrug mellem genanvendelse og forbrænding af papir er meget robust og ikke følsom for forskellige antagelser om, hvordan fremtiden ser ud. Det skyldes, at forskellen er betinget af det grundlæggende tekniske og naturgivne energiforbrug, det koster at raffinere træmassen. Som det vil fremgå, vil de øvrige scenarier og de øvrige papirtyper vise stort set det samme billede.

De energirelaterede miljøeffekter er mere følsomme for antagelserne om fremtiden.

Vedmassen:

Det første fremtidsscenarios grundforudsætning er, at vedmassen er ubegrænset i den fremtid, vi ser på, og at samfundet ikke nyttiggør den vedmasse, der spares ved papirgenanvendelse, til andre formål. Den praktiske konsekvens af dette er, at systemet – under antagelserne i referencescenariet – summa summarum anvender mere CO₂-neutral bio-brændsel som energi til at drive systemet. Selv om systemet bruger 50 % mere energi, er forbrændingen af papir altså en måde at tvinge bio-brændsel ind i systemet på, fordi fremstillingen af nyt papir overvejende anvender bio-brændsel, mens fremstillingen af genvundet papir typisk anvender fossilt brændsel. Derfor vil systemet, under disse forudsætninger, bidrage mindre til drivhuseffekten, når papiret brændes, end når det genanvendes. Bemærk, at dette ikke skyldes *papirsystemets* forbrug af energi, men at *energisystemet* på de returpapirforbrugende fabrikker er baseret på fossil energi. Hvis returpapir fabrikkerne brugte vedmasse som brændsel i samme grad som nypapir-fabrikkerne, ville genvinding naturligvis give en lige så stor fordel for de energirelaterede miljøeffekter, som set for energiforbruget i sig selv.

Forbrændingskapacitet:

Hvis der i den fremtid, vi ser på, fortsat deponeres organisk affald i dele af det omliggende samfund, kan en frigørelse af forbrændingskapacitet føre til øget afbrænding og reduceret deponering af sådant affald, og det vil føre til, at genanvendelsesscenariet bidrager meget mindre til drivhuseffekten – og de samlede energirelaterede miljøeffekter – end forbrændingsscenariet. Hvis det er overvejende sandsynligt, at dette vil ske, er det billede af de energirelaterede miljøeffekter, der præsenteres under denne antagelse, den mest sandsynlige konsekvens af øget papirgenanvendelse for den nære fremtid under dette scenariums grundforudsætninger.

Ressourceforbrug:

Forskellen i ressourceforbrug er tilsvarende følsom for antagelser om fremtiden. Under antagelse om nyttiggørelse af den frigjorte kapacitet på forbrændingsanlæggene repræsenterer dette scenario det mest sandsynlige billede af papirgenanvendelsens konsekvenser for ressourcetrækket i den nære fremtid.

Affald:

Forskellene i affaldsdannelse er mindre følsomt for antagelserne og viser en robust fordel for papirgenanvendelsen.

6.1.2 Fremtidsscenario 2. Begrænset vedmasse

Der er i dag vedmasse i overskud i Europas skove, og tal for den nuværende tilvækst og hugst viser, at overskuddet er omkring 200 mio. m³ vedmasse/år (Nabuurs et al., 2003). Denne situation kan imidlertid ændre sig i den fremtid, vi ser på.

Fremtidsscenario 2 repræsenterer et scenario, hvor vedmassen er begrænset, dels fordi tilgængeligheden af andre brændsler (især olie) falder, dels fordi Europa er interesseret i vedmassen som mulighed for at reducere CO₂ udledningerne fra energisektoren. EU har påtaget sig at reducere den hidtidige CO₂ udledning på ca. 4 mia. tons/år med 8 %, svarende til en reduktion på ca. 320 mio. tons CO₂/år.

Hvis det samlede overskud af vedmasse på 200 mio. m³/år anvendes til energiproduktion under fortrængning af kul, vil det kunne reducere CO₂-udledningen med omkring 100 mio. tons/år svarende til omkring 2,5 % af EU's udledning, eller kun ca. 1/3 af målet. Det er imidlertid ikke sandsynligt, at det samlede overskud er teknisk og økonomisk tilgængeligt, og det er ikke kun kul, der fortrænges men også andre fossile brændsler. Så realistisk er det maksimale bidrag til CO₂-reduktion fra vedmassen nok mindre, svarende til måske 2 % af EU's udledning. En nærmere vurdering af et realistisk tal kræver en mere nuanceret betragtning og en prisdifferentiering efter geografisk lokalisering og tilgængelighed af vedmassen. Ydermere er det ikke Kyotoaftalens hensigt, at bestræbelserne på at reducere CO₂ udledninger stopper ved de 8 %.

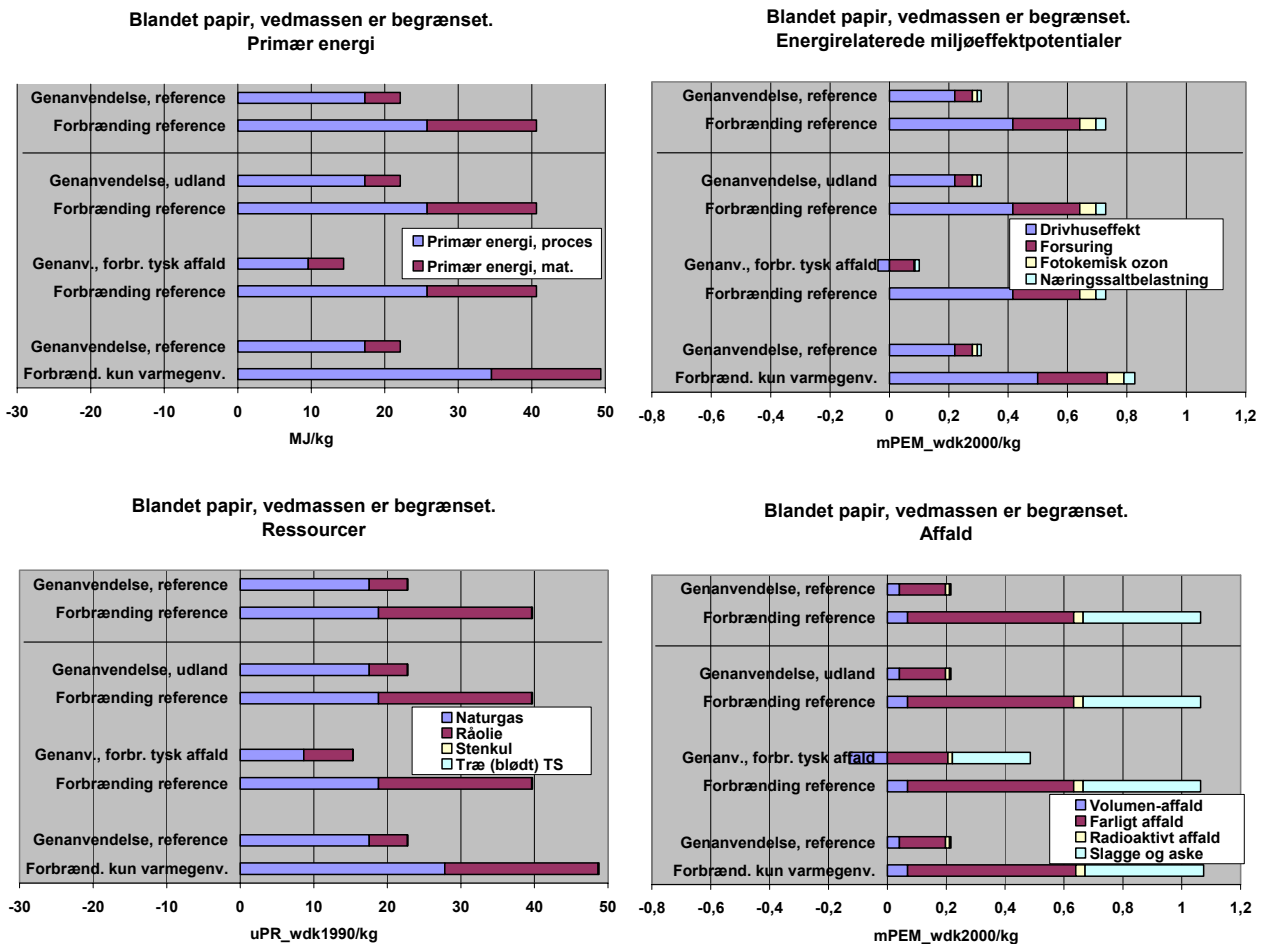
De seneste prognoser for forsyningshorisonten af olie (Teknologirådet, 2003) peger på, at olien inden længe bliver mere sparsom, og at efterspørgslen efter andre brændsler som følge heraf vil stige i nær fremtid. Endvidere vil behovet for nye brændsler øges yderligere med stigende efterspørgsel og forbrug af energi. Siden 1990 er EU's energiforbrug steget med omkring 1 % om året, og denne udvikling forventes at fortsætte.

I et scenario, hvor Europa i stigende grad efterspørger nye og evt. CO₂-neutrale brændsler til energiforsyningen, er det derfor ikke givet, at vedmassen er i overskud, den kan let blive begrænset pga. efterspørgsel til energiformål.

En konsekvens af, at vedmassen er begrænset af efterspørgsel til energiformål kan blive, at det ikke er muligt at reducere forbruget af fossile brændsler i samme tempo, som man ville kunne med ubegrænset vedmasse. I en sådan situation er det sandsynligt, at et ekstra forbrug af vedmasse sker på bekostning af en tilsvarende anvendelse af fossile brændsler til energi. Vedmassen vil med andre ord ikke være marginal i et sådant scenario, det vil derimod fossilt brændsel. Den miljømæssige konsekvens af dette er illustreret i Figur 6.2.

Miljømæssige konsekvenser:

Det ses, at både miljøeffekter, ressourceforbrug og affaldsdannelse er væsentligt forøgede i dette scenario, både for genanvendelse og forbrænding af papir. Det skyldes, at alt energiforbrug i systemet nu hidrører fra fossilt brændsel, fordi dette er marginalen også for forbruget af træ. Det ses endvidere, at forbrænding af papir under alle antagelser om fremtiden bidrager omkring dobbelt så meget eller mere til miljøeffekter, ressourceforbrug og affaldsdannelse.



Figur 6.2. Miljøkonsekvenser af 100 % genanvendelse versus 100 % forbrænding pr. kg af papirfraktionen Blandet Papir under forudsætning af, at vedmassen i fremtiden er begrænset

Denne robusthed for variationer i antagelser om fremtiden skyldes, at både miljøeffekter, ressourceforbrug og affaldsdannelse entydigt er styret af energiforbruget, da det i den sidste ende trækker på de samme fossile brændsler for både genanvendelses- og forbrændings-scenarierne.

6.1.2.1 Opsamlende fortolkning

Sandsynligheden for, at vedmassen kan blive begrænset inden for en overskuelig fremtid betyder, at miljøvurderingen bør fortolkes i både den nære og den lidt fjernere fremtid.

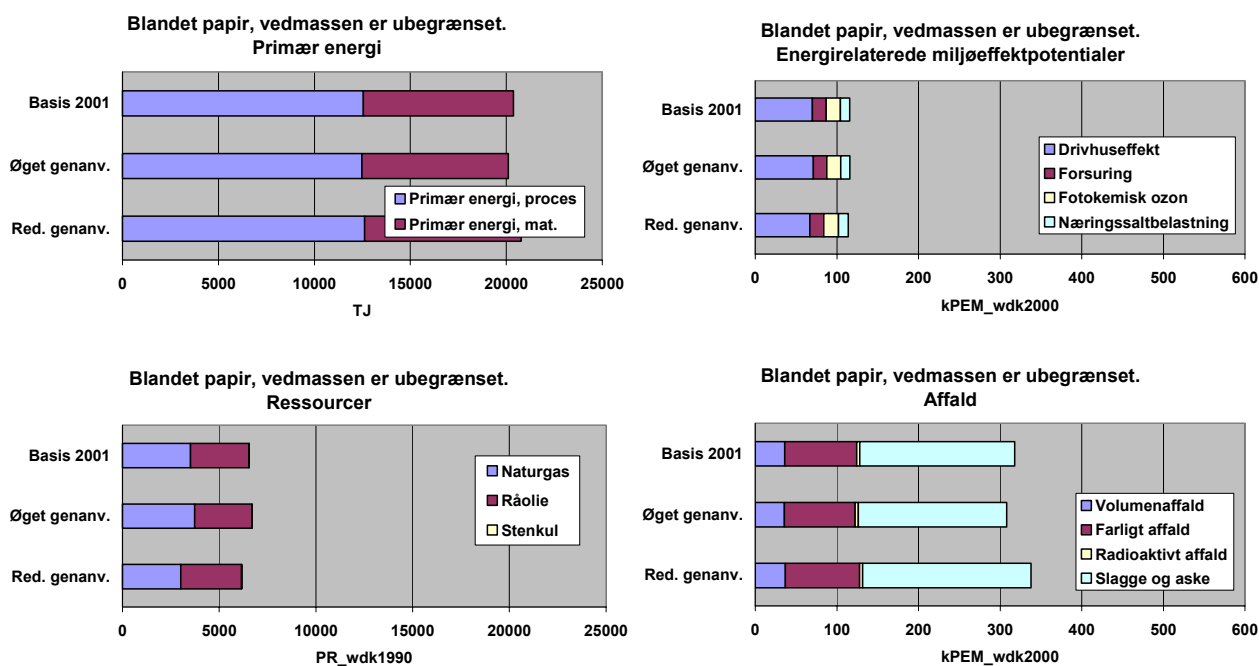
I den nære fremtid (< 5 år) vil der sandsynligvis fortsat være større tilvækst end hugst af vedmasse i Europas skove. Det kræver en nærmere vurdering at afgøre det endeligt. Men det er inden for samme tidshorisont, at kapaciteten

på eksisterende forbrændingsanlæg vil være bestemmende for, hvor meget affald der kan forbrændes i stedet for at deponeres. Det er endvidere et spørgsmål, om det giver mening, vedmassens alder taget i betragtning, at se på forskellen mellem tilvækst og hugst i så kort et tidsperspektiv, eller om et evt. overskud af vedmasse under alle omstændigheder skal vurderes i et lidt længere perspektiv.

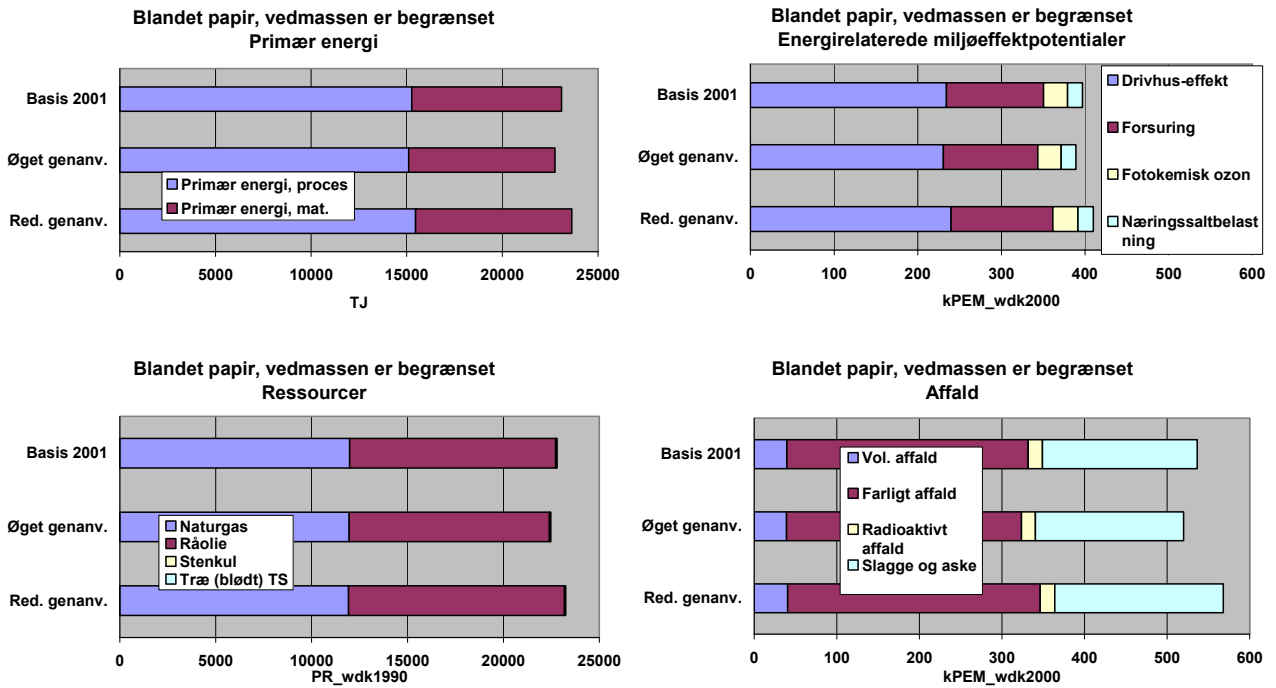
I den fjernere fremtid (> 5 år) er det usikkert, om vedmasse er i overskud. De seneste års udvikling i de internationale bestræbelser på at finde CO₂-neutrale energikilder og udviklingen i oliereserverne peger på, at vedmassen inden længe kan blive begrænset af efterspørgsel efter bio-brændsler.

6.1.3 Samlet ændring af genanvendelsesprocenten

De viste miljøvurderinger pr. kg papir forholderes nu til den samlede potentielle forøgelse hhv. reduktion af papirgenanvendelsen, der er beskrevet i kapitel 4. Forskellene mellem genanvendelse og forbrænding er nøjagtigt de samme pr. kg., men her er de blot ganget op med de aktuelle antal tons/år. Dette er gjort for at vise skalaens betydning og forskellene sat i relation til miljøeffekterne fra det samlede papirsystem i Danmark, se figurerne 6.3 og 6.4. Derfor vises også kun referencescenarierne, og der kommenteres kun meget kortfattet på figurerne.



Figur 6.3. Miljøkonsekvenser af øget hhv. reduceret genanvendelse for de aktuelle totalmængder pr. år af papirfraktionen Blandet Papir under forudsætning af, at vedmassen i fremtiden er ubegrænset, og at vedmasse, der frigøres ved papirgenanvendelse, ikke nyttiggøres, men forbliver i skoven



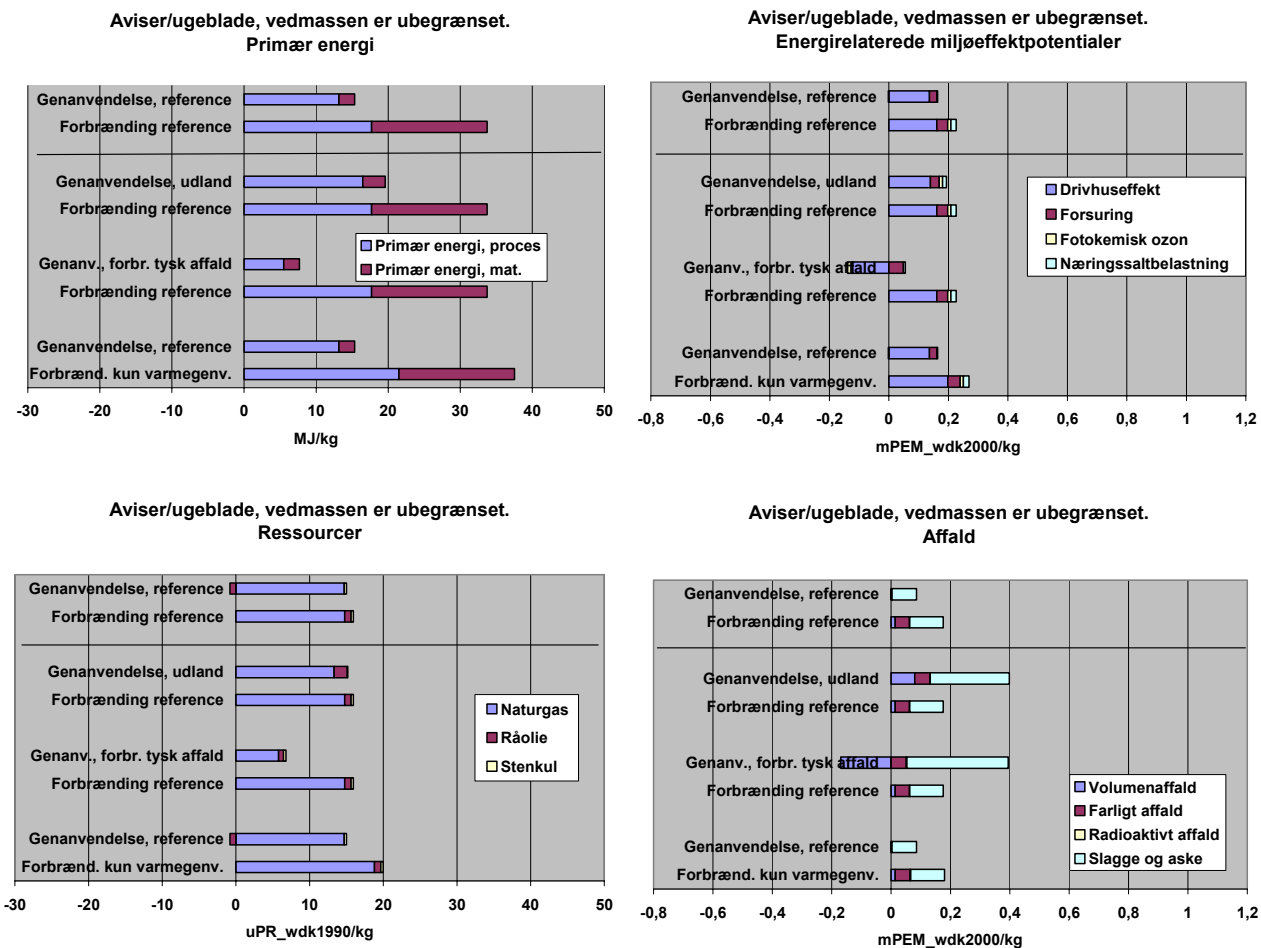
Figur 6.4. Miljøkonsekvenser af øget hhv. reduceret genanvendelse for de aktuelle total mængder pr. år af papirfraktionen Blandet Papir under forudsætning af, at vedmassen i fremtiden er begrænset

Selv om forskellene mellem genanvendelse og forbrænding er store, er den relative betydning i forhold til det samlede papirsystem ikke så stor. Det skyldes imidlertid blot, at de aktuelle forøgelser hhv. reduktioner af papirgenanvendelsen ikke udgør en større procentdel af det samlede system.

6.2 Aviser og ugeblade

De samme scenarier som netop gennemgået for papirfraktionen Blandet Papir, gennemgås nu for fraktionen Aviser & Ugeblade. Der er i vid udstrækning tale om det samme billede, hvorfor der her kun kommenteres på de forhold, der er væsentligt forskellige fra Blandet Papir.

Figur 6.5 viser miljøvurderingen inden for rammerne af Fremtidsscenario 1.

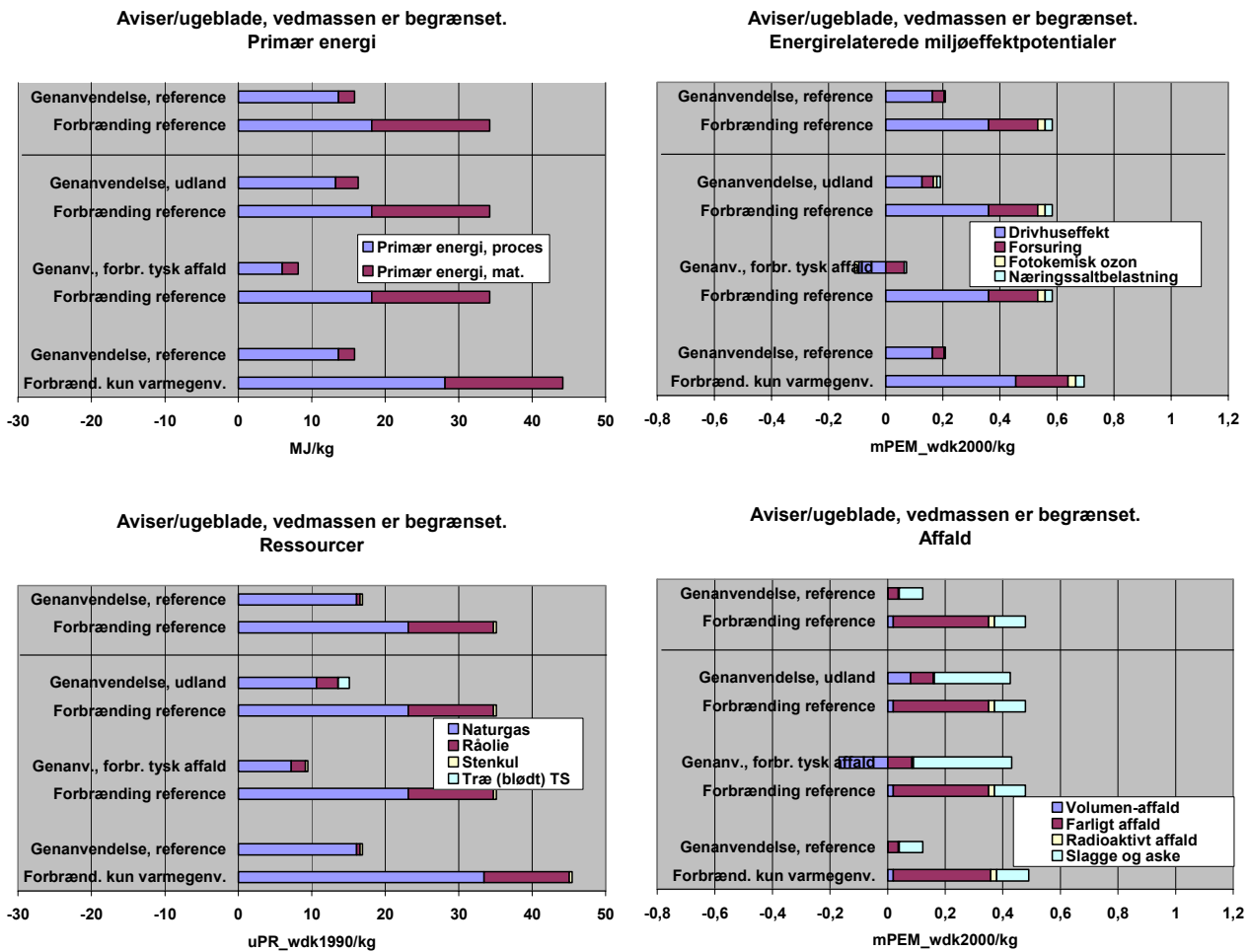


Figur 6.5. Miljøkonsekvenser af 100 % genanvendelse versus 100 % forbrænding pr. kg af papirfraktionen Aviser & Ugeblade under forudsætning af, at vedmassen er ubegrænset, og at vedmasse, der frigøres ved papirgenanvendelse, ikke nyttiggøres, men forbliver i skoven

Forbrænding af papirfraktionen Aviser & Ugeblade giver i Fremtidsscenario 1 større bidrag til hver af de energirelaterede miljøeffekter. Det skyldes, at en væsentligt større del af fraktionen Aviser & Ugeblade er baseret på Termo-Mekanisk Pulp (TMP) eller Kemisk-Termo-Mekanisk Pulp (CTMP), for hvilke det overvejende energiforbrug er elektricitet. Da energimarginalen for elektricitet er fossil energi i alle scenarier, slår det større energiforbrug ved fremstilling af nyt papir igennem for Aviser & Ugeblade allerede i dette fremtidsscenarios referenceforudsætninger.

De analyserede ændringer i antagelserne viser i øvrigt samme billede som for Blandet Papir.

Figur 6.6 viser miljøvurderingen inden for rammerne af Fremtidsscenario 2.

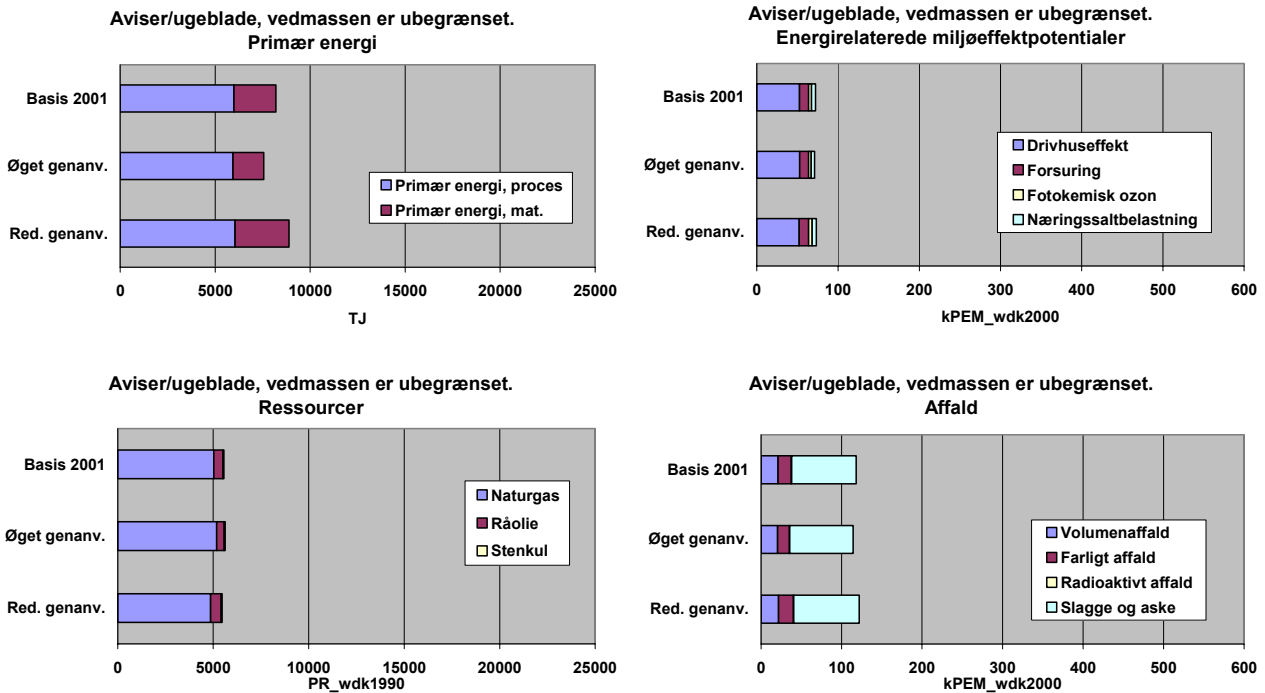


Figur 6.6. Miljøkonsekvenser af 100 % genanvendelse versus 100 % forbrænding pr. kg af papirfraktionen Aviser & Ugeblade under forudsætning af, at vedmassen i fremtiden er begrænset

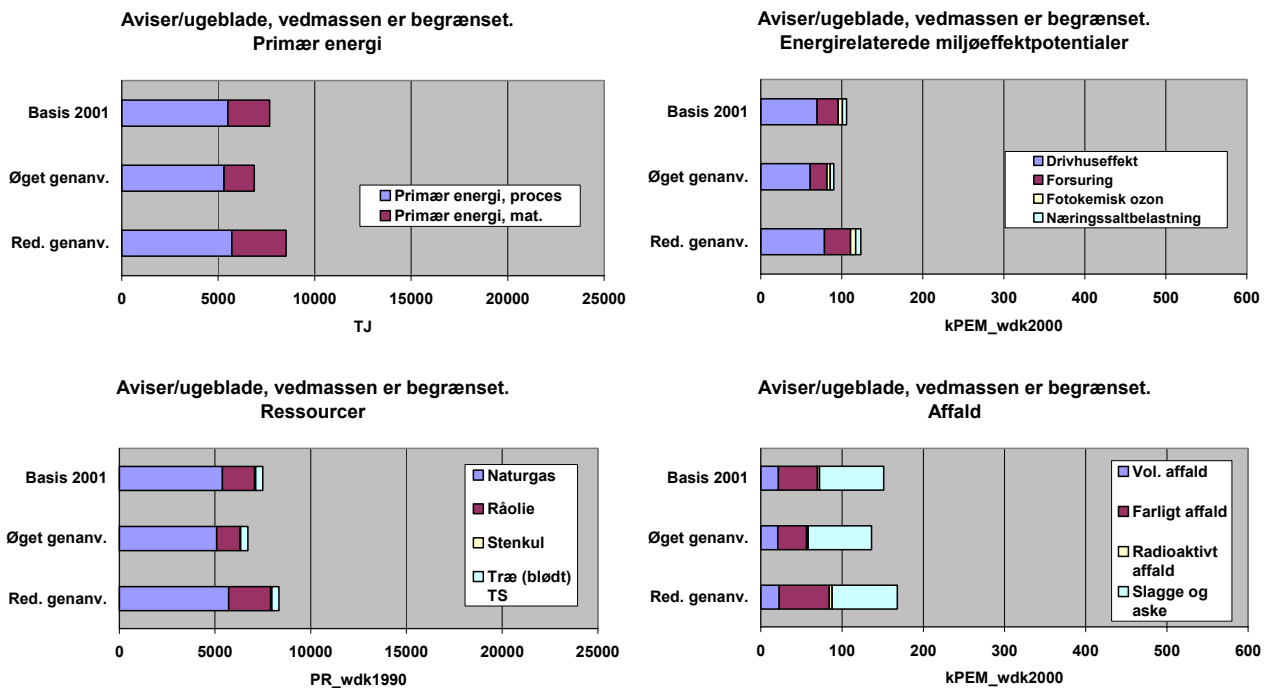
Billedet er det samme som for Blandet Papir.

6.2.1 Samlet ændring af genanvendelsesprocenten

På samme måde som for Blandet Papir udtrykkes miljøvurderinger nu for den aktuelt studerede forøgelse hhv. reduktion af genanvendelsesprocenten, se Figur 6.7 – 6.8.



Figur 6.7. Miljøkonsekvenser af øget hhv. reduceret genanvendelse for de aktuelle totalmængder pr. år af fraktionen Aviser & Ugeblade under forudsætning af, at vedmassen i fremtiden er ubegrænset, og at vedmasse, der frigøres ved papirgenanvendelse, ikke nyttiggøres, men forbliver i skoven



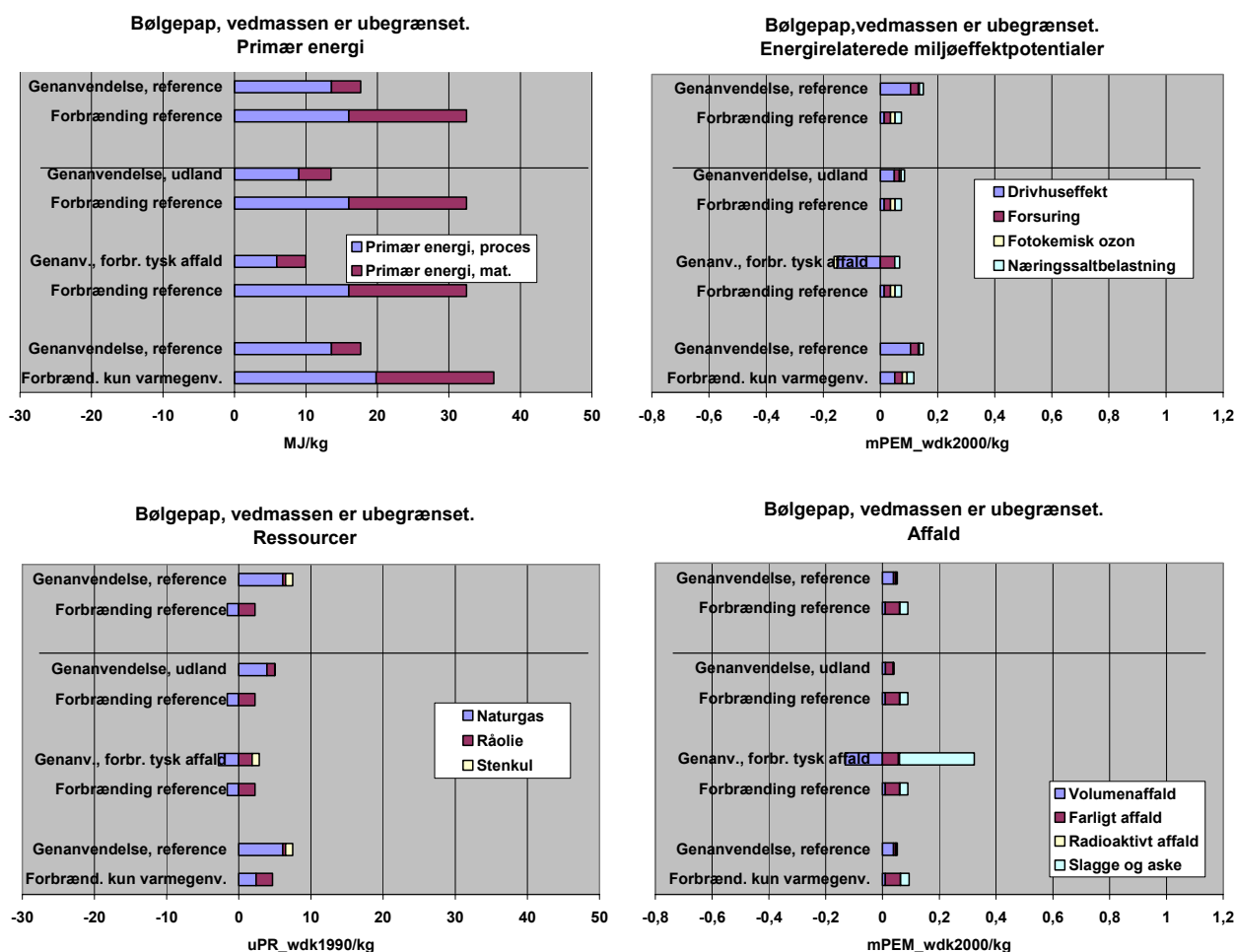
Figur 6.8. Miljøkonsekvenser af øget hhv. reduceret genanvendelse for de aktuelle totalmængder pr. år af papirfraktionen Aviser & Ugeblade under forudsætning af, at vedmassen i fremtiden er begrænset

Papirfraktionen Aviser & Ugeblade ses totalt set at være lidt mindre miljøbelastende end Blandet Papir, men i øvrigt er billedet det samme.

6.3 Bølgepap

De samme scenarier som gennemgået for de to foregående papirfraktioner gennemgås til sidst for Bølgepap. Der kommenteres her på de forhold, der er væsentligt forskellige fra Blandet Papir.

Figur 6.9 viser miljøvurderingen af Bølgepap inden for rammerne af Fremtidsscenario 1.



Figur 6.9. Miljøkonsekvenser af 100 % genanvendelse versus 100 % forbrænding pr. kg af papirfraktionen Bølgepap under forudsætning af, at vedmassen i fremtiden er ubegrænset, og at vedmasse, der frigøres ved papirgenanvendelse, ikke nyttiggøres, men forbliver i skoven

Der ses at være stor forskel på de energirelaterede miljøeffekter ved genanvendelse hhv. forbrænding af bølgepap under referenceforudsætningerne inden for dette fremtidsscenario. At forskellen er så signifikant for bølgepap skyldes, at fremstilling af nyt bølgepap er antaget at være baseret næsten udelukkende på træ, og at der er antaget et relativt stort energioverskud fra fremstilling af nyt bølgepap, som "eksporteres" til det omliggende samfund og dermed fortrænger fossilt brændsel.

Ved genanvendelse i udlandet, for bølgepap antaget mest Tyskland, er der ingen signifikant forskel på de energirelaterede miljøeffekter ved genanvendelse hhv. forbrænding. Dette skyldes, at den genvundne råvare til bølgepap - fluting og liner - her antages at fortrænge primær fluting og liner fra ikke-integrerede værker, hvor den i Danmark antages at fortrænge primær

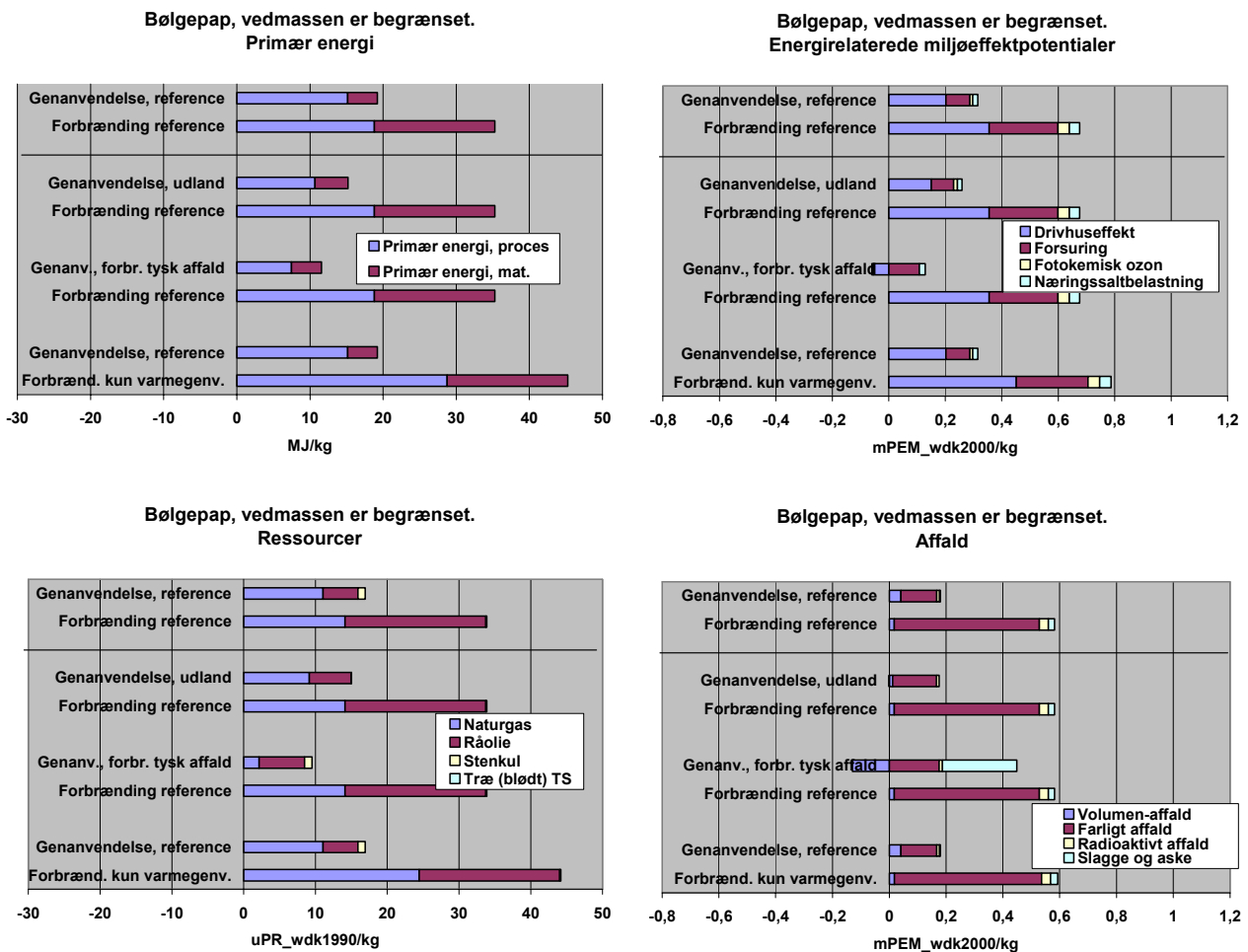
fluting og liner importeret fra f.eks. Sverige fra integrerede værker. Fluting og liner produceret på integrerede værker har ikke et ekstra energiforbrug til opblødning og tørring af importeret tørret pulp. Det er et godt spørgsmål om genanvendelse af bølgepap i Danmark ligeledes vil fortrænge fluting og liner fra ikke-integrerede værker, da dette ville være tilfældet hvis man i stedet for genanvendelsesproduktion havde en produktion af primær fluting og liner i Danmark. I så fald ville der ikke være markant forskel på genanvendelse og forbrændingsscenariet med hensyn til de energirelaterede miljøeffekter.

Som det fremgår, vil en nyttiggørelse af frigjort kapacitet på forbrændingsanlæggene også for bølgepap betyde at miljøfordelene ved genanvendelse bliver større end ved forbrænding inden for rammerne af Fremtidsscenario 1.

Der ses endvidere at være signifikant mindre slagge og aske fra forbrænding af bølgepap end fra forbrænding af de øvrige papirfraktioner. Det skyldes, at der til bølgepap ikke anvendes de store mængder uorganiske tilsætningsstoffer. Der anvendes store mængder organiske tilsætningsstoffer, fx stivelse til lim, men det forsvinder i forbrændingen.

Figur 6.10 viser miljøvurderingen af Bølgepap inden for rammerne af Fremtidsscenario 2.

Når vedmassen antages at være begrænset ses billedet at vende markant til fordel for genanvendelse af bølgepap. Når forskellen mellem Fremtidsscenario 1 og 2 er så signifikant for bølgepap skyldes det, at den altovervejende del af energien i dette tilfælde hidrører fra træ.

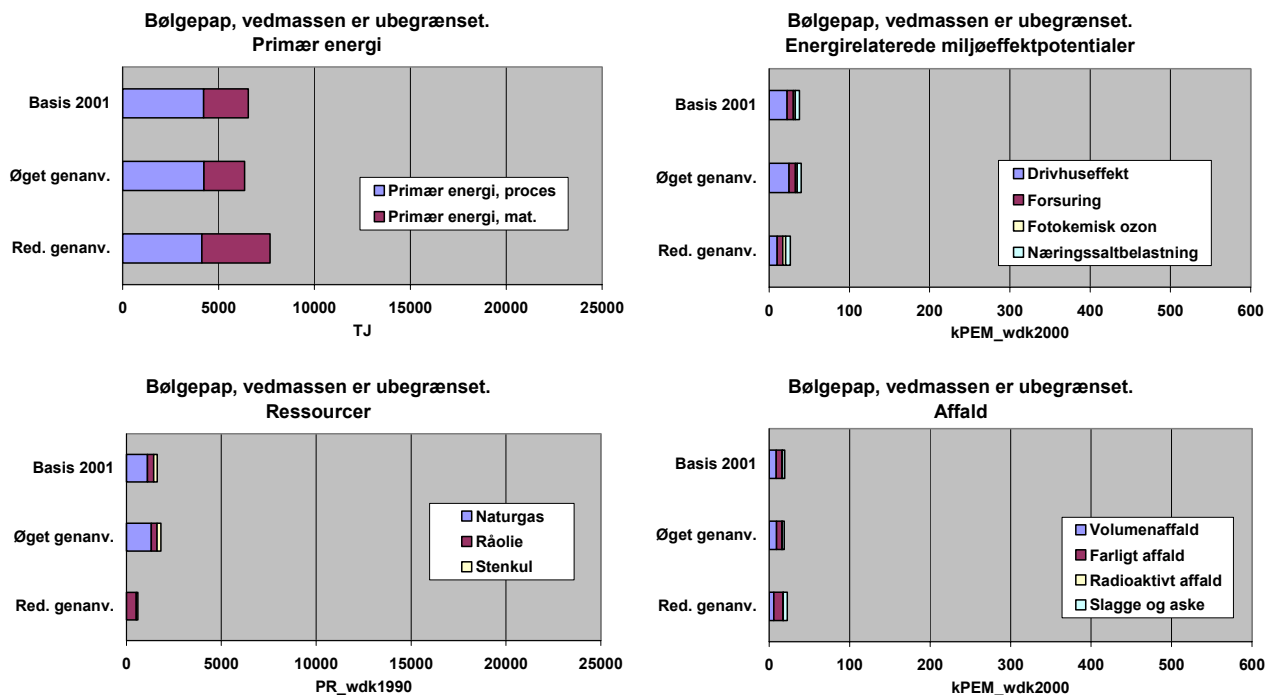


Figur 6.10. Miljøkonsekvenser af 100 % genanvendelse versus 100 % forbrænding pr. kg af papirfraktionen Bølgepap under forudsætning af, at vedmassen i fremtiden er begrænset

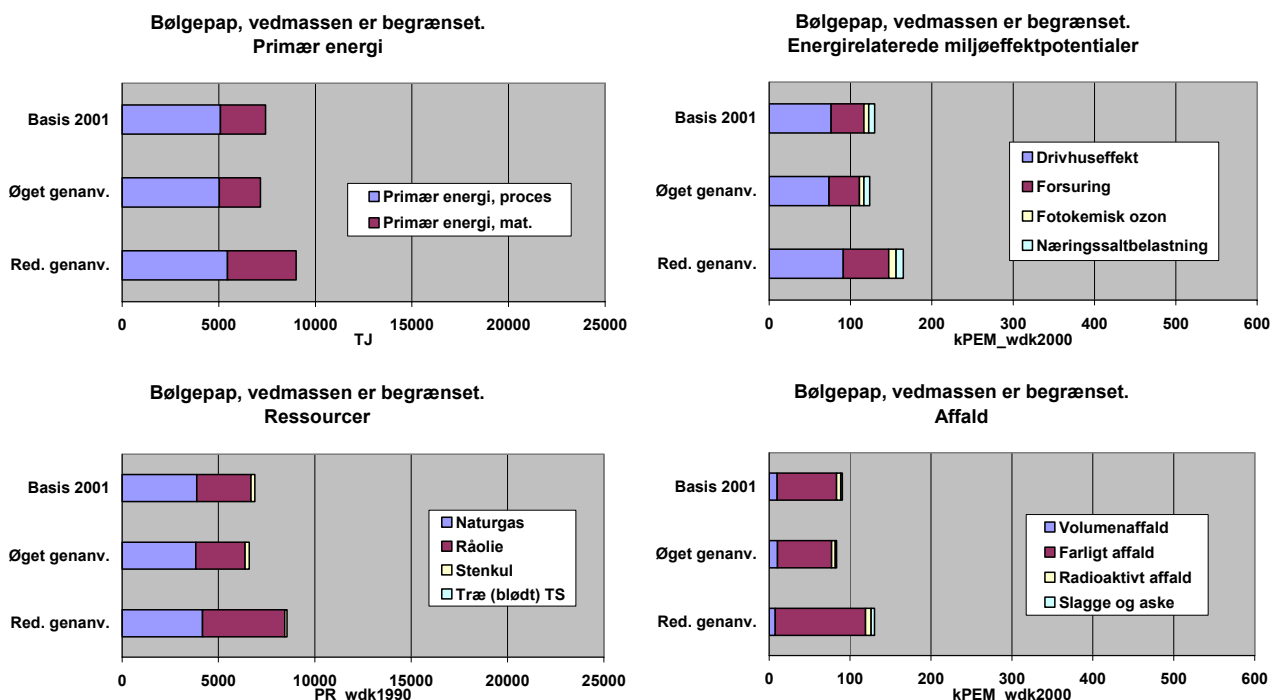
Under dette fremtidsscenario er billedet omtrent det samme som for de øvrige papirfraktioner.

6.3.1 Samlet ændring af genanvendelsesprocenten

På samme måde som for de øvrige papirfraktioner udtrykkes miljøvurderinger nu for den aktuelt studerede forøgelse hhv. reduktion af genanvendelsesprocenten, se Figur 6.11 – 6.12.



Figur 6.11. Miljøkonsekvenser af øget hhv. reduceret genanvendelse for de aktuelle totalmængder pr. år af papirfraktionen Bølgepap under forudsætning af, at vedmassen i fremtiden er ubegrænset, og at vedmasse, der frigøres ved papirgenanvendelse, ikke nyttiggøres, men forbliver i skoven



Figur 6.12. Miljøkonsekvenser af øget hhv. reduceret genanvendelse for de aktuelle totalmængder pr. år af papirfraktionen Bølgepap under forudsætning af, at vedmassen i fremtiden er begrænset

6.4 Cost/benefit overvejelser

Med til en vurdering af fremtidsscenerierne hører en vurdering af, hvor økonomisk attraktive de er som miljøtiltag betragtet, idet valget mellem

genanvendelse og forbrænding blandt andet er miljømæssigt begrundet. Hvis der er stor økonomisk forskel på de sammenlignede scenarier, er der grund til at overveje, om de miljømæssige forskelle mellem scenarierne står i rimeligt mål med de økonomiske forskelle.

Substitution mellem returpapir og træ som råvare:

Fabrikker, der fremstiller virgint papir, udbygger løbende således, at de kan tage øgede mængder af returpapir ind som råvare som supplement til deres forbrug af træ (Stensballe, 2003) (CEPI, 2002). Returpapir vil da direkte erstatte træ, og da papirfiberen allerede er raffineret i returpapiret, erstatter returpapir forholdsmæssigt mere træ end det selv vejer, og for fx papir af sulfat-masse erstatter returpapir træ i forholdet 1:2 eller mere (regnet som tørstof). I andre tilfælde sker en substitution mellem returpapir og træ indirekte ved at genvundet papir og nyt papir kan fortrænge hinanden via markedet. Hvad enten substitutionen er direkte eller indirekte, vil anvendelsen af returpapir som råvare frigøre noget træ, for visse papirtyper som sagt mere end 2 kg træ tørstof pr. kg returpapir tørstof.

Samfundsøkonomi:

Træ og anden biomasse forventes fremover at komme til at koste godt 30 kr./GJ, der tales om priser omkring 33 kr./GJ. Dette er bl.a. hvad Avedøreværket ca. betaler i dag. At prisen er kommet op i dette leje skyldes delvist Kyotoaftalen og dermed de forskellige landes bestræbelser på at reducere deres CO₂ udledning. Med de marginalpriser på CO₂, der tales om (op til 120 kr./ton), vil CO₂-værdien af CO₂-neutrale brændsler være af omtrent samme størrelse, som brændslets hidtidige værdi. Der er altså tale om en drastisk ændring af prisstrukturen på brændsler, og den vil give stærkt forøget incitament til at anvende returpapir som råvare til papirfremstilling på grund af udvekslingsforholdet mellem returpapir og bio-brændsel i papirindustrien. Da 1 ton returpapir tørstof for en meget stor del kan erstatte 2 tons træ tørstof, har det derfor fremover sandsynligvis en værdi af størrelsen $33 \text{ kr./GJ} * 2 * 18 \text{ GJ/ton} \approx 1000 \text{ kr./ton}$. Men ser man 5-10 år tilbage har prisen på returpapir (fraktionen Blandet Papir) ligget med en middelværdi omkring 200-300 kr./ton. Det peger på, at der sammenlignet med i dag fremover er en bedre forretning for samfundet i at indsamle returpapiret og anvende det til papirproduktion (og for returpapirindsamleren) frem for at brænde det af, så længe der er mulighed for at få fat i mere til samme omkostning som har været gældende hidtil.

Samfundet har mulighed for at reducere bidraget til drivhuseffekten ved at brænde returpapir. Men samfundet har også mulighed for at "veksle returpapiret til træ" i papirindustrien, og i mange tilfælde få mere end 2 kg træ per kg returpapir og dermed mere end den dobbelte CO₂ reduktion for returpapiret.

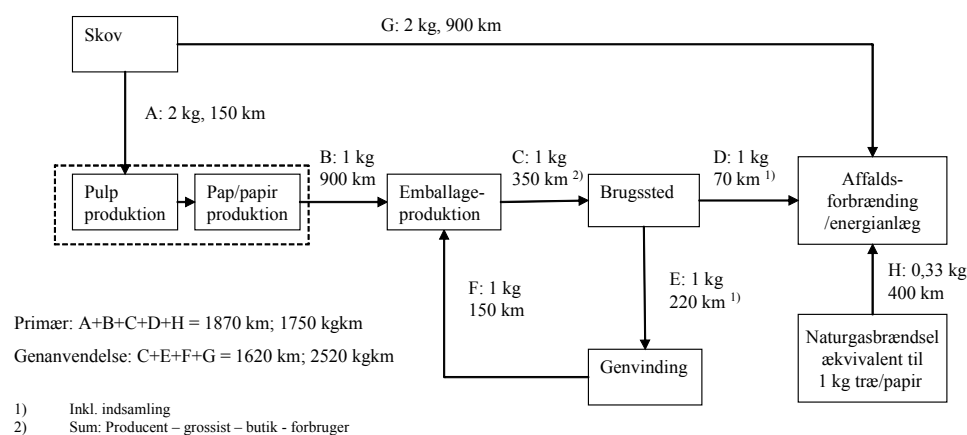
For at kunne "veksle returpapiret til træ" skal samfundet sørge for indsamling af papiret og transport til papirfabrikker, hvor der fremstilles genbrugspapir af det, i stedet for transport til forbrændingsanlæg, hvor det brændes som i dag. Til gengæld skal træet transporteres til energianlæg, hvor der laves energi af det, i stedet for til papirfabrikkerne. Det giver nogle forskelle i samfundsøkonomi, hvoraf de væsentligste er:

- I. Kildesortering af papiret: Om der er en ekstra omkostning/tidsforbrug forbundet med at sortere papiret fra hos forbrugeren afhænger af lokalitet mm. Det behøver ikke at være tilfældet.
- II. Indsamling samt transport: Om der er ekstra omkostning til transport afhænger af afstandene til forbrændingsanlæg, papirfabrik og energian-

læg, se Figur 6.13. Det ses at den samlede afstand er kortere ved genanvendelse end ved primær produktion, men transportarbejdet er større. Økonomisk peger det hver sin vej, og der behøver ikke være forskel i økonomi.

- III. Papirfremstilling: Selve papirfremstillingen ud fra træ er dyrere end ud fra returpapir. Med træ som råvare skal træmassen først raffineres før papiret kan formes og tørres. Returpapir skal i hovedtræk blot oplødes, formes og tørres. Det medfører et større energi- og kemikalieforbrug, tidsforbrug og større anlægsinvesteringer at anvende træ som råvare.
- IV. Energiudbytte og CO₂-reduktion: Forskel i energiudbytte og CO₂ reduktion ved at brænde træet i energianlæg frem for papiret i affaldsforbrændingsanlæg.

Ovenstående liste over forskelle i omkostningsposter skal ses under den forudsætning, at nyt papir og genbrugspapir kan erstatte hinanden.

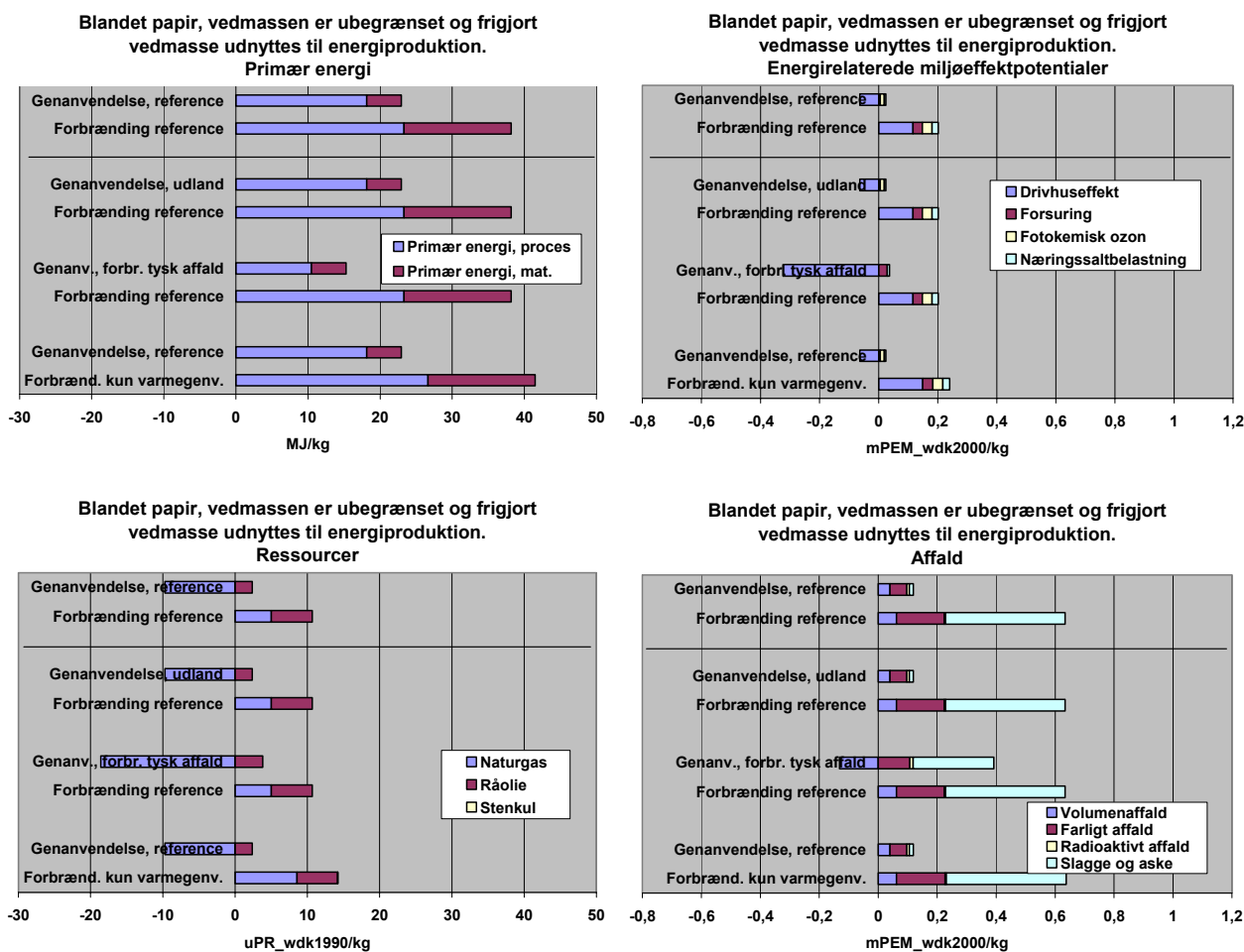


Figur 6.13. Pap/papir, muligt transport scenario. Træ og primær produkt i Sverige. Emballageproduktion, genvinding og forbrænding i Danmark. Noter: 1) Inkl. indsamling, 2) Sum: producent-grossist-butik-forbruger. Referencer: IPU og Logisys

Det er ikke inden for rammerne af dette projekt at vurdere de samfundsøkonomiske aspekter af dette nærmere. De er nyligt underkastet en vurdering i to uafhængige cost/benefit analyser (IMV, 2002) samt (Wenzel, 2003), hvortil der henvises. Her skal kort anføres, at energiudbyttet og CO₂ omkostningerne i begge analyser dominerer det økonomiske regnestykke. De adskiller sig imidlertid ved, at førstnævnte ikke inkluderer CO₂ gevinsten ved at brænde udnyttede det sparede træ som brændsel, mens sidstnævnte inkluderer dette. Sidstnævnte reference viser en stor samfundsøkonomisk gevinst ved at genbruge papiret, dvs. samfundet får væsentligt større miljøgevinst for de samme penge ved at "veksle" papiret til træ i papirindustrien og så udnytte træet til energifremstilling.

Denne betragtning er et supplement til Fremtidsscenario 1. Den peger på, at forbrænding og genanvendelse ikke indebærer samme omkostninger for samfundet, men at forbrænding er væsentligt dyrere, og at der kan opnås større miljøgevinst på fx drivhuseffekten for de samme penge ved genanvendelse end ved forbrænding af papir. Det medtages kun her som en anmærkning og opfordring til videre undersøgelse, da samfundsøkonomisk analyse som nævnt ikke er en del af projektet. Et eksempel på den miljømæssige betydning af at udnytte træ "frigjort" ved genanvendelse af papir er vist i figur 6.14 for blandet papir. De relative forskelle mellem

genanvendelse og forbrænding samt konklusionerne er tilsvarende fremtidsscenario 2, med begrænset vedmasse.



Figur 6.14. Miljøkonsekvenser af 100 % genanvendelse versus 100 % forbrænding pr. kg af papirfraktionen Blandet Papir under forudsætning af, at vedmassen i fremtiden er ubegrænset, og at vedmasse, der frigøres ved papirgenanvendelse nyttiggøres.

6.5 Sammenligning af dette og det tidligere studie

Dette studies 3die udviklingsscenarier, reduceret indsamling og genanvendelse, svarer til det tidligere studies 1ste scenarier, altså udgangssituation 1991. En kontrolberegning er derfor udført ved at sammenligne dette studies udviklingsscenario 3 for bølgepap med det tidligere studies 1ste scenarie for bølgepap.

Afvisninger i systemafgrænsningerne gør sammenligningen mellem dette og det tidligere studie vanskelig, og yderligere er det meget vanskeligt at gennemskue hvilke afgrænsninger der har været benyttet tidligere. Afviselserne gælder øjensynligt især:

- Miljøeffekterne ved fremstilling af primært papir er ikke medregnet, uagtet at det ser sådan ud fra systemafgrænsningernes figurer. Kun materialeenergien er medregnet.
- Produktion af brændsler er ikke medtaget. Dette gælder skovning.
- Erstatningsbrændsel baseres på kul i stedet for naturgas.

Desuden er der naturligvis forskelle i datagrundlaget hvoraf den største betydning tillægges at der er benyttet kulbaseret el frem for naturgasbaseret.

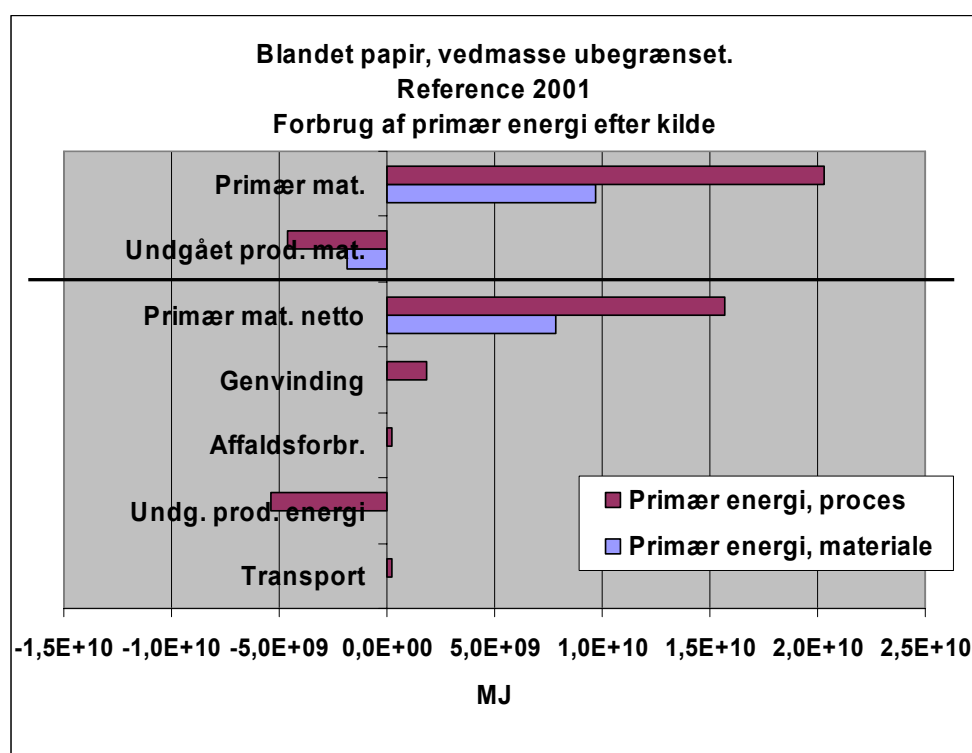
Ved kontrolberegning hvor papirfremstilling (på nær brændværdi) og brændselsproduktion blev taget ud af dette studies 3die udviklingsscenario for bølgepap, og naturgasenergi blev erstattet med kulenergi, blev der opnået en på størrelsesorden rimelig overensstemmelse mellem de to studiers resultater. En direkte sammenligning mellem scenarierne hvor dette studies 3die udviklingsscenario altså ikke er tilpasset det gamle studies, giver stor forskel på resultaterne, men det er valgt at holde fast i opdateringens afgrænsning da den er i overensstemmelse med den konsensus der er omkring afgrænsning nu.

Det gamle og det nye studie kommer frem til samme konklusion når der i det nye studie anvendes erstatningsbrændsel eller energiudnyttelse af frigjort vedmasse, nemlig at genanvendelse er en fordel med hensyn til miljøeffekter og ressourcer. Når der ikke regnes med dette, er det nye studies resultater ikke så klare som resultaterne af det gamle, der viste en lille fordel til genanvendelse. Forskellen skal her nok forklares ved at der i modsætning til tidligere indgår produktion til fremstilling af den naturgas der bruges til energi for genvinding. Der indgår ganske vist også skovning af det træ der er basis for energi til den primære papirfremstilling, men skovningen er ikke nær så energitung som naturgasudvinding og distribution.

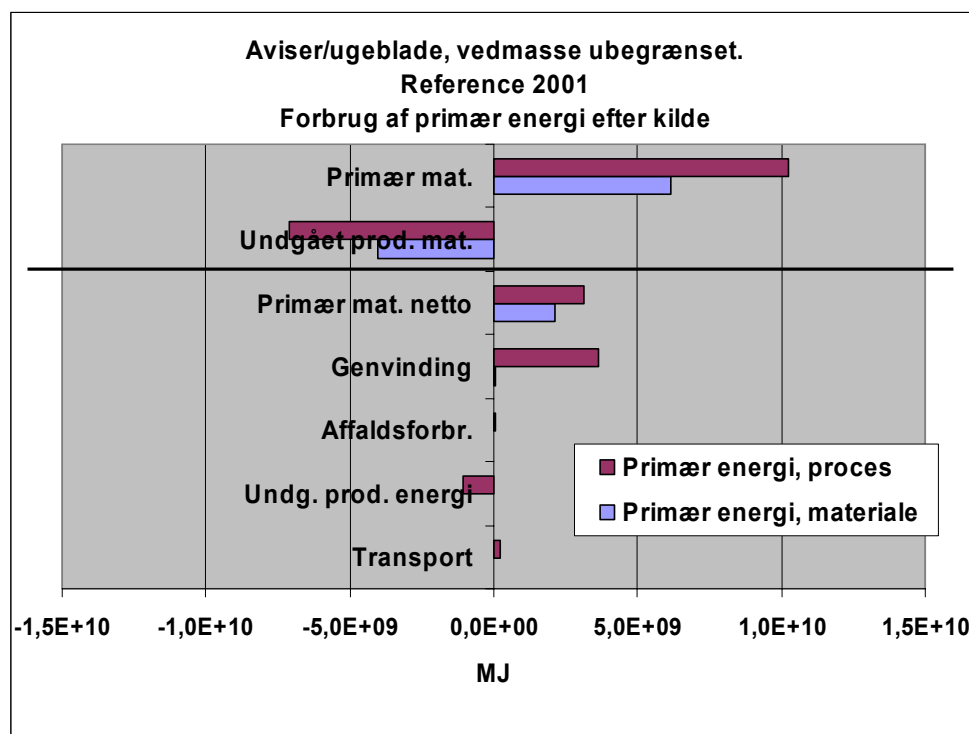
7 Fortolkning af resultater

7.1 Væsentligste påvirkninger

En indikator for hvilke kilder i papirsystemet der giver de væsentligste påvirkninger, er energiforbrugene vist i figur 7.1 for blandet papir og figur 7.2 for aviser og ugeblade. Figureerne er for udgangssituationen af de respektive samlede papirsystemer år 2001. Tilsvarende figurer for de øvrige udviklingsscenarioer og for bølgepap vist i bilaget, men viser i princippet det samme billede. Bølgepap minder meget om aviser/ugeblade.



Figur 7.1. Det blandede papirsystems væsentligste kilde til miljøpåvirkninger indikeret ved energiforbrug



Figur 7.2. Aviser/ugeblade papirsystems væsentligste kilder til miljøpåvirkninger indikeret ved energiforbrug

Figurerne viser at produktion af primært papir er meget dominerende, men at den modsvares af en ligeledes dominerende undgået produktion, således at dominansen fra nettoforbruget af primært papir er moderat. Energiforbruget for den undgåede produktion er forholdsvist mindre for blandet papir end for aviser og ugeblade, hvilket skyldes den væsentligt mindre genanvendelsesgrad. En stor del af forbruget af blandet papir er ikke tilgængeligt for indsamling og indgår derfor ikke i indsamlingspotentialer jfr. afsnit 4.1, men går direkte til affaldsforbrænding. Derfor er den undgåede energiproduktion forholdsvis større for blandet papir end for aviser/ugeblade.

Nettoprocesenergien til fremstilling af primært papir (som af proces og materialeenergi) er mindre end energien til genvinding når det gælder aviser/ugeblade der har en høj genanvendelsesgrad, og større end den energi der spares ved afbrænding af træ. Forholdene er omvendt for blandet papir der har en lav genanvendelsesgrad. Transport er ikke dominerende, men har alligevel en størrelsesorden – ca. 4 % - der gør at den er medtaget.

Aviser/ugeblade og bølgepap har som udgangssituation en indsamlingsprocent til genanvendelse på 79, stigende til 90 henholdsvis 85 i udviklingsscenarierne 2 og 4 og faldende til 67 henholdsvis 51 i scenarierne 3 og 5. Blandet papir har en væsentligt lavere indsamlingsprocent til genanvendelse, nemlig 26 målt i forhold til forbruget (ikke potentialer), stigende til 29 i scenarierne 2 og 4 og faldende til 19 i scenarierne 3 og 5. Dette betyder at de væsentligste påvirkninger vil være nogenlunde tilsvarende for bølgepap som for aviser/ugeblade hvorimod affaldsforbrænding vil være dominerende for blandet papir.

Afviselserne ved de forskellige indsamlingsprocenter er for små til at de vil ændre de væsentligste påvirkninger nævneværdigt, men øget genanvendelse vil selvfølgelig give øget dominans til genvindingsprocessen og mindre til

nettoforbruget af primært papir og til affaldsforbrænding og vice versa ved reduceret genanvendelse (= øget affaldsforbrænding).

Med hensyn til miljøeffekter er drivhuseffekt mest dominerende og dernæst forsurende der er mindre dominerende end drivhuseffektbidraget. Dette gælder begge systemafgrænsninger og alle papirkvaliteterne. På resourcesiden dominerer naturgas hvilket tilskrives valget af marginal energi naturgas CC. Dette gælder ligeledes begge systemafgrænsninger og alle papirkvaliteterne. Med hensyn til affald varierer billedet mellem de forskellige papirkvaliteter og systemafgrænsninger, således at slagge og aske dominerer for aviser/ugeblade, farligt affald for bølgepap og blandet papir med erstatningsbrændsel.

7.2 Usikkerheds- og fuldstændighedsvurdering

Der er udført sammenligning af forskellige situationer inden for samme papirkvalitet og ikke sammenligning papirkvaliteter imellem. Dette betyder at usikkerhederne inden for hver af papirkvaliteterne er systematiske, og derfor får de ingen eller kun lille indvirkning på konklusionerne.

Genvundet papir og dets datagrundlag er forskelligt fra primært papir. Derfor får usikkerhed på de meget dominerende bruttoforbrug og undgået produktion af primært papir betydning. Usikkerhederne "følges dog ad" og får derfor begrænset indflydelse på konklusionerne.

Studiet er reelt en sammenligning mellem genanvendelse og affaldsforbrænding, og derfor er usikkerhederne på disse i princippet væsentlig. Usikkerheden på dataindsamlingen for genanvendelse og forbrænding er lille da den altovervejende vedrører målte faktorer der vedrører energi. Yderligere er der tale om linearitet inden for indsamlingsprocenterne, og de forskelle der kommer til udtryk i resultaterne for de forskellige udviklingsscenarioer, antages derfor at være signifikante. Dette bekræftes af 100 % scenarierne, hvor forskellene på genanvendelse og forbrænding bliver markante.

Studiet optræder med god fuldstændighed af opgørelsen. Dog har det kun i mindre grad været muligt at medtage kemikalier. Betydningen heraf vurderes at være mindre og får begrænset indflydelse på konklusionen ved at favorisere affaldsforbrænding. Betydningen af kemikalier er dog så stor at de kan være interessante at medtage, ikke mindst ved sammenligning mellem papirtyper, hvor fx sulfatpulp har et stort kemikalieforbrug.

Udeladelse af toksiske udledninger og toksicitet er en mangel. Det er vanskeligt at sige hvor en favorisering vil ligge, da alle aktiviteterne – papirfremstilling, genvinding og forbrænding - forårsager toksiske udledninger.

7.3 Følsomhedsvurdering

Resultaterne af følsomhedsvurderinger vedrørende nogle væsentlige forudsætninger er allerede vist og kommenteret i kapitel 6. Dette gælder især udnyttelse af frigjort forbrændingskapacitet ved genanvendelse til forbrænding af affald fra udlandet, f.eks. Tyskland, samt spørgsmålet om integreret/ikke-integreret primær produktion af fluting/liner for bølgepap.

Yderligere skal nogle følsomme antagelser og deres betydning diskuteres her:

- Marginal el naturgas CC. Alternativ er stedspecifik gennemsnitsel, dvs. svensk el i Sverige, dansk el i Danmark og tysk el i Tyskland eller alternativt EU-gennemsnits el fordi landene er forbundet i netværk.
 - Svensk el ville være benyttet til primær papirproduktion og er for en stor del baseret på atomkraft og vandkraft der giver lille miljøbelastning. Antagelsen af marginal el favoriserer derfor genanvendelse med hensyn til primær papirproduktion. Aviser/ugeblade med det største elforbrug til primær papirfremstilling er mest følsom.
 - Dansk el ville være benyttet til papirgenvinding i Danmark, men også til fortrængt energi fra affaldsforbrænding. Da dansk el for en stor del er baseret på kulraft med stor miljøbelastning, vil antagelsen af den mindre miljøbelastende marginale el favorisere genanvendelse. Dette gælder både den til genvindingen direkte anvendte energi, samt energien der fortrænges ved affaldsforbrænding. Dansk el har et stigende indhold af vedvarende energi og er miljømæssigt i stigende grad sammenligneligt med marginalen.
 - Tysk el og EU-el er fremstillet fra miks af fossil brændsel, vandkraft og atomkraft og er miljømæssigt ikke meget forskelligt fra marginalen, så her spiller valget mellem marginal energi og stedspecifik energi en mindre rolle.

Ovenstående bemærkninger skal ses i lyset af den stigende konsensus om, at antagelsen af marginal el er metodemæssig korrekt. Med dette som udgangspunkt kan ovenstående bemærkninger betragtes som irrelevante.

- 100 % naturgas marginal el i Sverige og Danmark. Alternativ i perioder er 75 % naturgas og 25 % vindkraft. 100 % naturgas favoriserer mest genanvendelse for aviser/ugeblade, der bruger meget elektricitet ved primær fremstillingen, og mest affaldsforbrænding for de øvrige papirtyper.
- Fortrængning af naturgas marginal varme og el fra affaldsforbrænding i Danmark. Alternativet er stedspecifik varme og el eller varmefortrængning af olie og naturgas fra fyring. Stedspecifik el er behandlet under punkt 1, og det forholder sig tilsvarende med varme. Varmefortrængning af olie og naturgas ved fyring adskiller sig ikke væsentligt fra ikke-allokeret naturgasproduceret kraftvarme.
- Naturgas CC som marginal el. Alternativet er kul CC som marginal el. Valget af naturgas marginal frem for kul marginal betyder mindre miljøbelastning til især fremstilling af primær avisrapir og til genvinding, men større miljøbelastning ved affaldsforbrænding, hvor den mindre miljøbelastende naturgas energi fortrænges. Der er altså tale om modsat rettede effekter for affaldsforbrænding (mindre gevinst ved fortrængning af primær papir og øget belastning ved affaldsforbrænding). I alt vurderes valget af naturgas marginal frem for kul marginal at favorisere affaldsforbrænding for aviser/ugeblade, og genanvendelse for de øvrige papirtyper.
- Fremstilling af kemikalier er ikke medregnet. Denne afgrænsning kan være betydende for især sulfat pulp og CTMP, der begge bruger store mængder hjælpestoffer, især sulfat pulp, og væsentligt større mængder end genvindingsprocesserne. Afgrænsningen betyder mindre for avisrapir. I alle tilfælde betyder det en favorisering af affaldsforbrænding, især for fraktionerne blandet papir og bølgepap og i mindre grad aviser/ugeblade.

Meget følsom er fremtidsscenerierne, dvs. med/uden antagelse af fossilt erstatningsbrændsel for træ eller med uden energiudnyttelse af frigjort træ, som i cost/benefit betragtningerne. Der er tale om tre forskellige muligheder

mere end om et valg. Fremtidsscenariernes samfundsmæssige sandsynligheder er diskuteret i kapitel 6 og 8.

7.4 Konsistensanalyse

Studiet vurderes at være konsistent ud fra følgende bedømmelse:

- Der er ensartethed i anvendte datakilder. De væsentligste data for såvel primært papir, genanvendelse som affaldsforbrænding kan føres tilbage til oplysninger fra primære datakilder. Data for papirgenvinding i Danmark vedrører de specifikke aktører hvorimod data for primær papirproduktion, affaldsforbrænding og papirgenvinding i udlandet må betragtes som gennemsnitsdata (hvoraf primær papirproduktion er den mindst repræsentative). Forholdene er imidlertid ens for alle papirkvaliteterne.
- Dataomfang og -nøjagtighed er ensartet for de anvendte datakilder og datakategorier.
- Der er konsistens med hensyn til teknologiniveauer, tidsmæssig dækning og dataalder for de anvendte datakilder.
- Den geografiske dækning modsvarer rapportens formål, men der er dog i nogen grad benyttet danske genvindingsdata for genvinding i udlandet, men dels gør anvendelsen af marginal energi dette muligt med hensyn til energiscenarie, og dels er forholdet ens for alle papirkvaliteterne.

8 Sammenfattende konklusion og anbefalinger

8.1 Sammenfatning

Stort set alle papirsystemets miljøeffekter kan relateres til energiforbrug

Miljøpåvirkningerne fra samfundets fremstilling, brug og bortskaffelse af papir kommer altovervejende fra de energisystemer, der driver processerne. Stort set alle de miljøeffekter, affaldsdannelser og ressourceforbrug, der er vist i miljøvurderingerne, stammer fra systemernes energiforbrug.

Det samlede system til fremstilling, brug og bortskaffelse af papir, *papirsystemet*, udgør en efterspørgsel efter energi på samme måde som andre produktsystemer i samfundet. Samfundets *energisystemer*, hvad enten de er etableret på virksomhederne eller som fælles systemer i samfundet, leverer denne energi.

Papirsystemet udviklet til at håndtere genanvendelse af papir

Gennem nogle årtier er papirsystemet udviklet til at håndtere genanvendelse af papir. Det har indebåret teknologiudvikling, logistikudvikling, organisationsudvikling mm. gennem en længere årrække, herunder:

- indsamlingsordninger
- udvikling af produktkategorier baseret på genvundet papir
- udvikling af brugsprocesser, der kan håndtere genvundet papir: fotokopimaskiner, printere, mm., hvor det genvundne papir i starten kunne give problemer
- udvikling af fremstillingsteknologi til genvundet papir

Det har reduceret papirsystemets træk på energiressourcer med omkring 50 %.

Energiforbruget afspejler ikke miljøeffekter og ressourcetræk direkte

Jo mere samfundets energisystemer hænger sammen i forbundne systemer, jo mere vil de have samme marginale brændsel, og jo mere vil energiforbruget direkte afspejle miljøeffekter og ressourcetræk. I dag hænger energisystemerne ikke fuldstændigt sammen, og der er ikke fuld substituerbarhed mellem brændsler. De fossile brændsler substituerer hinanden indbyrdes i høj grad, og efterhånden som systemerne udvikles teknologisk, vil også bio-brændsler og fossile brændsler substituere hinanden. Denne udvikling har taget fart i Danmark de seneste år med stor udbygning af bl.a. kraft/varme-værker med faciliteter til at håndtere bio-brændsel.

At øge forbrænding af papir og fremstilling af nyt i stedet for at genanvende papir er at indrette papirsystemet til at trække mere energi fra energisystemerne. Den miljømæssige retfærdiggørelse af dette skal i givet fald kunne findes i, at dette er en måde at trække miljøvenlige brændsler ind i energisystemet på, som ikke kan opnås bedre ad anden vej.

På denne baggrund skal miljøvurderingen ses, og den skal fortolkes i både den nære og den lidt fjernere fremtid, da rammebetingelserne kan ændre sig over tiden.

8.1.1 Den nære fremtid (overskud af vedmasse)

I den nære fremtid (< 5 år) er der overskud af vedmasse (Nabuurs et al., 2003) afhængig af efterspørgsel efter bio-brændsler og andre produkter baseret på vedmasse. Inden for samme korte tidshorisont gælder samtidig en anden væsentlig rammebetingelse, nemlig at kapaciteten på eksisterende forbrændingsanlæg kan være bestemmende for, hvor meget affald der kan forbrændes i stedet for at deponeres.

Forbrænding er en måde, at få vedmasse, der ellers ville gå tabt, ind i energisystemerne på; men kun for bølgepap kan der under visse forudsætninger på den korte sigt være miljøfordele ved at forbrænde papir og fremstille nyt frem for at genvinde det. Forudsætningerne er, at forbrændingsanlæggene ikke kan nyttiggøre kapacitet, der frigøres ved øget papirgenanvendelse, at energien fra forbrænding af papiret nyttiggøres til både el og varme på affaldsforbrændingsanlæggene, samt at det primære halvfabrikat (fluting og liner) til bølgepap kan antages at være produceret ved integreret pulp og pap produktion.

For de øvrige papirtyper er der ingen miljøfordel ved at forbrænde papir frem for at genvinde det, selv under den for forbrændingen gunstigste forudsætning at vedmassen er ubegrænset.

De miljømæssige fordele og ulemper fordeles sig således mellem forbrænding og genanvendelse under referencescenariets forudsætninger:

- Blandet Papir: Der er ingen signifikant forskel for energirelaterede miljøeffekter. Affaldsforbrænding har et mindre ressourcetræk, men en væsentligt større affaldsdannelse, og alt i alt ville forbrænding af denne papirfraktion samlet fremstå miljømæssigt omtrent ligeværdig med eller lidt dårligere end genanvendelse.
- Aviser & Ugeblade: For denne papirfraktion ville forbrænding være en miljømæssig ulempe for de energirelaterede miljøeffekter og for affaldsdannelsen, og medføre omtrent samme ressourcetræk. Samlet vil affaldsforbrænding fremstå som en miljømæssig ulempe.
- Bølgepap: Der ville være en miljøfordel ved at brænde bølgepap hvad angår de energirelaterede miljøeffekter og ressourceforbrug, men affaldsdannelsen er større. Samlet ville forbrænding af bølgepap under referencescenariets forudsætninger fremstå som en miljøfordel, men det er usikkert om antagelse af integreret primær fluting/liner produktion holder.

Hvis forbrændingsanlæggene er i stand til at nyttiggøre den via papirgenanvendelsen frigjorte kapacitet til at reducere deponering af brændbart affald andre steder, er genanvendelse af papir i alle tilfælde en klar miljømæssig fordel. Det samme gælder for fraktionerne blandet papir/pap og aviser/ugeblade hvis energien fra forbrænding af papiret kun udnyttes som varme, hvorimod situationen her er mere lige for bølgepap.

8.1.2 Den lidt fjernere fremtid (underskud af vedmasse)

I den lidt fjernere fremtid (> 5 år) er det usikkert om vedmasse er i overskud. Det nuværende overskud af vedmasse i Europa svarer ved fortrængning af fossile brændsler til kun omkring 2 % af EU's CO₂ udledning, hvilket skal sammenlignes med EU's forpligtelse til at reducere udledningen med 8% samlet set. Hvis landene i Europa fremover efterspørger vedmasse som et CO₂-neutralt brændsel, er det derfor ikke sikkert, at der fortsat vil være overskud. Endvidere stiger energiforbruget – siden 1990 har stigningen i EU's energiforbrug udgjort omkring 1 % om året. Dette vil sammen med den korte tidshorisont på olie yderligere øge efterspørgslen efter andre brændsler fremover, herunder bio-brændsler.

I det lys ser vedmassen begrænset ud, og fossile brændsler kan meget vel blive vedmassens marginal, dvs. at ethvert forbrug af vedmasse vil forårsage et tilsvarende forbrug af fossilt brændsel.

I den situation vil energibesparelsen ved genanvendelse af papir slå igennem som en stor miljøfordel for alle papirfraktioner under alle forudsætninger.

Også i den lidt fjernere fremtid vil der under alle omstændigheder være størst miljøgevinst for pengene ved at genanvende papir og købe træ til energiformål.

8.1.3 Cost/benefit overvejelser

Introduktionen af en CO₂ omkostning, som ventes at sætte igennem inden for de nærmeste år, vil ændre radikalt på cost/benefit ved indsamling og anvendelse af papir til fremstilling af genbrugspapir – til fordel for indsamling og genanvendelse. Dette begrundes alene af udvekslingsforholdet mellem returpapir og træ som råvare for papirfremstilling. Det betyder samtidig, at den økonomiske forskel mellem genanvendelse og forbrænding ændres til fordel for genanvendelse, og det betyder, at den samfundsøkonomiske cost/benefit kan blive et afgørende element i beslutninger om graden af papirgenbrug.

8.2 Konklusion og anbefalinger

En beslutning om at reducere papirgenanvendelsen og øge forbrænding er en beslutning om at indrette papirsystemet til at trække mere energi fra samfundets energisystemer og puljen af brændsler. Det rimelige i dette skal vurderes i lyset af ovenstående. Overordnet skal følgende betingelser gælde samtidigt, før reduceret genanvendelse/øget forbrænding kan anbefales:

1. der skal være tilstrækkelige miljøfordele ved at nyt papir trækker vedmasse ind i energisystemerne
2. der skal være tilstrækkelige mængder vedmasse, så fossile brændsler ikke bliver vedmassens marginal, og
3. der skal være tilstrækkelig cost/benefit

Miljøvurderingen under Fremtidsscenario 1 viser, at miljøfordelene er tvivlsomme ved at brænde papiret selv under forudsætningen om, at træ er ubegrænset. Under de for forbrændingsscenariet bedste forudsætninger, nemlig at forbrændingsanlæggene ikke kan udnytte frigjort kapacitet, vil kun bølgepap kunne give overvægt af fordele for forbrænding. Under forudsæt-

ning af, at frigjort kapacitet på forbrændingsanlæggene kan nyttiggøres til at reducere deponering af brændbart affald, er genanvendelse en entydig fordel.

Holdes størrelserne af den tilgængelige vedmasse i Europa op mod EU's energiforbrug og stigningen i dette, EU's interesse i CO₂ neutrale energikilder, og oliens korte forsyningshorisont, kan vedmassen meget vel se ud til at kunne blive begrænset fremover.

Endelig vil den økonomiske forskel mellem genanvendelse og forbrænding ændre sig radikalt til fordel for genanvendelse, når omkostningen ved udledning af CO₂ slår igennem i prisdannelsen i samfundet. Dette vil øge incitamentet til at genvinde papiret og udnytte træ som brændsel.

9 Referencer

CEPI (2002). **Annual Statistics 2001**. Confederation of European Paper Industries, Brussels. www.cepi.org

Dall, O.; Christensen, L. C.; Hansen, E.; Christensen, E. H. (2003). **Ressourcebesparelser ved affaldsbehandlingen i Danmark**. Publikation under udgivelse. Miljøstyrelsen, København.

Dalum (2002): **Miljøredegørelse 2001**. Dalum Papir A/S, Odense

Eriksen, H. L.; Hauschild, M. Z. (2000). **Technical data for waste incineration**. IPU/DTU, Lyngby

Ekvall, T. (2000). **A market-based approach to allocation at open-loop recycling**. Resources, Conservation & Recycling, 29

Energi E2 (2000). **Livscyklusvurdering af dansk el og kraftvarme**. Energi E2, Ballerup og Techwise, Fredericia.

Energistyrelsen (2003). **Energistatistik 2001**. Energistyrelsen. København. www.ens.dk

European Commission (2001): **Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry**. European Commission, Brussels.

Fefco, Ondulé & Kraft (2003). **European Database for Corrugated Board Life Cycle Studies 2000**. Fefco, Groupement Ondulé & Kraft Institute

Frees, N. (2002). **Life Cycle Assessment of Moulded-fibre packaging at Brødrene Hartmann A/S Tønder 2000**. IPU, Lyngby (fortrolig rapport, hovedkonklusioner findes i Brdr. Hartmanns officielle miljøregnskab)

Katholm, J. (1994). Personlig kommunikation, Jørgen Katholm, Grenaa Papir A/S

Hartmann (2002a): **Redegørelse for miljø, sundhed og sikkerhed 2001, EMAS-rapport for Brødrene Hartmann A/S, Tønder-fabrikkerne**. Brødrene Hartmann A/S, Lyngby

Hartmann (2002b): **Redegørelse for miljø, sundhed og sikkerhed 2001, EMAS-rapport for Brødrene Hartmann A/S, Skjern Papirfabrik**. Brødrene Hartmann A/S, Lyngby

IMV (2002). **Nyttiggørelse af returpapir. En samfundsøkonomisk analyse**. Institut for Miljøvurdering, København.

ISO (1997). **International Standard 14040. Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework**. International Organization for Standardization, ISO. Geneve.

ISO (1998). **International Standard 14041. Environmental management – Life cycle assessment - Goal and scope definition and inventory analyses.** International Organization for Standardization, ISO. Geneve.

ISO (2000a). **International Standard 14042. Environmental management – Life cycle assessment – Life cycle impact assessment.** International Organization for Standardization, ISO. Geneve.

ISO (2000b). **International Standard 14043. Environmental management – Life cycle assessment – Life cycle interpretation.** International Organization for Standardization, ISO. Geneve.

Mattsson, N.; Unger, T.; Ekvall, T. (2003). **Effects of perturbations in a dynamic system – The case of Nordic power production.** Submitted.

Miljøministeriet (2000): **Bekendtgørelse om affald. Bekendtgørelse nr. 619 af 27. juni 2000.** Miljøministeriet, København

Miljøstyrelsen (1995). **Miljøøkonomi for papir- og papkredsløbet.** Miljøprojekt 294 samt arbejdsrapporter nr. 28-31 1995, Miljøstyrelsen, København

Miljøstyrelsen (2003). Personlig kommunikation, Birgitte Kjær Jørgensen. Miljøstyrelsen, København.

Mortensen, A-L. (1996). Personlig kommunikation, Anna-Lise Mortensen, Brdr. Hartmann A/S

Nabuurs G J, Päivinen R, Pussinen A, Schelhaas M J (2003). **Development of European Forests until 2050.** Report 15, European Forest Institute Research. Udgivet på Alterra.

Reimann, D. O.; Hämmerli, H. (1995). **Verbrennungstechnik für Abfälle in Theorie und Praxis.** Bamberg

Sahlin, J.; Knutsson, D.; Ekvall, T. (2003). **Effects of increased waste incineration in the Swedish district heating systems.** Submitted.

SCA (2002): **Grønt regnskab, Fakta og Data 2001.** SCA Packaging Djursland A/S, Grenå

Skogsindustrierna (2002). **The Swedish Forest Industry 2002.** Skogsindustrierna, Stockholm.

Skogsindustrierna (2003). **Sammanställning 2001.** Rapport over Svensk papirstatistik.
<http://www.vemendo.se/si/main/main.aspx>

Stensballe, J. (2003). Personlig kommunikation, Jeppe Stensballe, Danfiber A/S.

Tang, J. (2003). Personlig kommunikation, John Tang, Dalum Papirfabrik A/S.

Teknologirådet (2003). **Når den billige olie slipper op**. Teknologirådet og Ingeniørforeningen i Danmark, København.

Tønning K og Malmgren-Hansen B (2003): **Statistik for returpapir og –pap 2001**, Miljøprojekt nr. 830, Miljøstyrelsen, København

Weidema, B.P.; Frees, N.; Nielsen, A-M. (1999). **Marginal Production Technologies for Life Cycle Inventories**. Int. Journal of Life Cycle Assessment, 4 (1).

Wediema, B.P. (1999). **System expansions to handle co-products of renewable materials**. Presentation summaries of the 7th LCA Case Studies Symposium SETAC-Europe.

Weidema, B.P. (2000). **Avoiding co-product allocation in LCA**. Paper submitted for the Int. Journal of Life Cycle Assessment.

Wenzel, H.; Eriksson, E.; Ekvall, T.; Kullman, M.; Rydberg, T. (1994). **Vurdering af udredningen miljøøkonomisk analyse af genbrug kontra forbrænding af papir og pap**. IPU/DTU Lyngby og CIT Göteborg.

Wenzel, H.; Hauschild, M.; Rasmussen, E. (1996). **Miljøvurdering af Produkter**. UMIP publikation. Miljøstyrelsen. København.

Wenzel, H. (2003). **Nyttiggørelse af naturpapir. Ændring til analysen i IMV's rapport af samme navn**. IPL, DTU, Lyngby.

Bilag A Resultater

1	BLANDET PAPIR	131
1.1	100% SCENARIER	131
1.1.1	<i>Fremtidsscenario 1</i>	131
1.1.2	<i>Fremtidsscenario 2</i>	135
1.1.3	<i>Cost/benefit betragtninger</i>	139
1.2	UDVIKLINGSSCENARIER	143
1.2.1	<i>Fremtidsscenario 1</i>	143
1.2.2	<i>Fremtidsscenario 2</i>	145
1.2.3	<i>Cost/benefit betragtninger</i>	148
2	AVISER OG UGEBLADE	151
2.1	100% SCENARIER	151
2.1.1	<i>Fremtidsscenario 1</i>	151
2.1.2	<i>Fremtidsscenario 2</i>	155
2.1.3	<i>Cost/benefit betragtninger</i>	159
2.2	UDVIKLINGSSCENARIER	163
2.2.1	<i>Fremtidsscenario 1</i>	163
2.2.2	<i>Fremtidsscenario 2</i>	165
2.2.3	<i>Cost/benefit betragtninger</i>	168
3	BØLGEPAK	171
3.1	100% SCENARIER	171
3.1.1	<i>Fremtidsscenario 1</i>	171
3.1.2	<i>Fremtidsscenario 2</i>	175
3.1.3	<i>Cost/benefit betragtninger</i>	179
3.2	UDVIKLINGSSCENARIER	183
3.2.1	<i>Fremtidsscenario 1</i>	183
3.2.2	<i>Fremtidsscenario 2</i>	185
3.2.3	<i>Cost/benefit betragtninger</i>	188

Produkterne er alle beregnet i UMIP værktøjet. Ved hver tabel og figur er en indikation af de sidste cifre i produkts ID nummer i UMIP værktøjet (f.eks. 1110 eller 121MSU), således at produktet nemt kan findes hvis man har adgang til UMIP værktøjet og databasen for nærværende projekt. Begge dele kan fås ved henvendelse til Miljøstyrelsen. I tabeller og figurer henviser betegnelsen "Genvinding" til processen for materialegenanvendelse og "Genanvendelse" til det samlede genanvendelses scenarie, dvs. systemet af primær materiale produktion, indsamling (transport), genvinding og undgået produktion af primær materiale.

1 Blandet papir

1.1 100% scenarier

1.1.1 Fremtidsscenario 1

Tabel 1 viser karakteriserede værdier per kg blandet papir.

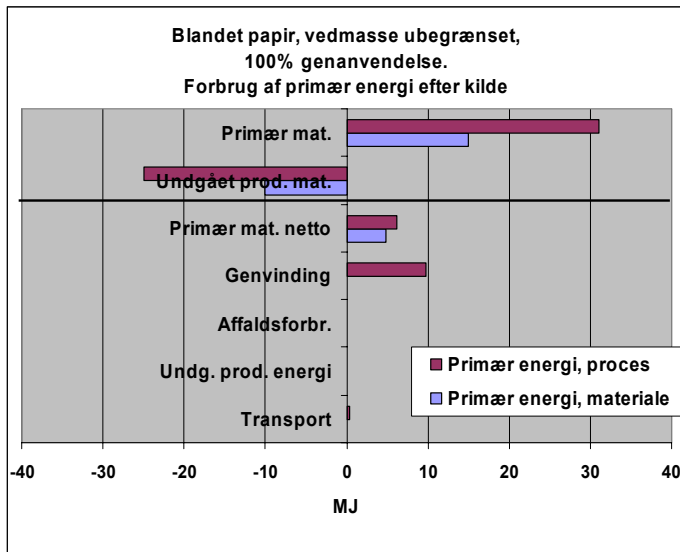
Tabel 1. Karakteriserede værdier. 31xx-2

	Enhed	Genanvendelse, reference	Genanvendelse, udland	Genanvendelse, forbrænd tysk affald	Forbrænding, reference	Forbrænding, kun varme- genvinding
Naturgas	g	272	272	99,76	96,84	165,4
Råolie	g	55,51	55,51	92,98	145,4	145,4
Stenkul	g	0,1832	0,1832	0,8573	1,872	1,97
Træ, blødt (TS)	g	308,9	308,9	308,9	1537	1537
Drivhuseffekt	g CO2-ækv	1029	1029	-694,4	778,1	998,5
Forsuring	g SO2-ækv	1,887	1,887	4,187	2,976	3,304
Fotokemisk ozon	g C2H4-ækv	0,208	0,208	-0,03853	0,548	0,5561
Nærings saltbelastning	g NO3-ækv	2,395	2,395	3,047	5,41	5,766
Volumenaffald	g	48,65	48,65	-160,9	75,68	75,74
Farligt affald	g	1,406	1,406	2,331	3,05	3,098
Radioaktivt affald	g	0,00117	0,00117	0,00146	0,00068	0,00069
Slagge og aske	g	1,951	1,951	84,26	128,7	129,1

Tabellerne 2 – 6 viser de samlede vægtede værdier og primær energi per kg blandet papir. Figurerne 1 – 5 viser primær energi opdelt efter kilde per kg blandet papir.

Tabel 2. 3110. Genanvendelse, reference

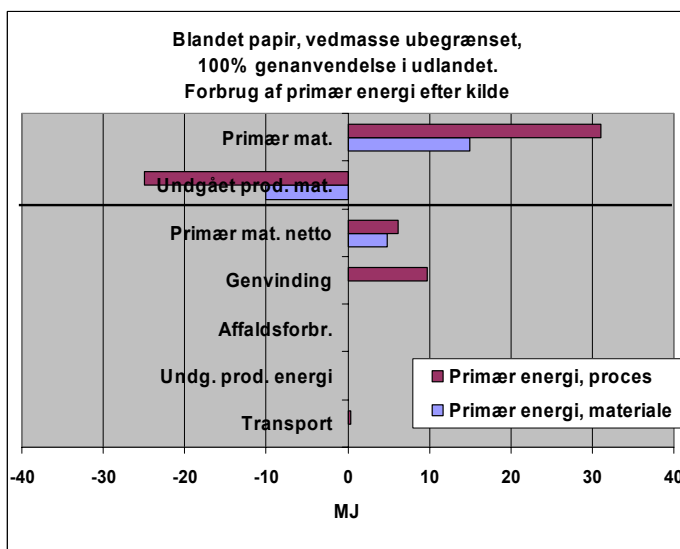
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds- forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	31,1	-24,9	9,74	0	0	0,359	16,299
Primær energi, materiale	MJ	14,9	-10,1	0,00115	0	0	0,000365	4,801515
Naturgas	mPR_wdk1990	0,0135	-0,00982	0,0103	0	0	0,000126	0,014106
Råolie	mPR_wdk1990	0,00545	-0,0036	0,000898	0	0	0,000222	0,0021618
Stenkul	mPR_wdk1990	0,0000206	-0,0000138	-0,00000567	0	0	0,000000773	0,000001903
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,0142	-0,0114	1,15E-10	0	0	3,87E-12	0,0028
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,192	-0,135	0,0928	0	0	0,00397	0,15377
Forsuring	mPET_wdk2000	0,0358	-0,0307	0,0128	0	0	0,00189	0,01979
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,0302	-0,0201	0,00114	0	0	0,0012	0,01244
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	0,0225	-0,0195	0,00539	0	0	0,00128	0,00967
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,0618	-0,03	0,00787	0	0	0,000039	0,039709
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,163	-0,0993	0,00534	0	0	0,00587	0,07491
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,0047	-0,00425	0,00747	0	0	0,000144	0,008064
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,00568	-0,00402	0,00441	0	0	0,000067	0,006137



Figur 1. Forbrug af primær energi efter kilde. 3110. Genanvendelse, reference

Tabel 3. 3110 (2). Genanvendelse, udland. Scenario er magen til genanvendelse i Danmark

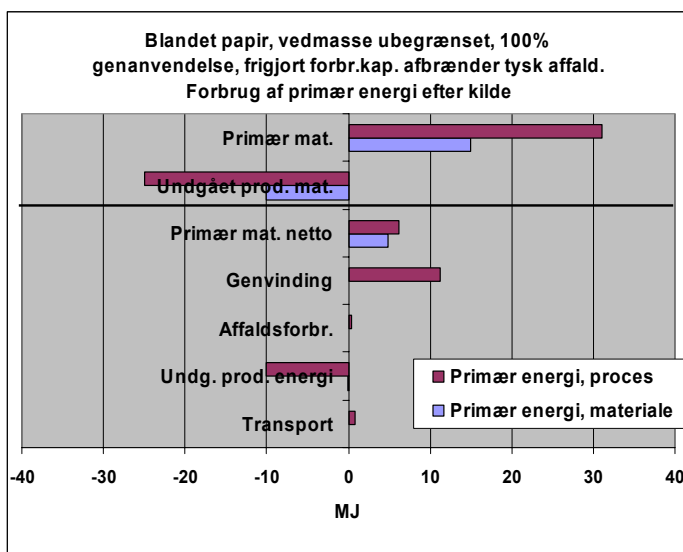
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	31,1	-24,9	9,74	0	0	0,359	16,299
Primær energi, materiale	MJ	14,9	-10,1	0,00115	0	0	0,000365	4,801515
Naturgas	mPR_wdk1990	0,0135	-0,00982	0,0103	0	0	0,000126	0,014106
Råolie	mPR_wdk1990	0,00545	-0,0036	0,0000898	0	0	0,000222	0,0021618
Stenkul	mPR_wdk1990	0,0000206	-0,0000138	-0,00000567	0	0	0,000000773	0,000001903
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,0142	-0,0114	1,15E-10	0	0	3,87E-12	0,0028
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,192	-0,135	0,0928	0	0	0,00397	0,15377
Forsuring	mPET_wdk2000	0,0358	-0,0307	0,0128	0	0	0,00189	0,01979
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,0302	-0,0201	0,00114	0	0	0,0012	0,01244
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,0225	-0,0195	0,00539	0	0	0,00128	0,00967
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,0618	-0,03	0,00787	0	0	0,000039	0,039709
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,163	-0,0993	0,00534	0	0	0,00587	0,07491
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,0047	-0,00425	0,00747	0	0	0,000144	0,008064
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,00568	-0,00402	0,00441	0	0	0,000067	0,006137



Figur 2. Forbrug af primær energi efter kilde. 3110 (2). Genanvendelse, udland. Scenario er magen til genanvendelse i Danmark

Tabel 4. 3112. Genanvendelse, forbrænding af tysk affald

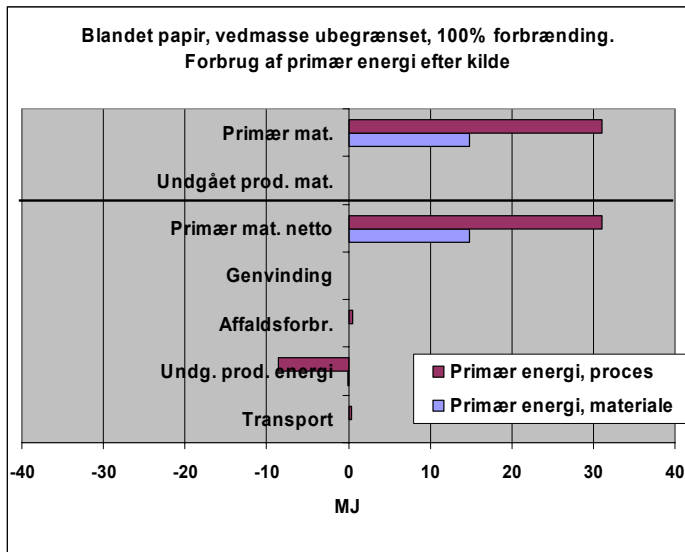
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	31,1	-24,9	11,2	0,41	-10,1	0,887	8,597
Primær energi, materiale	MJ	14,9	-10,1	0,00224	0,000118	-0,0027	0,000864	4,800522
Naturgas	mPR_wdk1990	0,0135	-0,00982	0,0115	0,000468	-0,0107	0,000262	0,00521
Råolie	mPR_wdk1990	0,00545	-0,0036	0,00119	0,00000239	-0,00000437	0,000587	0,003622869
Stenkul	mPR_wdk1990	0,0000206	-0,0000138	0,00000278	0,000000242	-0,00000299	0,00000202	0,000008852
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,0142	-0,0114	1,29E-10	1,2E-11	-2,75E-10	8,43E-12	0,0028
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,192	-0,135	-0,108	0,0364	-0,0996	0,0099	-0,1043
Forsuring	mPET_wdk2000	0,0358	-0,0307	0,0287	0,0112	-0,0104	0,00926	0,04386
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,0302	-0,0201	-0,0183	0,00407	-0,00147	0,00321	-0,00239
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	0,0225	-0,0195	0,00716	0,00181	-0,00433	0,00467	0,01231
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,0618	-0,03	-0,163	0,0000143	-0,000158	0,000102	-0,1312417
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,163	-0,0993	0,0343	0,0184	-0,00763	0,0155	0,12427
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,0047	-0,00425	0,00938	0,0000055	-0,000126	0,000387	0,0100965
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,00568	-0,00402	0,00472	0,263	-0,004	0,000151	0,265531



Figur 3. Forbrug af primær energi efter kilde. 3112. Genanvendelse, forbrænding af tysk affald

Tabel 5. 3120-2. Forbrænding, reference

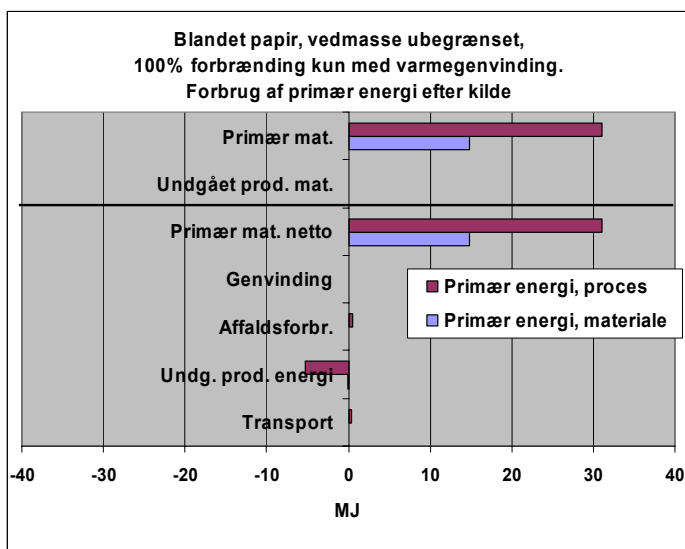
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	31,09	0	0	0,4547	-8,576	0,339	23,3077
Primær energi, materiale	MJ	14,88	0	0	0,0001178	-0,002296	0,0003396	14,8781614
Naturgas	mPR_wdk1990	0,01354	0	0	0,0004682	-0,009124	0,0001247	0,0050089
Råolie	mPR_wdk1990	0,005448	0	0	0,00000024	-0,000003723	0,0002054	0,005649917
Stenkul	mPR_wdk1990	0,00002059	0	0	2,421E-07	-0,000002549	7,162E-07	1,89993E-05
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01421	0	0	1,203E-11	-2,345E-10	3,788E-12	0,01421
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,1924	0	0	0,004986	-0,08483	0,003733	0,116289
Forsuring	mPET_wdk2000	0,03575	0	0	0,00251	-0,008832	0,001761	0,031189
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,03022	0	0	0,00279	-0,001249	0,001115	0,032876
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	0,02251	0	0	0,001805	-0,003691	0,001191	0,021815
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,06177	0	0	0,00001429	-0,0001343	0,00003615	0,06168614
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,1628	0	0	0,0003335	-0,006498	0,005431	0,1620665
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,004699	0	0	0,000005683	-0,0001071	0,0001326	0,004730183
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,005678	0	0	0,4026	-0,003408	0,00006501	0,40493501



Figur 4. Forbrug af primær energi efter kilde. 3120-2. Forbrænding, reference

Tabel 6. 3123-2. Forbrænding, kun varmegenanvendelse

	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	31,09	0	0	0,4547	-5,245	0,339	26,6387
Primær energi, materiale	MJ	14,88	0	0	0,0001178	-0,001404	0,0003396	14,8790534
Naturgas	mPR_wdk1990	0,01354	0	0	0,0004682	-0,00558	0,0001247	0,0085529
Råolie	mPR_wdk1990	0,005448	0	0	0,00000024	-0,000002277	0,0002054	0,005651363
Stenkul	mPR_wdk1990	0,00002059	0	0	2,421E-07	-0,000001559	7,162E-07	1,99893E-05
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01421	0	0	1,203E-11	-1,434E-10	3,788E-12	0,01421
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,1924	0	0	0,004986	-0,05189	0,003733	0,149229
Forsuring	mPET_wdk2000	0,03575	0	0	0,00251	-0,005402	0,001761	0,034619
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,03022	0	0	0,00279	-0,0007641	0,001115	0,0333609
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	0,02251	0	0	0,001805	-0,002257	0,001191	0,023249
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,06177	0	0	0,00001429	-0,00008216	0,00003615	0,06173828
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,1628	0	0	0,0003335	-0,003975	0,005431	0,1645895
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,004699	0	0	0,000005683	-0,00006553	0,0001326	0,004771753
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,005678	0	0	0,4026	-0,002084	0,00006501	0,40625901



Figur 5. Forbrug af primær energi efter kilde. 3123-2. Forbrænding, kun varmegenanvendelse

1.1.2 Fremtidsscenarie 2

Tabel 7 viser karakteriserede værdier per kg blandet papir

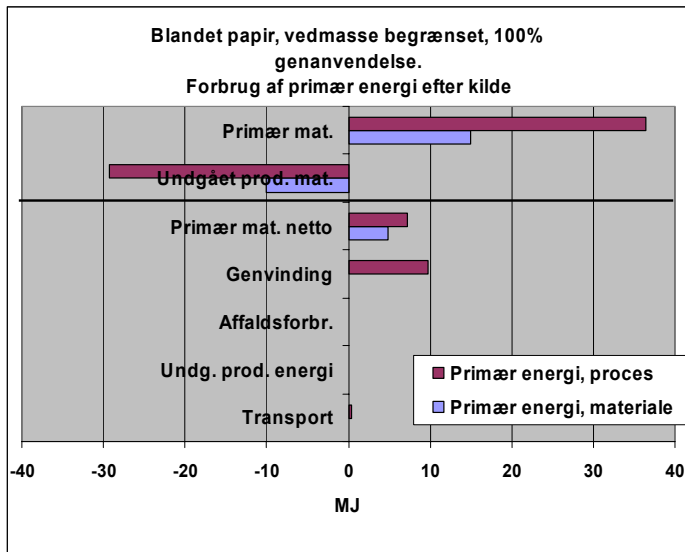
Tabel 7. Karakteriserede værdier. 33xx

	Enhed	Genanvendelse, reference	Genanvendelse, udland	Genanvendelse, forbrænd tysk affald	Forbrænding, reference	Forbrænding, kun varme- genvinding
Naturgas	g	337,7	337,7	165,4	363,5	538,6
Råolie	g	134	134	171,5	535,7	535,8
Stenkul	g	2,724	2,724	3,409	13,49	13,74
Træ, blødt (TS)	g	2,89E-05	2,89E-05	2,36E-06	2,85E-05	5,37E-05
Drivhuseffekt	g CO2-ækv	1471	1471	-253	2780	3343
Forsuring	g SO2-ækv	5,674	5,674	7,973	21,51	22,35
Fotokemisk ozon	g C2H4-ækv	0,2829	0,2829	0,03634	0,9118	0,9324
Nærings saltbelastning	g NO3-ækv	3,031	3,031	3,683	8,257	9,165
Volumenaffald	g	50,43	50,43	-159,1	83,99	84,15
Farligt affald	g	2,939	2,939	3,864	10,63	10,75
Radioaktivt affald	g	0,00195	0,00195	0,00224	0,00457	0,00458
Slagge og aske	g	1,658	1,658	83,97	126,9	128

Tabellerne 8 – 12 viser de samlede vægtede værdier og primær energi per kg blandet papir. Figurerne 6 – 10 viser primær energi opdelt efter kilde per kg blandet papir.

Tabel 8. 3310. Genanvendelse, reference

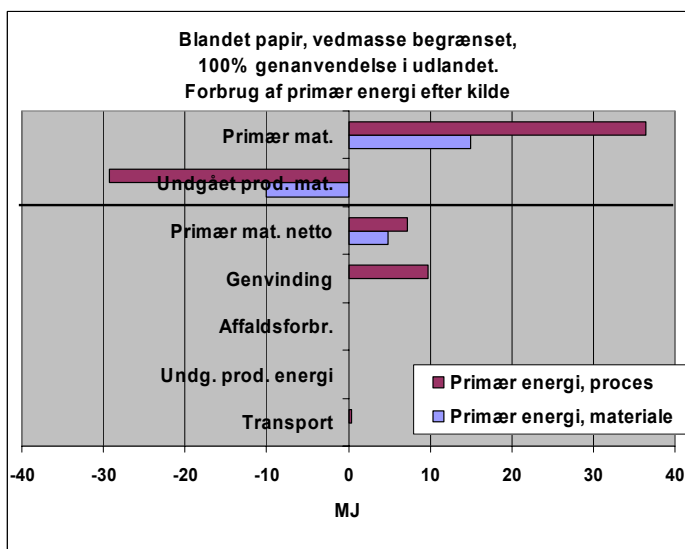
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds- forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	36,4	-29,2	9,75	0	0	0,359	17,309
Primær energi, materiale	MJ	14,9	-10,1	0,00115	0	0	0,000365	4,801515
Naturgas	mPR_wdk1990	0,0304	-0,0233	0,0103	0	0	0,000126	0,017526
Råolie	mPR_wdk1990	0,0206	-0,0157	0,00009	0	0	0,000222	0,005212
Stenkul	mPR_wdk1990	0,000139	-0,000109	-0,00000382	0	0	0,000000773	0,000026953
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	5,61E-10	-4,14E-10	1,15E-10	0	0	3,87E-12	2,6587E-10
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,52	-0,397	0,0928	0	0	0,00397	0,21977
Forsuring	mPET_wdk2000	0,233	-0,188	0,0128	0	0	0,00189	0,05969
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,0525	-0,0378	0,00114	0	0	0,0012	0,01704
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	0,0352	-0,0297	0,00539	0	0	0,00128	0,01217
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,0686	-0,0355	0,00794	0	0	0,000039	0,041079
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,568	-0,423	0,00534	0	0	0,00587	0,15621
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,0316	-0,0257	0,00747	0	0	0,000144	0,013514
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,00108	-0,000341	0,00442	0	0	0,000067	0,005226



Figur 6. Forbrug af primær energi efter kilde. 3310. Genanvendelse, reference

Tabel 9. 3310 (2). Genanvendelse, udland. Scenario svarer til genanvendelse i Danmark

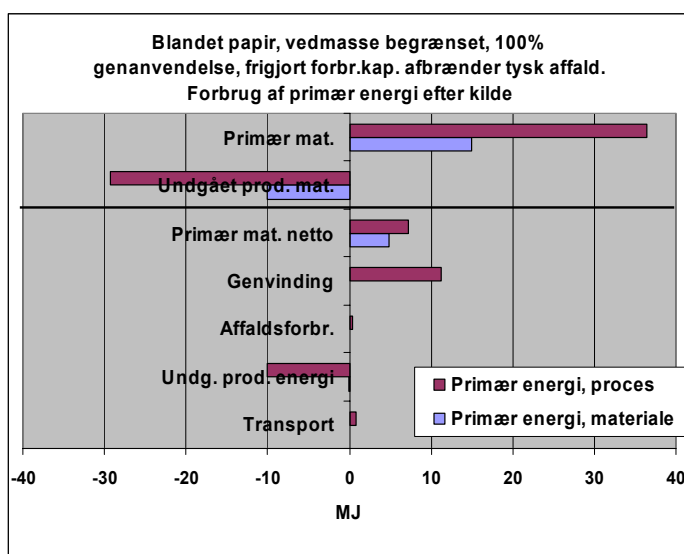
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	36,4	-29,2	9,75	0	0	0,359	17,309
Primær energi, materiale	MJ	14,9	-10,1	0,00115	0	0	0,000365	4,801515
Naturgas	mPR_wdk1990	0,0304	-0,0233	0,0103	0	0	0,000126	0,017526
Råolie	mPR_wdk1990	0,0206	-0,0157	0,00009	0	0	0,000222	0,005212
Stenkul	mPR_wdk1990	0,000139	-0,000109	-0,0000382	0	0	0,00000773	0,000026953
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	5,61E-10	-4,14E-10	1,15E-10	0	0	3,87E-12	2,6587E-10
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,52	-0,397	0,0928	0	0	0,00397	0,21977
Forsuring	mPET_wdk2000	0,233	-0,188	0,0128	0	0	0,00189	0,05969
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,0525	-0,0378	0,00114	0	0	0,0012	0,01704
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	0,0352	-0,0297	0,00539	0	0	0,00128	0,01217
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,0686	-0,0355	0,00794	0	0	0,000039	0,041079
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,568	-0,423	0,00534	0	0	0,00587	0,15621
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,0316	-0,0257	0,00747	0	0	0,000144	0,013514
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,00108	-0,000341	0,00442	0	0	0,000067	0,005226



Figur 7. Forbrug af primær energi efter kilde. 3310 (2). Genanvendelse, udland. Scenario svarer til genanvendelse i Danmark

Tabel 10. 3312. Genanvendelse, forbrænding af tysk affald

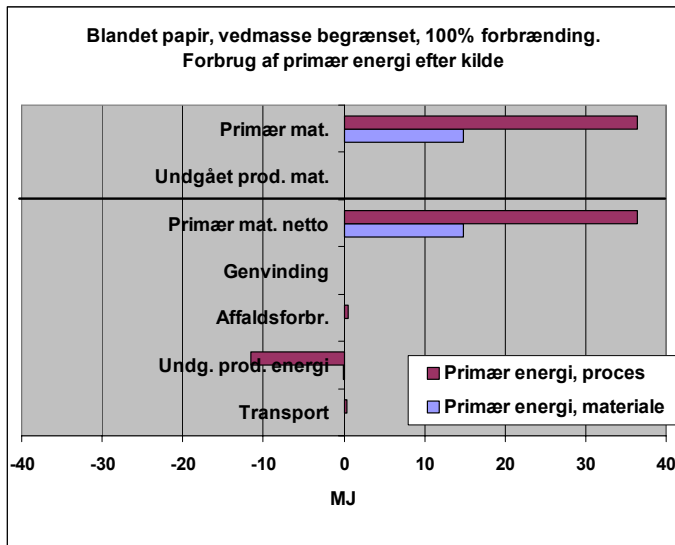
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	36,4	-29,2	11,2	0,41	-10,1	0,887	9,597
Primær energi, materiale	MJ	14,9	-10,1	0,00224	0,000118	-0,0027	0,000864	4,800522
Naturgas	mPR_wdk1990	0,0304	-0,0233	0,0115	0,000468	-0,0107	0,000262	0,00863
Råolie	mPR_wdk1990	0,0206	-0,0157	0,00119	0,00000024	-0,00000437	0,000587	0,00667287
Stenkul	mPR_wdk1990	0,000139	-0,000109	0,00000463	0,000000242	-0,00000299	0,00000202	0,000033902
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	5,61E-10	-4,14E-10	1,29E-10	1,2E-11	-2,75E-10	8,43E-12	2,143E-11
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,52	-0,397	-0,108	0,0364	-0,0996	0,0099	-0,0383
Forsuring	mPET_wdk2000	0,233	-0,188	0,0287	0,0112	-0,0104	0,00926	0,08376
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,0525	-0,0378	-0,0183	0,00407	-0,00147	0,00321	0,00221
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,0352	-0,0297	0,00716	0,00181	-0,00433	0,00467	0,01481
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,0686	-0,0355	-0,163	0,0000143	-0,000158	0,000102	-0,1299417
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,568	-0,423	0,0343	0,0184	-0,00763	0,0155	0,20557
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,0316	-0,0257	0,00939	0,00000568	-0,000126	0,000387	0,01555668
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,00108	-0,000341	0,00472	0,263	-0,004	0,000151	0,26461



Figur 8. Forbrug af primær energi efter kilde. 3312. Genanvendelse, forbrænding af tysk affald

Tabel 11. 3320. Forbrænding, reference

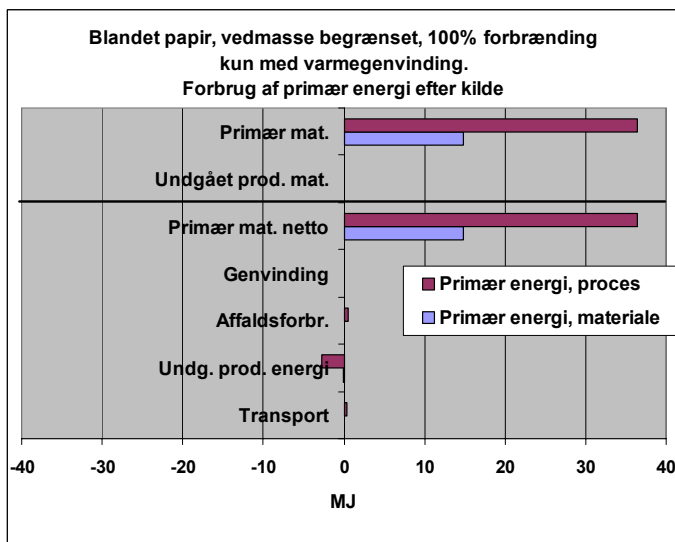
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	36,44	0	0	0,4547	-11,48	0,339	25,7537
Primær energi, materiale	MJ	14,89	0	0	0,0001178	-0,003073	0,0003396	14,8873844
Naturgas	mPR_wdk1990	0,0304	0	0	0,0004682	-0,01221	0,0001247	0,0187829
Råolie	mPR_wdk1990	0,02062	0	0	0,00000024	-0,000004982	0,0002054	0,020820658
Stenkul	mPR_wdk1990	0,0001393	0	0	2,421E-07	-0,000003411	7,162E-07	0,000136847
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	5,613E-10	0	0	1,203E-11	-3,138E-10	3,788E-12	2,63318E-10
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,5204	0	0	0,004986	-0,1135	0,003733	0,415619
Forsuring	mPET_wdk2000	0,2329	0	0	0,00251	-0,01182	0,001761	0,225351
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,05247	0	0	0,00279	-0,001672	0,001115	0,054703
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,03524	0	0	0,001805	-0,004939	0,001191	0,033297
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,06859	0	0	0,00001429	-0,0001798	0,00003615	0,06846064
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,5678	0	0	0,0003335	-0,008696	0,005431	0,5648685
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,0316	0	0	0,000005683	-0,0001434	0,0001326	0,031594883
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,001076	0	0	0,4026	-0,00456	0,00006501	0,39918101



Figur 9. Forbrug af primær energi efter kilde. 3320. Forbrænding, reference

Tabel 12. 3323. Forbrænding, kun varmegenanvendelse

	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	36,44	0	0	0,4547	-2,736	0,339	34,4977
Primær energi, materiale	MJ	14,89	0	0	0,0001178	-0,0007958	0,0003396	14,8896616
Naturgas	mPR_wdk1990	0,0304	0	0	0,0004682	-0,003162	0,0001247	0,0278309
Råolie	mPR_wdk1990	0,02062	0	0	0,00000024	-0,000001451	0,0002054	0,020824189
Stenkul	mPR_wdk1990	0,0001393	0	0	2,421E-07	-8,835E-07	7,162E-07	0,000139375
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	5,613E-10	0	0	1,203E-11	-8,126E-11	3,788E-12	4,95858E-10
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,5204	0	0	0,004986	-0,0294	0,003733	0,499719
Forsuring	mPET_wdk2000	0,2329	0	0	0,00251	-0,003061	0,001761	0,23411
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,05247	0	0	0,00279	-0,0004332	0,001115	0,0559418
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	0,03524	0	0	0,001805	-0,001279	0,001191	0,036957
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,06859	0	0	0,00001429	-0,00004656	0,00003615	0,06859388
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,5678	0	0	0,0003335	-0,002252	0,005431	0,5713125
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,0316	0	0	0,000005683	-0,00003713	0,0001326	0,031701153
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,001076	0	0	0,4026	-0,001181	0,00006501	0,40256001



Figur 10. Forbrug af primær energi efter kilde. 3323. Forbrænding, kun varmegenanvendelse

1.1.3 Cost/benefit betragtninger

Tabel 13 viser karakteriserede værdier per kg blandet papir

Tabel 13. Karakteriserede værdier. 32xx-2

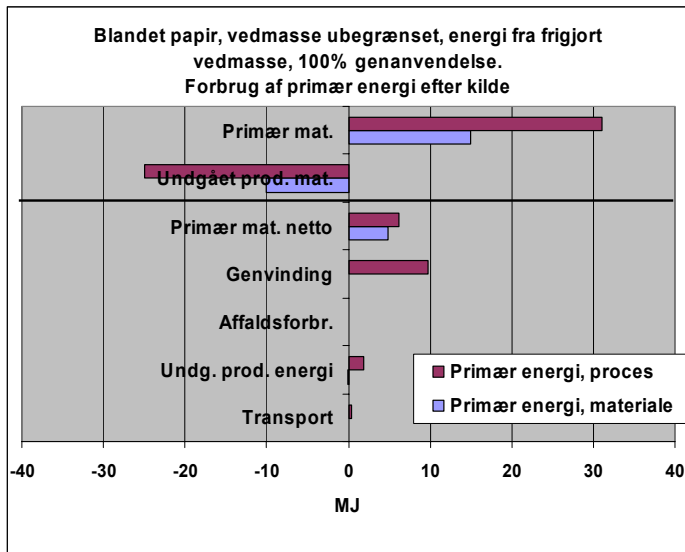
	Enhed	Genanvendelse, reference	Genanvendelse, udland	Genanvendelse, forbrænd tysk affald	Forbrænding, reference	Forbrænding, kun varme- genvinding
Naturgas	g	-188,2	-188,2	-360,5	96,84	165,4
Råolie	g	60,74	60,74	98,21	145,4	145,4
Stenkul	g	-0,4561	-0,4561	0,2181	1,872	1,97
Træ, blødt (TS)	g	1619	1619	1619	1537	1537
Drivhuseffekt	g CO2-ækv	-430,6	-430,6	-2154	778,1	998,5
Forsuring	g SO2-ækv	0,4766	0,4766	2,776	2,976	3,304
Fotokemisk ozon	g C2H4-ækv	0,233	0,233	-0,01353	0,548	0,5561
Nærings saltbelastning	g NO3-ækv	1,262	1,262	1,914	5,41	5,766
Volumenaffald	g	48,23	48,23	-161,3	75,68	75,74
Farligt affald	g	1,087	1,087	2,012	3,05	3,098
Radioaktivt affald	g	0,00113	0,00113	0,00142	0,00068	0,00069
Slagge og aske	g	4,448	4,448	86,76	128,7	129,1

Tabellerne 14 – 18 viser de samlede vægtede værdier og primær energi per kg blandet papir.

Figurerne 11 – 15 viser primær energi opdelt efter kilde per kg blandet papir.

Tabel 14. 3210. Genanvendelse, reference

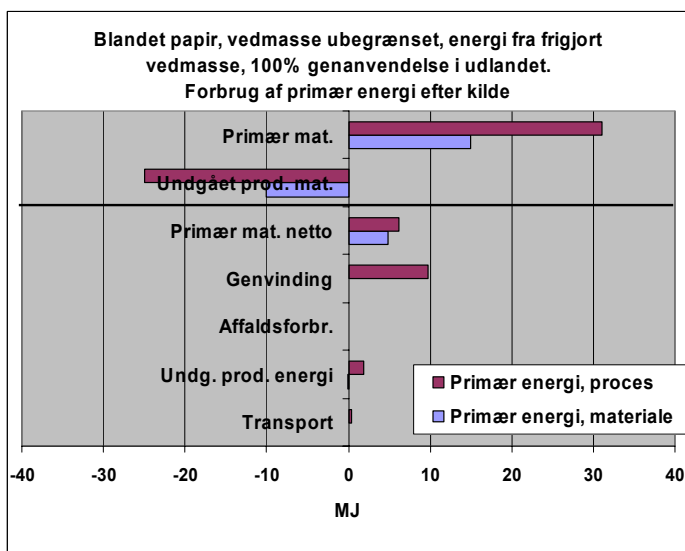
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds- forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	31,1	-24,9	9,74	0	1,84	0,359	18,139
Primær energi, materiale	MJ	14,9	-10,1	0,00115	0	-0,00599	0,000365	4,795525
Naturgas	mPR_wdk1990	0,0135	-0,00982	0,0103	0	-0,0238	0,000126	-0,009694
Råolie	mPR_wdk1990	0,00545	-0,0036	0,0000898	0	0,000203	0,000222	0,0023648
Stenkul	mPR_wdk1990	0,0000206	-0,0000138	-0,00000567	0	-0,00000649	0,000000773	-0,000004587
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,0142	-0,0114	1,15E-10	0	0,0121	3,87E-12	0,0149
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,192	-0,135	0,0928	0	-0,218	0,00397	-0,06423
Forsuring	mPET_wdk2000	0,0358	-0,0307	0,0128	0	-0,0148	0,00189	0,00499
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,0302	-0,0201	0,00114	0	0,0015	0,0012	0,01394
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	0,0225	-0,0195	0,00539	0	-0,00457	0,00128	0,0051
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,0618	-0,03	0,00787	0	-0,000339	0,000039	0,03937
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,163	-0,0993	0,00534	0	-0,017	0,00587	0,05791
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,0047	-0,00425	0,00747	0	-0,00028	0,000144	0,007784
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,00568	-0,00402	0,00441	0	0,00786	0,000067	0,013997



Figur 11. Forbrug af primær energi efter kilde. 3210. Genanvendelse, reference

Tabel 15. 3210 (2). Genanvendelse, udland. Scenario er magen til genanvendelse i Danmark

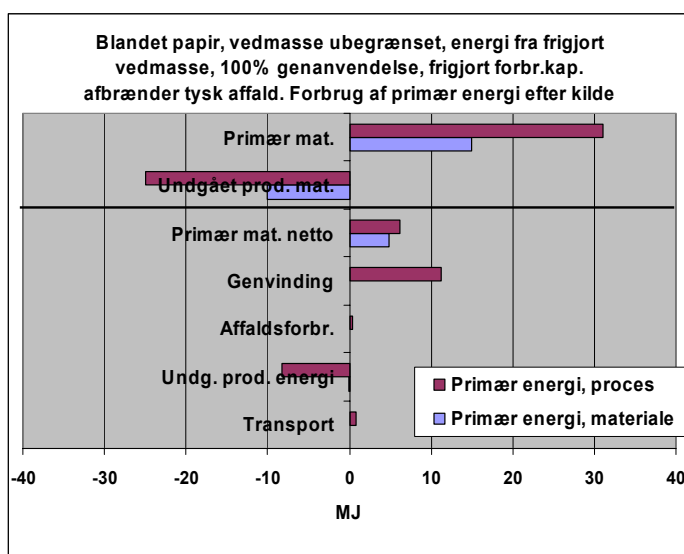
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	31,1	-24,9	9,74	0	1,84	0,359	18,139
Primær energi, materiale	MJ	14,9	-10,1	0,00115	0	-0,00599	0,000365	4,795525
Naturgas	mPR_wdk1990	0,0135	-0,00982	0,0103	0	-0,0238	0,000126	-0,009694
Råolie	mPR_wdk1990	0,00545	-0,0036	0,0000898	0	0,000203	0,000222	0,0023648
Stenkul	mPR_wdk1990	0,0000206	-0,0000138	-0,00000567	0	-0,00000649	0,000000773	-0,000004587
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,0142	-0,0114	1,15E-10	0	0,0121	3,87E-12	0,0149
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,192	-0,135	0,0928	0	-0,218	0,00397	-0,06423
Forsuring	mPET_wdk2000	0,0358	-0,0307	0,0128	0	-0,0148	0,00189	0,00499
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,0302	-0,0201	0,00114	0	0,0015	0,0012	0,01394
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,0225	-0,0195	0,00539	0	-0,00457	0,00128	0,0051
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,0618	-0,03	0,00787	0	-0,000339	0,000039	0,03937
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,163	-0,0993	0,00534	0	-0,017	0,00587	0,05791
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,0047	-0,00425	0,00747	0	-0,00028	0,000144	0,007784
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,00568	-0,00402	0,00441	0	0,00786	0,000067	0,013997



Figur 12. Forbrug af primær energi efter kilde. 3210 (2). Genanvendelse, udland. Scenario er magen til genanvendelse i Danmark

Tabel 16. 3212. Genanvendelse, forbrænding af tysk affald

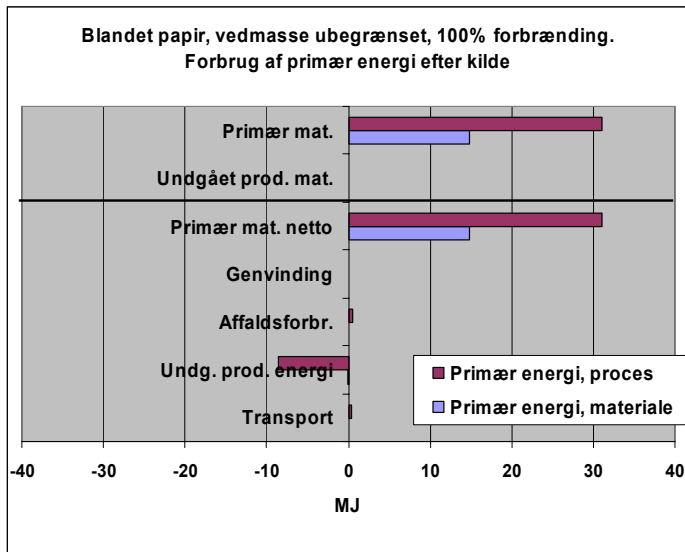
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	31,1	-24,9	11,2	0,41	-8,22	0,887	10,477
Primær energi, materiale	MJ	14,9	-10,1	0,00224	0,000118	-0,00869	0,000864	4,794532
Naturgas	mPR_wdk1990	0,0135	-0,00982	0,0115	0,000468	-0,0345	0,000262	-0,01859
Råolie	mPR_wdk1990	0,00545	-0,0036	0,00119	0,000000239	0,000199	0,000587	0,003826239
Stenkul	mPR_wdk1990	0,0000206	-0,0000138	0,00000278	0,000000242	-0,00000948	0,00000202	0,000002362
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,0142	-0,0114	1,29E-10	1,2E-11	0,0121	8,43E-12	0,0149
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,192	-0,135	-0,108	0,0364	-0,318	0,0099	-0,3227
Forsuring	mPET_wdk2000	0,0358	-0,0307	0,0287	0,0112	-0,0252	0,00926	0,02906
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,0302	-0,0201	-0,0183	0,00407	0,0000341	0,00321	-0,0008859
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	0,0225	-0,0195	0,00716	0,00181	-0,0089	0,00467	0,00774
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,0618	-0,03	-0,163	0,0000143	-0,000497	0,000102	-0,1315807
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,163	-0,0993	0,0343	0,0184	-0,0246	0,0155	0,1073
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,0047	-0,00425	0,0107	0,0000055	-0,000405	0,000387	0,0111375
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,00568	-0,00402	0,00472	0,263	0,00386	0,000151	0,273391



Figur 13. Forbrug af primær energi efter kilde. 3212. Genanvendelse, forbrænding af tysk affald

Tabel 17. 3120-2. Forbrænding, reference. Svarer til fremtidsscenario 1

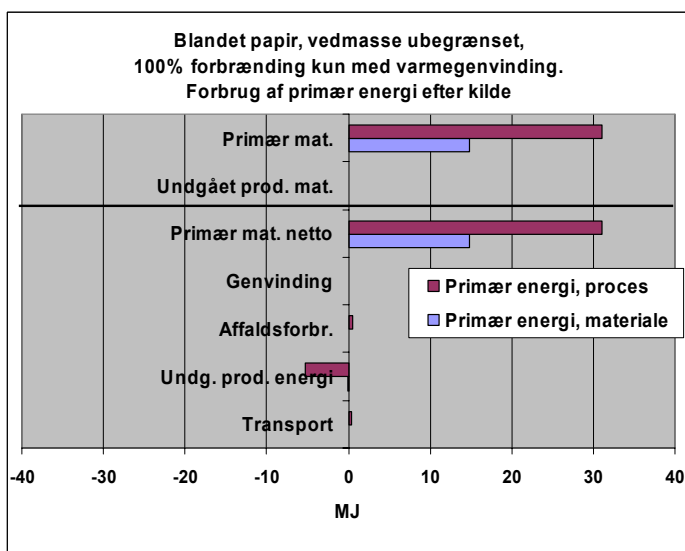
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	31,09	0	0	0,4547	-8,576	0,339	23,3077
Primær energi, materiale	MJ	14,88	0	0	0,0001178	-0,002296	0,0003396	14,8781614
Naturgas	mPR_wdk1990	0,01354	0	0	0,0004682	-0,009124	0,0001247	0,0050089
Råolie	mPR_wdk1990	0,005448	0	0	0,00000024	-0,000003723	0,0002054	0,005649917
Stenkul	mPR_wdk1990	0,00002059	0	0	2,421E-07	-0,000002549	7,162E-07	1,89993E-05
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01421	0	0	1,203E-11	-2,345E-10	3,788E-12	0,01421
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,1924	0	0	0,004986	-0,08483	0,003733	0,116289
Forsuring	mPET_wdk2000	0,03575	0	0	0,00251	-0,008832	0,001761	0,031189
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,03022	0	0	0,00279	-0,001249	0,001115	0,032876
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	0,02251	0	0	0,001805	-0,003691	0,001191	0,021815
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,06177	0	0	0,00001429	-0,0001343	0,00003615	0,06168614
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,1628	0	0	0,0003335	-0,006498	0,005431	0,1620665
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,004699	0	0	0,000005683	-0,0001071	0,0001326	0,004730183
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,005678	0	0	0,4026	-0,003408	0,00006501	0,40493501



Figur 14. Forbrug af primær energi efter kilde. 3120-2 . Forbrænding, reference. Svarer til fremtidsscenarie 1

Tabel 18. 3123-2 . Forbrænding, kun varmegenanvendelse. Svarer til fremtidsscenarie 1

	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	31,09	0	0	0,4547	-5,245	0,339	26,6387
Primær energi, materiale	MJ	14,88	0	0	0,0001178	-0,001404	0,0003396	14,8790534
Naturgas	mPR_wdk1990	0,01354	0	0	0,0004682	-0,00558	0,0001247	0,0085529
Råolie	mPR_wdk1990	0,005448	0	0	0,00000024	-0,000002277	0,0002054	0,005651363
Stenkul	mPR_wdk1990	0,00002059	0	0	2,421E-07	-0,000001559	7,162E-07	1,99893E-05
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01421	0	0	1,203E-11	-1,434E-10	3,788E-12	0,01421
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,1924	0	0	0,004986	-0,05189	0,003733	0,149229
Forsuring	mPET_wdk2000	0,03575	0	0	0,00251	-0,005402	0,001761	0,034619
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,03022	0	0	0,00279	-0,0007641	0,001115	0,0333609
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,02251	0	0	0,001805	-0,002257	0,001191	0,023249
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,06177	0	0	0,00001429	-0,00008216	0,00003615	0,06173828
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,1628	0	0	0,0003335	-0,003975	0,005431	0,1645895
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,004699	0	0	0,000005683	-0,00006553	0,0001326	0,004771753
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,005678	0	0	0,4026	-0,002084	0,00006501	0,40625901



Figur 15. Forbrug af primær energi efter kilde. 3123-2 . Forbrænding, kun varmegenanvendelse. Svarer til fremtidsscenarie 1

1.2 Udviklingsscenarier

1.2.1 Fremtidsscenarie 1

Tabel 19 viser karakteriserede værdier for udviklingsscenarierne for blandet papir.

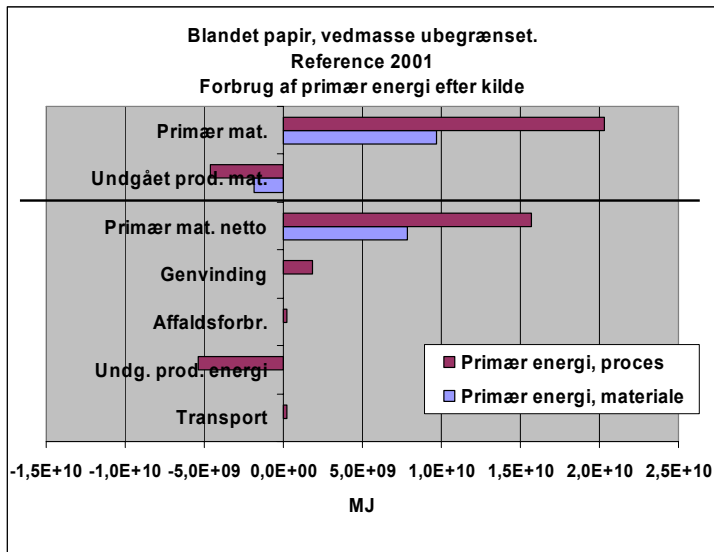
Tabel 19. Karakteriserede værdier. 3x5M

	Enhed	Reference	Øget genanvendelse	Reduceret genanvendelse
Naturgas	g	6,79E+10	7,21E+10	5,81E+10
Råolie	g	7,81E+10	7,64E+10	8,11E+10
Stenkul	g	9,03E+08	8,77E+08	9,48E+08
Træ, blødt (TS)	g	7,74E+11	7,51E+11	8,15E+11
Drivhuseffekt	g CO2-ækv	4,65E+11	4,73E+11	4,44E+11
Forsuring	g SO2-ækv	1,61E+09	1,59E+09	1,63E+09
Fotokemisk ozon	g C2H4-ækv	2,91E+08	2,85E+08	3,02E+08
Næringssaltbelastning	g NO3-ækv	2,82E+09	2,77E+09	2,91E+09
Volumenaffald	g	4,43E+10	4,38E+10	4,52E+10
Farligt affald	g	1,66E+09	1,63E+09	1,72E+09
Radioaktivt affald	g	5,35E+05	5,44E+05	5,18E+05
Slagge og aske	g	6,02E+10	5,79E+10	6,55E+10

Tabellerne 20 – 22 viser de samlede vægtede værdier og primær energi for udviklingsscenarierne for blandet papir. Figurerne 16 – 18 viser primær energi opdelt efter kilde for udviklingsscenarierne for blandet papir.

Tabel 20. 315M. Reference

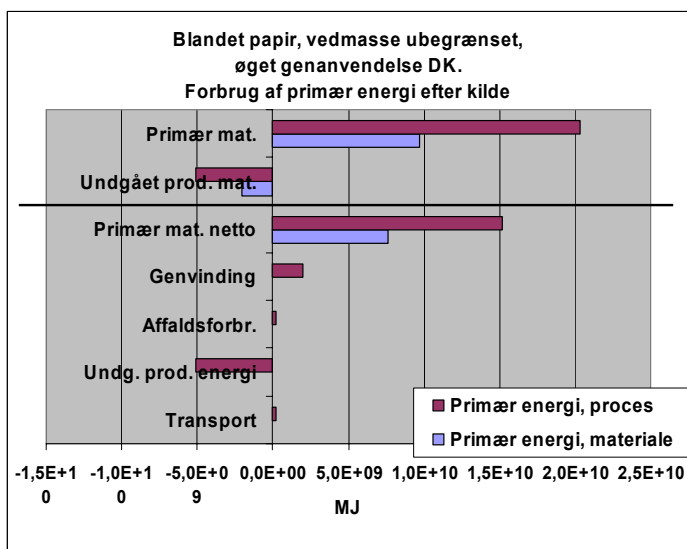
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	2,03E+10	-4,64E+09	1,81E+09	2,12E+08	-5,35E+09	2,25E+08	1,26E+10
Primær energi, materiale	MJ	9,70E+09	-1,88E+09	2,14E+05	5,49E+04	-1,43E+06	2,26E+05	7,82E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	8,83E+06	-1,83E+06	1,91E+06	2,18E+05	-5,69E+06	8,15E+04	3,52E+06
Råolie	mPR_wdk1990	3,55E+06	-6,70E+05	1,68E+04	1,12E+02	-2,32E+03	1,37E+05	3,03E+06
Stenkul	mPR_wdk1990	1,34E+04	-2,56E+03	-7,03E+02	1,13E+02	-1,59E+03	4,78E+02	9,14E+03
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	9,26E+06	-2,11E+06	2,14E-02	5,61E-03	-1,46E-01	2,49E-03	7,15E+06
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	1,26E+08	-2,52E+07	1,73E+07	2,32E+06	-5,29E+07	2,48E+06	7,00E+07
Forsuring	mPET_wdk2000	2,33E+07	-5,70E+06	2,39E+06	1,17E+06	-5,51E+06	1,17E+06	1,68E+07
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	1,97E+07	-3,73E+06	2,12E+05	1,30E+06	-7,79E+05	7,43E+05	1,74E+07
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	1,47E+07	-3,63E+06	1,00E+06	8,41E+05	-2,30E+06	7,93E+05	1,14E+07
Volumenaffald	mPET_wdk2000	4,03E+07	-5,58E+06	1,48E+06	6,66E+03	-8,38E+04	2,41E+04	3,61E+07
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,06E+08	-1,85E+07	9,92E+05	1,55E+05	-4,05E+06	3,62E+06	8,82E+07
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	3,06E+06	-7,90E+05	1,40E+06	2,65E+03	-6,68E+04	8,85E+04	3,69E+06
Slagge og aske	mPET_wdk2000	3,70E+06	-7,47E+05	8,24E+05	1,88E+08	-2,13E+06	4,28E+04	1,90E+08



Figur 16. Forbrug af primær energi efter kilde. 315M. Reference

Tabel 21. 325M. Øget genanvendelse

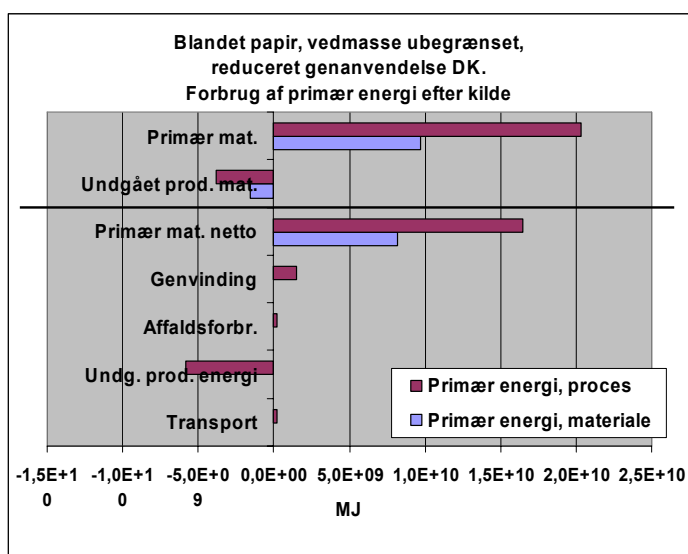
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	2,03E+10	-5,10E+09	1,99E+09	2,04E+08	-5,14E+09	2,25E+08	1,25E+10
Primær energi, materiale	MJ	9,70E+09	-2,07E+09	2,35E+05	5,28E+04	-1,38E+06	2,27E+05	7,63E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	8,83E+06	-2,01E+06	2,09E+06	2,10E+05	-5,47E+06	8,15E+04	3,73E+06
Råolie	mPR_wdk1990	3,55E+06	-7,36E+05	1,84E+04	1,08E+02	-2,23E+03	1,37E+05	2,97E+06
Stenkul	mPR_wdk1990	1,34E+04	-2,82E+03	-7,73E+02	1,09E+02	-1,53E+03	4,79E+02	8,87E+03
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	9,26E+06	-2,32E+06	2,36E-02	5,39E-03	-1,41E-01	2,49E-03	6,94E+06
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	1,26E+08	-2,77E+07	1,90E+07	2,23E+06	-5,09E+07	2,48E+06	7,11E+07
Forsuring	mPET_wdk2000	2,33E+07	-6,27E+06	2,62E+06	1,12E+06	-5,30E+06	1,17E+06	1,66E+07
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	1,97E+07	-4,10E+06	2,33E+05	1,25E+06	-7,49E+05	7,45E+05	1,71E+07
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	1,47E+07	-3,99E+06	1,10E+06	8,09E+05	-2,21E+06	7,95E+05	1,12E+07
Volumenaffald	mPET_wdk2000	4,03E+07	-6,14E+06	1,62E+06	6,40E+03	-8,05E+04	2,42E+04	3,57E+07
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,06E+08	-2,03E+07	1,09E+06	1,49E+05	-3,90E+06	3,63E+06	8,67E+07
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	3,06E+06	-8,68E+05	1,54E+06	2,55E+03	-6,42E+04	8,87E+04	3,76E+06
Slagge og aske	mPET_wdk2000	3,70E+06	-8,21E+05	9,06E+05	1,80E+08	-2,04E+06	4,28E+04	1,82E+08



Figur 17. Forbrug af primær energi efter kilde. 325M. Øget genanvendelse

Tabel 22. 335M. Reduceret genanvendelse

	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	2,03E+10	-3,80E+09	1,49E+09	2,31E+08	-5,83E+09	2,25E+08	1,26E+10
Primær energi, materiale	MJ	9,70E+09	-1,54E+09	1,75E+05	5,99E+04	-1,56E+06	2,26E+05	8,16E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	8,83E+06	-1,50E+06	1,56E+06	2,38E+05	-6,20E+06	8,15E+04	3,01E+06
Råolie	mPR_wdk1990	3,55E+06	-5,49E+05	1,38E+04	1,22E+02	-2,53E+03	1,37E+05	3,15E+06
Stenkul	mPR_wdk1990	1,34E+04	-2,10E+03	-5,76E+02	1,23E+02	-1,73E+03	4,78E+02	9,60E+03
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	9,26E+06	-1,73E+06	1,76E-02	6,11E-03	-1,59E-01	2,49E-03	7,53E+06
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	1,26E+08	-2,06E+07	1,42E+07	2,53E+06	-5,77E+07	2,48E+06	6,69E+07
Forsuring	mPET_wdk2000	2,33E+07	-4,68E+06	1,96E+06	1,28E+06	-6,00E+06	1,17E+06	1,70E+07
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	1,97E+07	-3,06E+06	1,74E+05	1,42E+06	-8,49E+05	7,43E+05	1,81E+07
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	1,47E+07	-2,98E+06	8,22E+05	9,17E+05	-2,51E+06	7,93E+05	1,17E+07
Volumenaffald	mPET_wdk2000	4,03E+07	-4,58E+06	1,21E+06	7,26E+03	-9,13E+04	2,41E+04	3,69E+07
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,06E+08	-1,51E+07	8,14E+05	1,69E+05	-4,42E+06	3,62E+06	9,11E+07
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	3,06E+06	-6,48E+05	1,15E+06	2,89E+03	-7,28E+04	8,85E+04	3,58E+06
Slagge og aske	mPET_wdk2000	3,70E+06	-6,13E+05	6,75E+05	2,05E+08	-2,32E+06	4,28E+04	2,06E+08



Figur 18. Forbrug af primær energi efter kilde. 335M. Reduceret genanvendelse

1.2.2 Fremtidsscenarie 2

Tabel 23 viser karakteriserede værdier for udviklingsscenarierne for blandet papir.

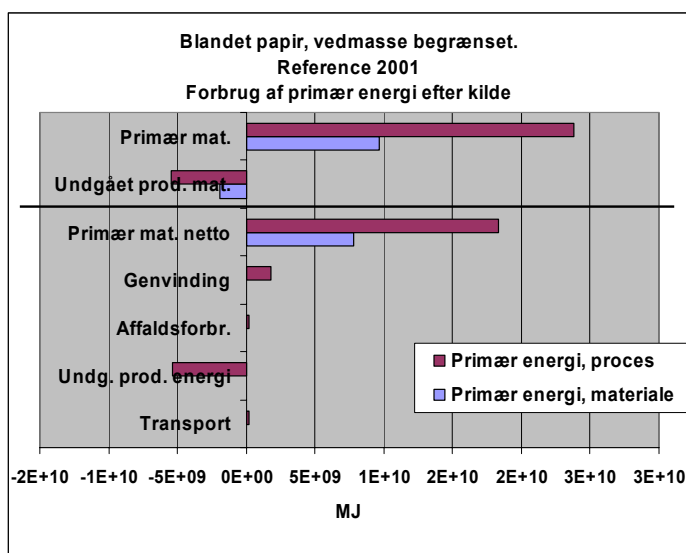
Tabel 23. Karakteriserede værdier. 3x1MSU

	Enhed	Reference	Øget genanvendelse	Reduceret genanvendelse
Naturgas	g	2,32E+11	2,32E+11	2,31E+11
Råolie	g	2,75E+11	2,67E+11	2,88E+11
Stenkul	g	6,79E+09	6,59E+09	7,15E+09
Træ, blødt (TS)	g	1,87E+04	1,86E+04	1,84E+04
Drivhuseffekt	g CO2-ækv	1,57E+12	1,55E+12	1,61E+12
Forsuring	g SO2-ækv	1,11E+10	1,08E+10	1,16E+10
Fotokemisk ozon	g C2H4-ækv	4,78E+08	4,66E+08	4,99E+08
Nærings saltbelastning	g NO3-ækv	4,41E+09	4,32E+09	4,58E+09
Volumenaffald	g	4,85E+10	4,79E+10	4,96E+10
Farligt affald	g	5,50E+09	5,36E+09	5,76E+09
Radioaktivt affald	g	2,49E+06	2,44E+06	2,58E+06
Slagge og aske	g	5,94E+10	5,72E+10	6,47E+10

Tabellerne 24 – 26 viser de samlede vægtede værdier og primær energi for udviklingsscenarierne for blandet papir. Figurerne 19 – 21 viser primær energi opdelt efter kilde for udviklingsscenarierne for blandet papir.

Tabel 24. 311MSU. Reference

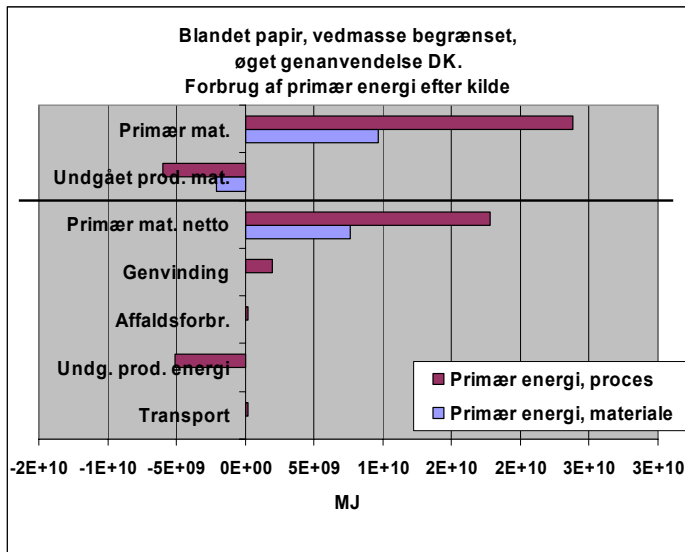
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	2,38E+10	-5,43E+09	1,81E+09	2,12E+08	-5,35E+09	2,25E+08	1,53E+10
Primær energi, materiale	MJ	9,71E+09	-1,88E+09	2,14E+05	5,49E+04	-1,43E+06	2,26E+05	7,83E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	1,98E+07	-4,33E+06	1,91E+06	2,18E+05	-5,69E+06	8,15E+04	1,20E+07
Råolie	mPR_wdk1990	1,35E+07	-2,92E+06	1,67E+04	1,12E+02	-2,32E+03	1,37E+05	1,07E+07
Stenkul	mPR_wdk1990	9,09E+04	-2,02E+04	-7,10E+02	1,13E+02	-1,59E+03	4,78E+02	6,90E+04
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	3,66E-01	-7,69E-02	2,14E-02	5,61E-03	-1,46E-01	2,49E-03	1,73E-01
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	3,39E+08	-7,39E+07	1,73E+07	2,32E+06	-5,29E+07	2,48E+06	2,34E+08
Forsuring	mPET_wdk2000	1,52E+08	-3,50E+07	2,38E+06	1,17E+06	-5,51E+06	1,17E+06	1,16E+08
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	3,42E+07	-7,04E+06	2,12E+05	1,30E+06	-7,79E+05	7,43E+05	2,86E+07
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	2,30E+07	-5,52E+06	1,00E+06	8,41E+05	-2,30E+06	7,93E+05	1,78E+07
Volumenaffald	mPET_wdk2000	4,47E+07	-6,59E+06	1,48E+06	6,66E+03	-8,38E+04	2,41E+04	3,95E+07
Farligt affald	mPET_wdk2000	3,70E+08	-7,86E+07	9,92E+05	1,55E+05	-4,05E+06	3,62E+06	2,92E+08
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	2,06E+07	-4,79E+06	1,39E+06	2,65E+03	-6,68E+04	8,85E+04	1,72E+07
Slagge og aske	mPET_wdk2000	7,01E+05	-6,33E+04	8,21E+05	1,88E+08	-2,13E+06	4,28E+04	1,87E+08



Figur 19. Forbrug af primær energi efter kilde. 311MSU. Reference

Tabel 25. 321MSU. Øget genanvendelse

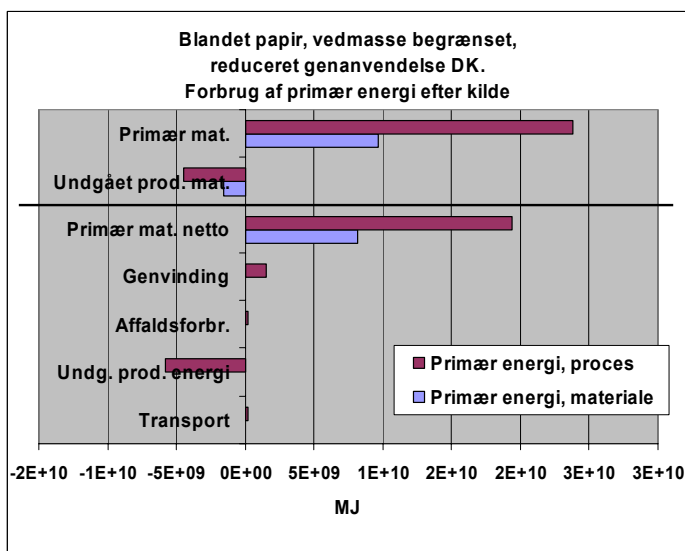
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	2,38E+10	-5,97E+09	1,99E+09	2,04E+08	-5,14E+09	2,25E+08	1,51E+10
Primær energi, materiale	MJ	9,71E+09	-2,07E+09	2,35E+05	5,28E+04	-1,38E+06	2,27E+05	7,64E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	1,98E+07	-4,76E+06	2,09E+06	2,10E+05	-5,47E+06	8,15E+04	1,20E+07
Råolie	mPR_wdk1990	1,35E+07	-3,21E+06	1,84E+04	1,08E+02	-2,23E+03	1,37E+05	1,04E+07
Stenkul	mPR_wdk1990	9,09E+04	-2,22E+04	-7,81E+02	1,09E+02	-1,53E+03	4,79E+02	6,70E+04
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	3,66E-01	-8,46E-02	2,36E-02	5,39E-03	-1,41E-01	2,49E-03	1,72E-01
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	3,39E+08	-8,12E+07	1,90E+07	2,23E+06	-5,09E+07	2,48E+06	2,31E+08
Forsuring	mPET_wdk2000	1,52E+08	-3,85E+07	2,62E+06	1,12E+06	-5,30E+06	1,17E+06	1,13E+08
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	3,42E+07	-7,73E+06	2,33E+05	1,25E+06	-7,49E+05	7,45E+05	2,79E+07
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	2,30E+07	-6,07E+06	1,10E+06	8,09E+05	-2,21E+06	7,95E+05	1,74E+07
Volumenaffald	mPET_wdk2000	4,47E+07	-7,25E+06	1,62E+06	6,40E+03	-8,05E+04	2,42E+04	3,90E+07
Farligt affald	mPET_wdk2000	3,70E+08	-8,64E+07	1,09E+06	1,49E+05	-3,90E+06	3,63E+06	2,85E+08
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	2,06E+07	-5,26E+06	1,53E+06	2,55E+03	-6,42E+04	8,87E+04	1,69E+07
Slagge og aske	mPET_wdk2000	7,01E+05	-6,96E+04	9,02E+05	1,80E+08	-2,04E+06	4,28E+04	1,80E+08



Figur 20. Forbrug af primær energi efter kilde. 321MSU. Øget genanvendelse

Tabel 26. 331MSU. Reduceret genanvendelse

	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	2,38E+10	-4,45E+09	1,49E+09	2,31E+08	-5,83E+09	2,25E+08	1,55E+10
Primær energi, materiale	MJ	9,71E+09	-1,54E+09	1,75E+05	5,99E+04	-1,56E+06	2,26E+05	8,17E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	1,98E+07	-3,55E+06	1,56E+06	2,38E+05	-6,20E+06	8,15E+04	1,19E+07
Råolie	mPR_wdk1990	1,35E+07	-2,40E+06	1,37E+04	1,22E+02	-2,53E+03	1,37E+05	1,12E+07
Stenkul	mPR_wdk1990	9,09E+04	-1,66E+04	-5,82E+02	1,23E+02	-1,73E+03	4,78E+02	7,26E+04
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	3,66E-01	-6,31E-02	1,76E-02	6,11E-03	-1,59E-01	2,49E-03	1,70E-01
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	3,39E+08	-6,06E+07	1,42E+07	2,53E+06	-5,77E+07	2,48E+06	2,40E+08
Forsuring	mPET_wdk2000	1,52E+08	-2,87E+07	1,96E+06	1,28E+06	-6,00E+06	1,17E+06	1,22E+08
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	3,42E+07	-5,77E+06	1,74E+05	1,42E+06	-8,49E+05	7,43E+05	2,99E+07
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	2,30E+07	-4,53E+06	8,22E+05	9,17E+05	-2,51E+06	7,93E+05	1,85E+07
Volumenaffald	mPET_wdk2000	4,47E+07	-5,41E+06	1,21E+06	7,26E+03	-9,13E+04	2,41E+04	4,04E+07
Farligt affald	mPET_wdk2000	3,70E+08	-6,45E+07	8,14E+05	1,69E+05	-4,42E+06	3,62E+06	3,06E+08
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	2,06E+07	-3,92E+06	1,14E+06	2,89E+03	-7,28E+04	8,85E+04	1,78E+07
Slagge og aske	mPET_wdk2000	7,01E+05	-5,19E+04	6,73E+05	2,05E+08	-2,32E+06	4,28E+04	2,04E+08



Figur 21. Forbrug af primær energi efter kilde. 331MSU. Reduceret genanvendelse

1.2.3 Cost/benefit betragtninger

Tabel 27 viser karakteriserede værdier for udviklingsscenarierne for blandet papir.

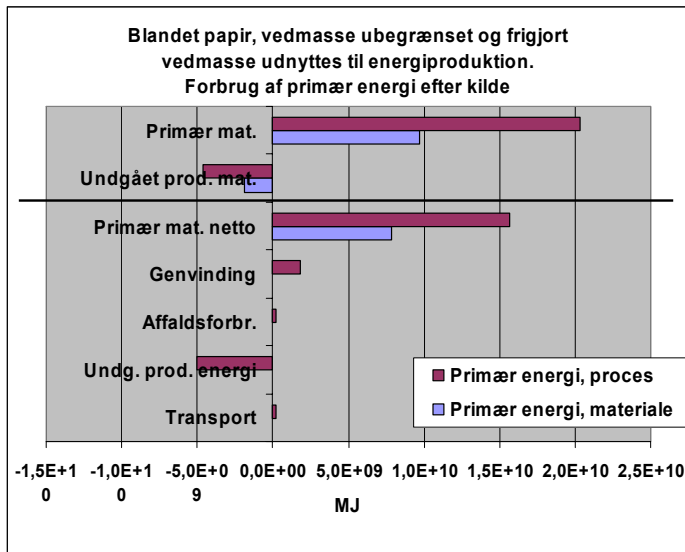
Tabel 27. Karakteriserede værdier. 3x6M

	Enhed	Reference	Øget genanvendelse	Reduceret genanvendelse
Naturgas	g	-1,22E+10	-1,61E+10	-7,60E+09
Råolie	g	7,90E+10	7,74E+10	8,18E+10
Stenkul	g	7,92E+08	7,54E+08	8,56E+08
Træ, blødt (TS)	g	1,00E+12	1,00E+12	1,00E+12
Drivhuseffekt	g CO2-ækv	2,11E+11	1,93E+11	2,35E+11
Forsuring	g SO2-ækv	1,36E+09	1,32E+09	1,42E+09
Fotokemisk ozon	g C2H4-ækv	2,95E+08	2,90E+08	3,06E+08
Næringssaltbelastning	g NO3-ækv	2,63E+09	2,56E+09	2,75E+09
Volumenaffald	g	4,42E+10	4,37E+10	4,52E+10
Farligt affald	g	1,61E+09	1,57E+09	1,67E+09
Radioaktivt affald	g	5,27E+05	5,36E+05	5,12E+05
Slagge og aske	g	6,06E+10	5,84E+10	6,58E+10

Tabellerne 28 – 30 viser de samlede vægtede værdier og primær energi for udviklingsscenarierne for blandet papir. Figurerne 22 – 24 viser primær energi opdelt efter kilde for udviklingsscenarierne for blandet papir.

Tabel 28. 316M. Reference

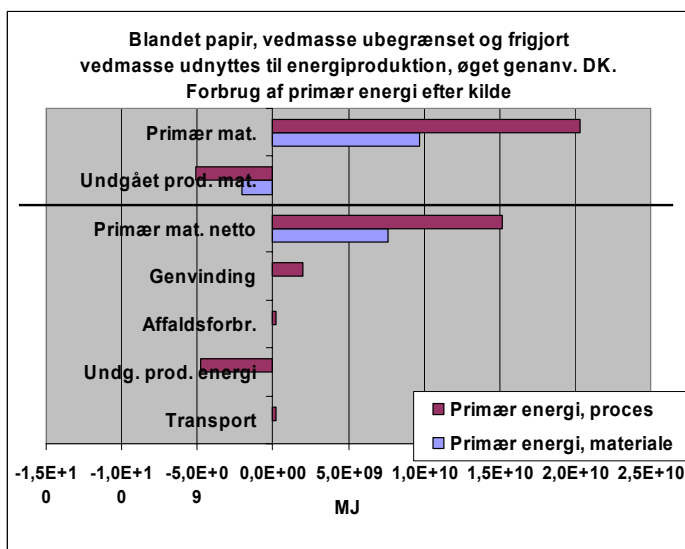
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	2,03E+10	-4,64E+09	1,81E+09	2,12E+08	-5,03E+09	2,25E+08	1,29E+10
Primær energi, materiale	MJ	9,70E+09	-1,88E+09	2,14E+05	5,49E+04	-2,48E+06	2,26E+05	7,82E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	8,83E+06	-1,83E+06	1,91E+06	2,18E+05	-9,83E+06	8,15E+04	-6,21E+05
Råolie	mPR_wdk1990	3,55E+06	-6,70E+05	1,68E+04	1,12E+02	3,31E+04	1,37E+05	3,07E+06
Stenkul	mPR_wdk1990	1,34E+04	-2,56E+03	-7,03E+02	1,13E+02	-2,72E+03	4,78E+02	8,01E+03
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	9,26E+06	-2,11E+06	2,14E-02	5,61E-03	2,11E+06	2,49E-03	9,26E+06
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	1,26E+08	-2,52E+07	1,73E+07	2,32E+06	-9,09E+07	2,48E+06	3,20E+07
Forsuring	mPET_wdk2000	2,33E+07	-5,70E+06	2,39E+06	1,17E+06	-8,08E+06	1,17E+06	1,43E+07
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	1,97E+07	-3,73E+06	2,12E+05	1,30E+06	-5,18E+05	7,43E+05	1,77E+07
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	1,47E+07	-3,63E+06	1,00E+06	8,41E+05	-3,10E+06	7,93E+05	1,06E+07
Volumenaffald	mPET_wdk2000	4,03E+07	-5,58E+06	1,48E+06	6,66E+03	-1,43E+05	2,41E+04	3,61E+07
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,06E+08	-1,85E+07	9,92E+05	1,55E+05	-7,00E+06	3,62E+06	8,53E+07
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	3,06E+06	-7,90E+05	1,40E+06	2,65E+03	-1,16E+05	8,85E+04	3,65E+06
Slagge og aske	mPET_wdk2000	3,70E+06	-7,47E+05	8,24E+05	1,88E+08	-7,58E+05	4,28E+04	1,91E+08



Figur 22. Forbrug af primær energi efter kilde. 316M. Reference

Tabel 29. 326M. Øget genanvendelse

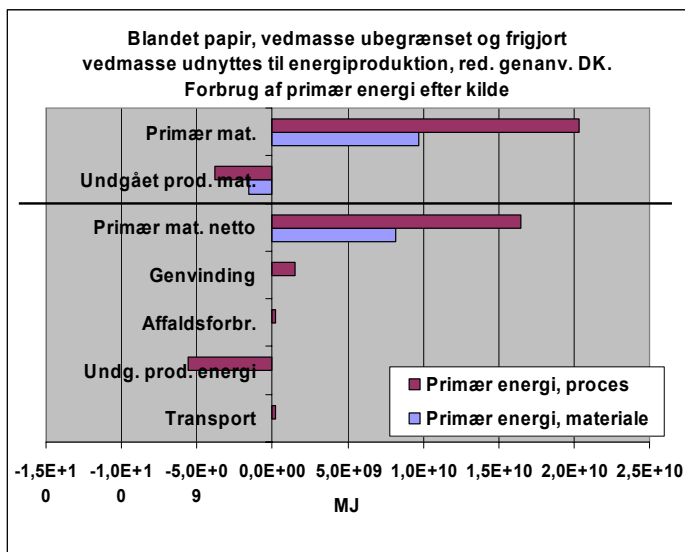
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	2,03E+10	-5,10E+09	1,99E+09	2,04E+08	-4,79E+09	2,25E+08	1,28E+10
Primær energi, materiale	MJ	9,70E+09	-2,07E+09	2,35E+05	5,28E+04	-2,52E+06	2,27E+05	7,63E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	8,83E+06	-2,01E+06	2,09E+06	2,10E+05	-1,00E+07	8,15E+04	-7,99E+05
Råolie	mPR_wdk1990	3,55E+06	-7,36E+05	1,84E+04	1,08E+02	3,68E+04	1,37E+05	3,01E+06
Stenkul	mPR_wdk1990	1,34E+04	-2,82E+03	-7,73E+02	1,09E+02	-2,77E+03	4,79E+02	7,63E+03
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	9,26E+06	-2,32E+06	2,36E-02	5,39E-03	2,32E+06	2,49E-03	9,26E+06
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	1,26E+08	-2,77E+07	1,90E+07	2,23E+06	-9,27E+07	2,48E+06	2,93E+07
Forsuring	mPET_wdk2000	2,33E+07	-6,27E+06	2,62E+06	1,12E+06	-8,13E+06	1,17E+06	1,38E+07
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	1,97E+07	-4,10E+06	2,33E+05	1,25E+06	-4,62E+05	7,45E+05	1,74E+07
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	1,47E+07	-3,99E+06	1,10E+06	8,09E+05	-3,09E+06	7,95E+05	1,03E+07
Volumenaffald	mPET_wdk2000	4,03E+07	-6,14E+06	1,62E+06	6,40E+03	-1,46E+05	2,42E+04	3,57E+07
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,06E+08	-2,03E+07	1,09E+06	1,49E+05	-7,14E+06	3,63E+06	8,34E+07
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	3,06E+06	-8,68E+05	1,54E+06	2,55E+03	-1,18E+05	8,87E+04	3,71E+06
Slagge og aske	mPET_wdk2000	3,70E+06	-8,21E+05	9,06E+05	1,80E+08	-5,38E+05	4,28E+04	1,83E+08



Figur 23. Forbrug af primær energi efter kilde. 326M. Øget genanvendelse

Tabel 30. 336M. Reduceret genanvendelse

	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	2,03E+10	-3,80E+09	1,49E+09	2,31E+08	-5,57E+09	2,25E+08	1,29E+10
Primær energi, materiale	MJ	9,70E+09	-1,54E+09	1,75E+05	5,99E+04	-2,42E+06	2,26E+05	8,16E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	8,83E+06	-1,50E+06	1,56E+06	2,38E+05	-9,60E+06	8,15E+04	-3,91E+05
Råolie	mPR_wdk1990	3,55E+06	-5,49E+05	1,38E+04	1,22E+02	2,65E+04	1,37E+05	3,18E+06
Stenkul	mPR_wdk1990	1,34E+04	-2,10E+03	-5,76E+02	1,23E+02	-2,66E+03	4,78E+02	8,67E+03
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	9,26E+06	-1,73E+06	1,76E-02	6,11E-03	1,73E+06	2,49E-03	9,26E+06
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	1,26E+08	-2,06E+07	1,42E+07	2,53E+06	-8,88E+07	2,48E+06	3,58E+07
Forsuring	mPET_wdk2000	2,33E+07	-4,68E+06	1,96E+06	1,28E+06	-8,11E+06	1,17E+06	1,49E+07
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	1,97E+07	-3,06E+06	1,74E+05	1,42E+06	-6,35E+05	7,43E+05	1,83E+07
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	1,47E+07	-2,98E+06	8,22E+05	9,17E+05	-3,16E+06	7,93E+05	1,11E+07
Volumenaffald	mPET_wdk2000	4,03E+07	-4,58E+06	1,21E+06	7,26E+03	-1,40E+05	2,41E+04	3,68E+07
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,06E+08	-1,51E+07	8,14E+05	1,69E+05	-6,84E+06	3,62E+06	8,87E+07
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	3,06E+06	-6,48E+05	1,15E+06	2,89E+03	-1,13E+05	8,85E+04	3,54E+06
Slagge og aske	mPET_wdk2000	3,70E+06	-6,13E+05	6,75E+05	2,05E+08	-1,20E+06	4,28E+04	2,08E+08



Figur 24. Forbrug af primær energi efter kilde. 336M. Reduceret genanvendelse

2 Aviser og ugeblade

2.1 100% scenarier

2.1.1 Fremtidsscenario 1

Tabel 31 viser karakteriserede værdier per kg aviser og ugeblade.

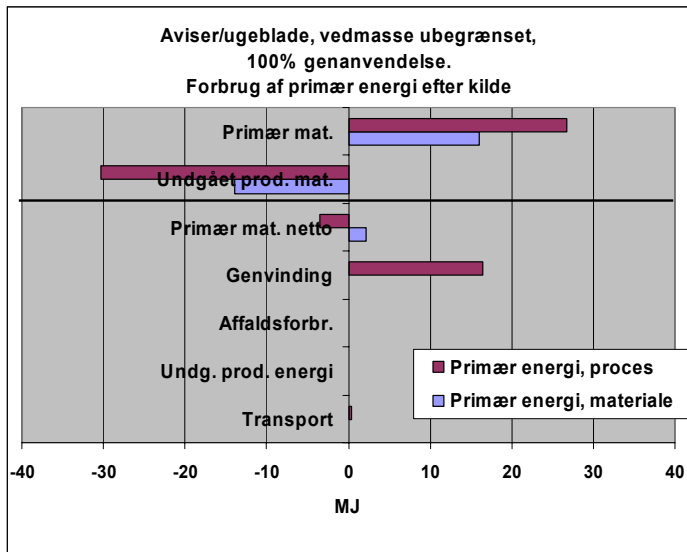
Tabel 31. Karakteriserede værdier. 11xx-2

	Enhed	Genanvendelse, reference	Genanvendelse, udland	Genanvendelse, forbrænd tysk affald	Forbrænding, reference	Forbrænding, kun varme- genvinding
Naturgas	g	284,6	258,4	112,3	285,5	363,6
Råolie	g	-20,29	45,89	17,18	22,46	22,5
Stenkul	g	29,95	3,981	30,64	30,45	30,56
Træ, blødt (TS)	g	127,4	296,3	127,4	1086	1086
Drivhuseffekt	g CO2-ækv	910,5	933,7	-813,1	1079	1329
Forsuring	g SO2-ækv	2,379	2,797	4,678	3,514	3,886
Fotokemisk ozon	g C2H4-ækv	-0,02957	0,1899	-0,2761	0,1782	0,1874
Nærings saltbelastning	g NO3-ækv	0,8508	3,261	1,503	4,311	4,716
Volumenaffald	g	1,515	97,72	-208	17,56	17,63
Farligt affald	g	0,03298	0,9707	0,9577	0,8923	0,9463
Radioaktivt affald	g	0,00008	0,00017	0,00038	0,00021	0,00022
Slagge og aske	g	26,13	84,59	108,4	35,63	36,11

Tabellerne 32 – 36 viser de samlede vægtede værdier og primær energi per kg aviser og ugeblade. Figurerne 25 – 29 viser primær energi opdelt efter kilde per kg aviser og ugeblade.

Tabel 32. 1110. Genanvendelse, reference

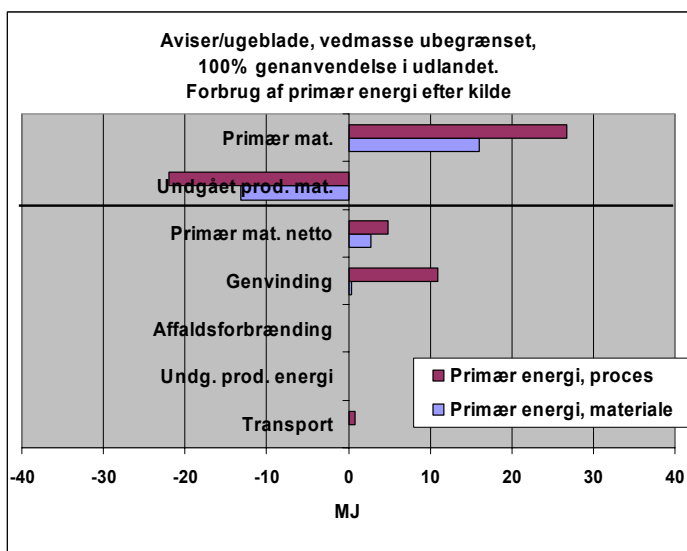
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds- forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	26,71	-30,28	16,39	0	0	0,3591	13,1791
Primær energi, materiale	MJ	16,04	-13,87	0,0001725	0	0	0,0003654	2,1705379
Naturgas	mPR_wdk1990	0,02454	-0,0274	0,01745	0	0	0,0001259	0,0147159
Råolie	mPR_wdk1990	0,0006715	-0,001742	0,00005989	0	0	0,0002224	-0,00078821
Stenkul	mPR_wdk1990	0,000311	-0,000007999	2,655E-07	0	0	7,728E-07	0,000304039
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01004	-0,00886	1,762E-11	0	0	3,868E-12	0,00118
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,2489	-0,258	0,1412	0	0	0,003969	0,136069
Forsuring	mPET_wdk2000	0,04259	-0,03474	0,0152	0	0	0,001888	0,024938
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,007837	-0,01145	0,0006409	0	0	0,001201	-0,0017711
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	0,01858	-0,02746	0,01102	0	0	0,001281	0,003421
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01441	-0,0169	0,003681	0	0	0,000039	0,00123
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,04903	-0,05965	0,006493	0	0	0,005873	0,001746
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,001455	-0,00103	0,000008049	0	0	0,0001435	0,000576549
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,08741	-0,005532	0,0002677	0	0	0,000067	0,0822127



Figur 25. Forbrug af primær energi efter kilde. 1110. Genanvendelse, reference

Tabel 33. 1111. Genanvendelse, udland.

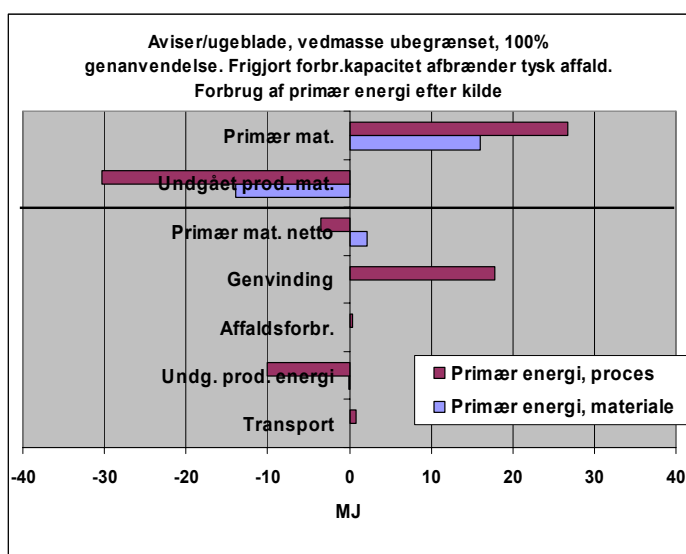
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	26,7	-21,9	10,9	0	0	0,774	16,474
Primær energi, materiale	MJ	16	-13,2	0,318	0	0	0,00072	3,11872
Naturgas	mPR_wdk1990	0,0245	-0,0201	0,00868	0	0	0,000255	0,013335
Råolie	mPR_wdk1990	0,000672	-0,000552	0,00117	0	0	0,000492	0,001782
Stenkul	mPR_wdk1990	0,000311	-0,000255	-0,0000172	0	0	0,00000171	0,00004051
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01	-0,00823	0,000931	0	0	7,98E-12	0,002701
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,249	-0,204	0,0861	0	0	0,00864	0,13974
Forsuring	mPET_wdk2000	0,0426	-0,0349	0,013	0	0	0,00861	0,02931
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,00784	-0,00643	0,00728	0	0	0,00271	0,0114
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,0186	-0,0152	0,00558	0	0	0,00422	0,0132
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,0144	-0,0118	0,077	0	0	0,0000863	0,0796863
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,049	-0,0402	0,0298	0	0	0,013	0,0516
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,00146	-0,00135	0,00075	0	0	0,000327	0,001187
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,0874	-0,0717	0,25	0	0	0,00014	0,26584



Figur 26. Forbrug af primær energi efter kilde. 1111. Genanvendelse, udland.

Tabel 34. 1112. Genanvendelse, forbrænding af tysk affald

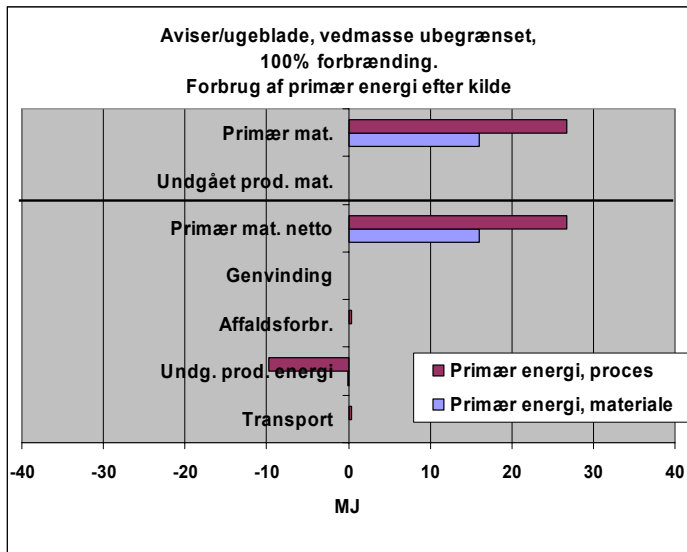
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	26,71	-30,28	17,86	0,4103	-10,07	0,8872	5,5175
Primær energi, materiale	MJ	16,04	-13,87	0,00126	0,0001178	-0,002695	0,0008637	2,1695465
Naturgas	mPR_wdk1990	0,02454	-0,0274	0,01865	0,0004682	-0,01071	0,0002622	0,0058104
Råolie	mPR_wdk1990	0,0006715	-0,001742	0,001156	0,00000024	-0,000004369	0,0005868	0,000668171
Stenkul	mPR_wdk1990	0,000311	-0,000007999	0,000008717	2,421E-07	-0,000002991	0,000002024	0,000310993
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01004	-0,00886	3,144E-11	1,203E-11	-2,752E-10	8,425E-12	0,00118
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,2489	-0,258	-0,05918	0,03636	-0,09956	0,009904	-0,121576
Forsuring	mPET_wdk2000	0,04259	-0,03474	0,03108	0,0112	-0,01037	0,009261	0,049021
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,007837	-0,01145	-0,01876	0,004068	-0,001466	0,003209	-0,016562
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,01858	-0,02746	0,01279	0,001805	-0,004331	0,004667	0,006051
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01441	-0,0169	-0,167	0,00001429	-0,0001577	0,0001022	-0,16953121
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,04903	-0,05965	0,03527	0,0184	-0,007626	0,01545	0,050874
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,001455	-0,00103	0,00192	0,000005683	-0,0001257	0,0003874	0,002612383
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,08741	-0,005532	0,0005732	0,2626	-0,003999	0,0001507	0,3412029



Figur 27. Forbrug af primær energi efter kilde. 1112. Genanvendelse, forbrænding af tysk affald

Tabel 35. 1120-2. Forbrænding, reference

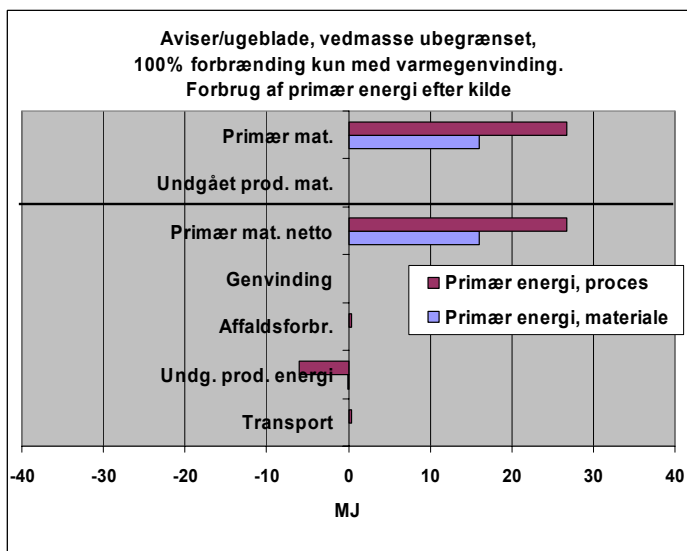
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	26,71	0	0	0,4055	-9,751	0,339	17,7035
Primær energi, materiale	MJ	16,04	0	0	0,0001178	-0,002611	0,0003396	16,0378464
Naturgas	mPR_wdk1990	0,02454	0	0	0,0004682	-0,01037	0,0001247	0,0147629
Råolie	mPR_wdk1990	0,0006715	0	0	0,00000024	-0,000004233	0,0002054	0,000872907
Stenkul	mPR_wdk1990	0,000311	0	0	2,421E-07	-0,000002898	7,162E-07	0,00030906
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01004	0	0	1,203E-11	-2,666E-10	3,788E-12	0,01004
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,2489	0	0	0,005019	-0,09645	0,003733	0,161202
Forsuring	mPET_wdk2000	0,04259	0	0	0,00251	-0,01004	0,001761	0,036821
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,007837	0	0	0,003162	-0,00142	0,001115	0,010694
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,01858	0	0	0,001805	-0,004196	0,001191	0,01738
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01441	0	0	0,00001429	-0,0001527	0,00003615	0,01430774
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,04903	0	0	0,0003335	-0,007388	0,005431	0,0474065
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,001455	0	0	0,000005683	-0,0001218	0,0001326	0,001471483
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,08741	0	0	0,02849	-0,003874	0,00006501	0,11209101



Figur 28. Forbrug af primær energi efter kilde. 1120. Forbrænding, reference

Tabel 36. 1123-2. Forbrænding, kun varmegenanvendelse

	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	26,71	0	0	0,4055	-5,961	0,339	21,4935
Primær energi, materiale	MJ	16,04	0	0	0,0001178	-0,001596	0,0003396	16,0388614
Naturgas	mPR_wdk1990	0,02454	0	0	0,0004682	-0,006342	0,0001247	0,0187909
Råolie	mPR_wdk1990	0,0006715	0	0	0,0000024	-0,00002588	0,0002054	0,000874552
Stenkul	mPR_wdk1990	0,000311	0	0	2,421E-07	-0,000001772	7,162E-07	0,000310186
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01004	0	0	1,203E-11	-1,63E-10	3,788E-12	0,01004
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,2489	0	0	0,005019	-0,05896	0,003733	0,198692
Forsuring	mPET_wdk2000	0,04259	0	0	0,00251	-0,006139	0,001761	0,040722
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,007837	0	0	0,003162	-0,0008683	0,001115	0,0112457
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,01858	0	0	0,001805	-0,002565	0,001191	0,019011
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01441	0	0	0,00001429	-0,00009337	0,00003615	0,01436707
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,04903	0	0	0,0003335	-0,004517	0,005431	0,0502775
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,001455	0	0	0,000005683	-0,00007447	0,0001326	0,001518813
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,08741	0	0	0,02849	-0,002369	0,00006501	0,11359601



Figur 29. Forbrug af primær energi efter kilde. 1123. Forbrænding, kun varmegenanvendelse

2.1.2 Fremtidsscenario 2

Tabel 37 viser karakteriserede værdier per kg aviser og ugeblade.

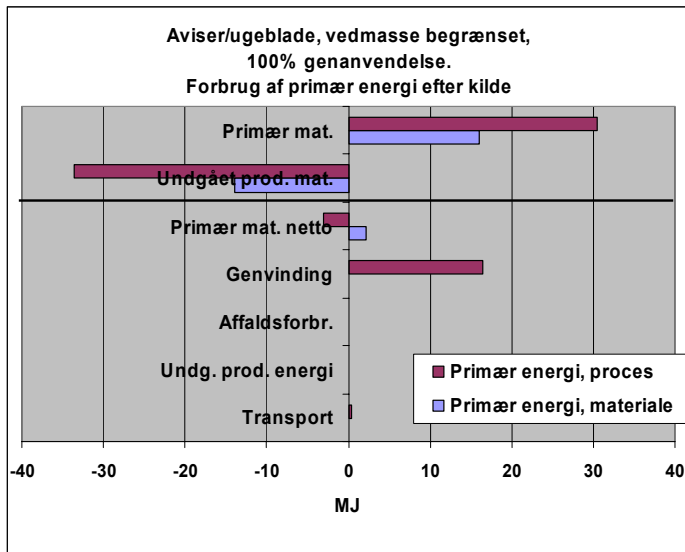
Tabel 37. Karakteriserede værdier. 13xx

	Enhed	Genanvendelse, reference	Genanvendelse, udland	Genanvendelse, forbrænd tysk affald	Forbrænding, reference	Forbrænding, kun varme- genvinding
Naturgas	g	311,6	206,3	139,3	447,8	647,2
Råolie	g	12,17	74,35	49,64	298,3	298,4
Stenkul	g	30,93	4,745	31,61	38,62	38,91
Træ, blødt (TS)	g	3,274E-05	161,5	6,253E-06	4,697E-05	7,564E-05
Drivhuseffekt	g CO2-ækv	1093	849,6	-631	2409	3050
Forsuring	g SO2-ækv	3,944	3,815	6,243	16,49	17,44
Fotokemisk ozon	g C2H4-ækv	0,001555	0,2065	-0,245	0,4324	0,456
Nærings saltbelastning	g NO3-ækv	1,114	3,048	1,766	6,188	7,222
Volumenaffald	g	2,214	98,1	-207,3	23,41	23,6
Farligt affald	g	0,6666	1,476	1,591	6,232	6,37
Radioaktivt affald	g	0,00043	0,00048	0,00073	0,00298	0,00300
Slagge og aske	g	26,01	84,01	108,3	34,18	35,4

Tabellerne 38 – 42 viser de samlede vægtede værdier og primær energi per kg aviser og ugeblade
 Figurerne 30 – 34 viser primær energi opdelt efter kilde per kg aviser og ugeblade.

Tabel 38. 1310. Genanvendelse, reference

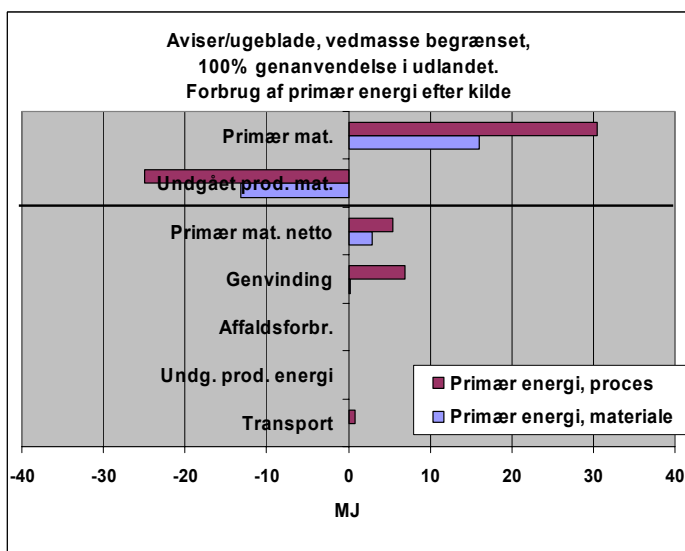
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds- forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	30,5	-33,61	16,39	0	0	0,3591	13,6391
Primær energi, materiale	MJ	16,05	-13,88	0,0001725	0	0	0,0003654	2,1705379
Naturgas	mPR_wdk1990	0,03645	-0,03792	0,01745	0	0	0,0001259	0,0161059
Råolie	mPR_wdk1990	0,0114	-0,01121	0,00005989	0	0	0,0002224	0,00047229
Stenkul	mPR_wdk1990	0,0003949	-0,00008205	2,655E-07	0	0	7,728E-07	0,000313888
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	7,756E-10	-4,945E-10	1,762E-11	0	0	3,868E-12	3,02588E-10
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,4807	-0,4625	0,1412	0	0	0,003969	0,163369
Forsuring	mPET_wdk2000	0,1819	-0,1577	0,0152	0	0	0,001888	0,041288
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,02357	-0,02532	0,0006409	0	0	0,001201	9,19E-05
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	0,02758	-0,03539	0,01102	0	0	0,001281	0,004491
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01924	-0,02115	0,003681	0	0	0,000039	0,00181
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,3352	-0,3122	0,006493	0	0	0,005873	0,035366
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,02066	-0,01781	0,000008049	0	0	0,0001435	0,003001549
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,08416	-0,002661	0,0002677	0	0	0,000067	0,0818337



Figur 30. Forbrug af primær energi efter kilde. 1310. Genanvendelse, reference

Tabel 39. 1311 . Genanvendelse, udland

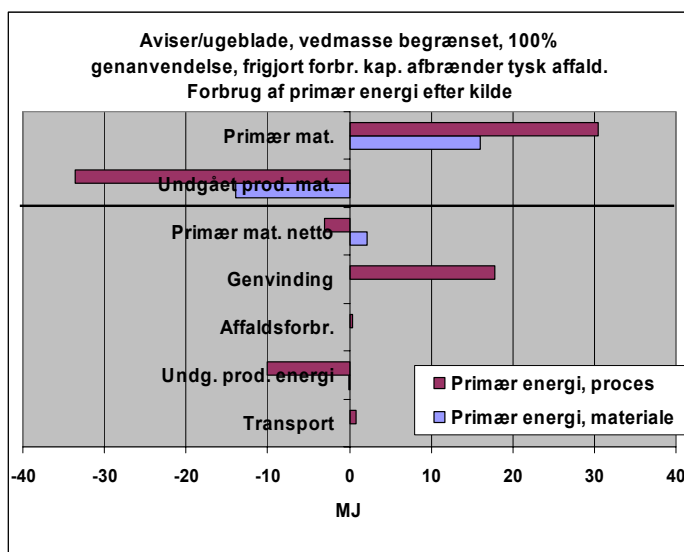
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	30,5	-25	6,97	0	0	0,7743	13,2443
Primær energi, materiale	MJ	16,05	-13,16	0,1687	0	0	0,0007195	3,0594195
Naturgas	mPR_wdk1990	0,03645	-0,02989	0,003838	0	0	0,0002553	0,0106533
Råolie	mPR_wdk1990	0,0114	-0,009341	0,000343	0	0	0,0004918	0,0028938
Stenkul	mPR_wdk1990	0,0003949	-0,0003238	-0,00002466	0	0	0,000001707	0,000048147
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	7,756E-10	-6,359E-10	0,001493	0	0	7,976E-12	0,001493
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,4807	-0,3941	0,03177	0	0	0,008644	0,127014
Forsuring	mPET_wdk2000	0,1819	-0,1491	-0,001444	0	0	0,008614	0,03997
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,02357	-0,01931	0,005417	0	0	0,002708	0,012385
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,02758	-0,02261	0,003098	0	0	0,004222	0,01229
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01924	-0,01577	0,07641	0	0	0,00008626	0,07996626
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,3352	-0,2748	0,005002	0	0	0,01298	0,078382
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,02066	-0,01694	-0,000744	0	0	0,0003267	0,0033027
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,08416	-0,06901	0,249	0	0	0,0001395	0,2642895



Figur 31. Forbrug af primær energi efter kilde. 1311 . Genanvendelse, udland.

Tabel 40. 1312. Genanvendelse, forbrænding af tysk affald

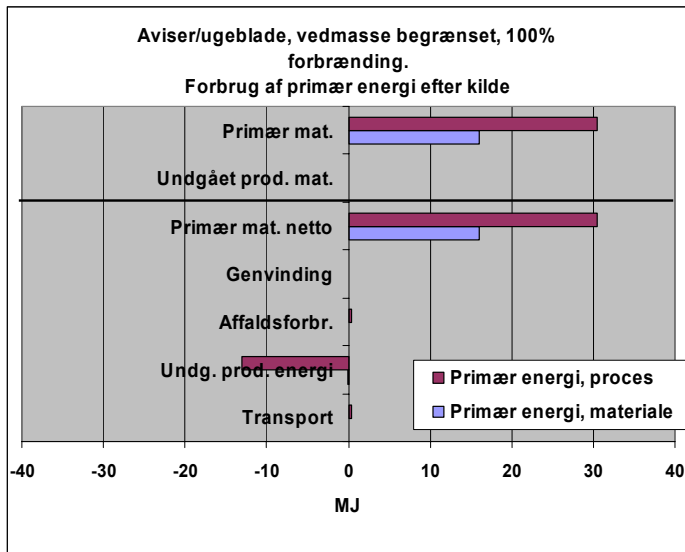
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	30,5	-33,61	17,86	0,4103	-10,07	0,8872	5,9775
Primær energi, materiale	MJ	16,05	-13,88	0,00126	0,0001178	-0,002695	0,0008637	2,1695465
Naturgas	mPR_wdk1990	0,03645	-0,03792	0,01865	0,0004682	-0,01071	0,0002622	0,0072004
Råolie	mPR_wdk1990	0,0114	-0,01121	0,001156	0,00000024	-0,000004369	0,0005868	0,001928671
Stenkul	mPR_wdk1990	0,0003949	-0,00008205	0,000008717	2,421E-07	-0,000002991	0,000002024	0,000320842
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	7,756E-10	-4,945E-10	3,144E-11	1,203E-11	-2,752E-10	8,425E-12	5,7795E-11
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,4807	-0,4625	-0,05918	0,03636	-0,09956	0,009904	-0,094276
Forsuring	mPET_wdk2000	0,1819	-0,1577	0,03108	0,0112	-0,01037	0,009261	0,065371
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,02357	-0,02532	-0,01876	0,004068	-0,001466	0,003209	-0,014699
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,02758	-0,03539	0,01279	0,001805	-0,004331	0,004667	0,007121
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01924	-0,02115	-0,167	0,00001429	-0,0001577	0,0001022	-0,16895121
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,3352	-0,3122	0,03527	0,0184	-0,007626	0,01545	0,084494
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,02066	-0,01781	0,00192	0,000005683	-0,0001257	0,0003874	0,005037383
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,08416	-0,002661	0,0005732	0,2626	-0,003999	0,0001507	0,3408239



Figur 32. Forbrug af primær energi efter kilde. 1312. Genanvendelse, forbrænding af tysk affald

Tabel 41. 1320. Forbrænding, reference

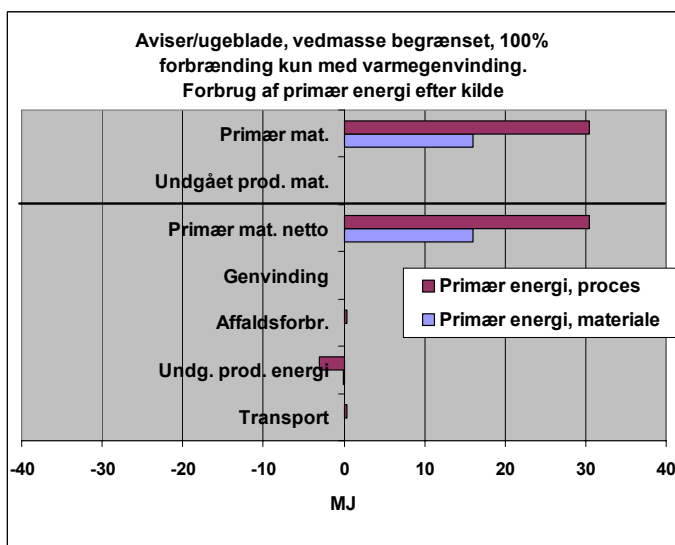
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	30,5	0	0	0,4055	-13,07	0,339	18,1745
Primær energi, materiale	MJ	16,05	0	0	0,0001178	-0,0035	0,0003396	16,0469574
Naturgas	mPR_wdk1990	0,03645	0	0	0,0004682	-0,01391	0,0001247	0,0231329
Råolie	mPR_wdk1990	0,0114	0	0	0,00000024	-0,000005674	0,0002054	0,011599966
Stenkul	mPR_wdk1990	0,0003949	0	0	2,421E-07	-0,000003884	7,162E-07	0,000391974
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	7,756E-10	0	0	1,203E-11	-3,574E-10	3,788E-12	4,34018E-10
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,4807	0	0	0,005019	-0,1293	0,003733	0,360152
Forsuring	mPET_wdk2000	0,1819	0	0	0,00251	-0,01346	0,001761	0,172711
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,02357	0	0	0,003162	-0,001904	0,001115	0,025943
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,02758	0	0	0,001805	-0,005625	0,001191	0,024951
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01924	0	0	0,00001429	-0,0002047	0,00003615	0,01908574
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,3352	0	0	0,0003335	-0,009904	0,005431	0,3310605
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,02066	0	0	0,000005683	-0,0001633	0,0001326	0,020634983
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,08416	0	0	0,02849	-0,005194	0,00006501	0,10752101



Figur 33. Forbrug af primær energi efter kilde. 1320. Forbrænding, reference

Tabel 42. 1323. Forbrænding, kun varmegenanvendelse

	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	30,5	0	0	0,4055	-3,113	0,339	28,1315
Primær energi, materiale	MJ	16,05	0	0	0,0001178	-0,0009055	0,0003396	16,0495519
Naturgas	mPR_wdk1990	0,03645	0	0	0,0004682	-0,003598	0,0001247	0,0334449
Råolie	mPR_wdk1990	0,0114	0	0	0,00000024	-0,000001651	0,0002054	0,011603989
Stenkul	mPR_wdk1990	0,0003949	0	0	2,421E-07	-0,000001005	7,162E-07	0,000394853
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	7,756E-10	0	0	1,203E-11	-9,246E-11	3,788E-12	6,98958E-10
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,4807	0	0	0,005019	-0,03345	0,003733	0,456002
Forsuring	mPET_wdk2000	0,1819	0	0	0,00251	-0,003483	0,001761	0,182688
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,02357	0	0	0,003162	-0,0004929	0,001115	0,0273541
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,02758	0	0	0,001805	-0,001455	0,001191	0,029121
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01924	0	0	0,00001429	-0,00005298	0,00003615	0,01923746
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,3352	0	0	0,0003335	-0,002562	0,005431	0,3384025
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,02066	0	0	0,000005683	-0,00004224	0,0001326	0,020756043
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,08416	0	0	0,02849	-0,001344	0,00006501	0,11137101



Figur 34. Forbrug af primær energi efter kilde. 1323. Forbrænding, kun varmegenanvendelse

2.1.3 Cost/benefit betragtninger

Tabel 43 viser karakteriserede værdier per kg aviser og ugeblade.

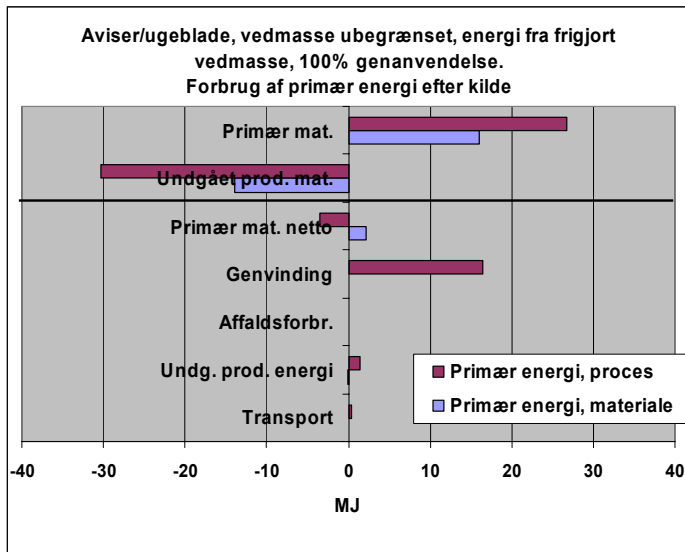
Tabel 43. Karakteriserede værdier. 12xx-2

	Enhed	Genanvendelse, reference	Genanvendelse, udland	Genanvendelse, forbrænd tysk affald	Forbrænding, reference	Forbrænding, kun varme-genvinding
Naturgas	g	-52,34	-54,63	-224,6	285,5	363,6
Råolie	g	-16,46	49,45	21,01	22,46	22,5
Stenkul	g	29,48	3,547	30,17	30,45	30,56
Træ, blødt (TS)	g	1086	1187	1086	1086	1086
Drivhuseffekt	g CO2-ækv	-158,1	-59,19	-1882	1079	1329
Forsuring	g SO2-ækv	1,346	1,838	3,646	3,514	3,886
Fotokemisk ozon	g C2H4-ækv	-0,01127	0,2069	-0,2578	0,1782	0,1874
Nærings saltbelastning	g NO3-ækv	0,02174	2,491	0,674	4,311	4,716
Volumenaffald	g	1,21	97,44	-208,3	17,56	17,63
Farligt affald	g	-0,2006	0,7537	0,7241	0,8923	0,9463
Radioaktivt affald	g	0,00005	0,00014	0,00035	0,00021	0,00022
Slagge og aske	g	27,96	86,29	110,3	35,63	36,11

Tabellerne 44 – 48 viser de samlede vægtede værdier og primær energi per kg aviser og ugeblade. Figureerne 35 – 39 viser primær energi opdelt efter kilde per kg aviser og ugeblade.

Tabel 44. 1210. Genanvendelse, reference

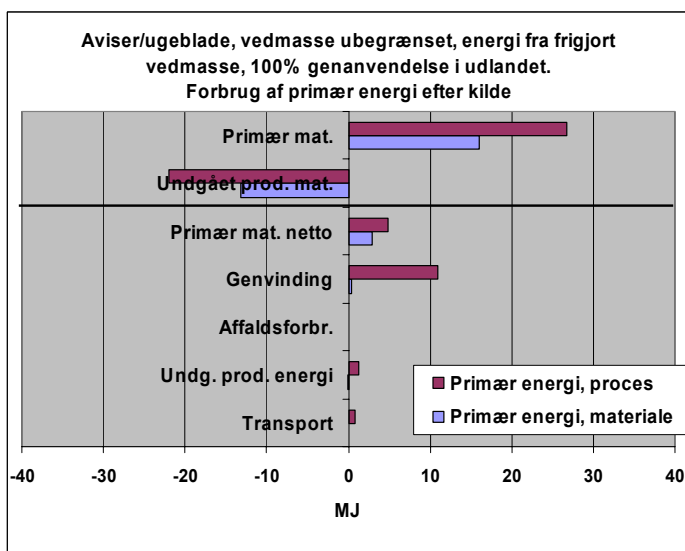
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	26,71	-30,28	16,39	0	1,349	0,3591	14,5281
Primær energi, materiale	MJ	16,04	-13,87	0,0001725	0	-0,004385	0,0003654	2,1661529
Naturgas	mPR_wdk1990	0,02454	-0,0274	0,01745	0	-0,01741	0,0001259	-0,0026941
Råolie	mPR_wdk1990	0,0006715	-0,001742	0,00005989	0	0,0001489	0,0002224	-0,00063931
Stenkul	mPR_wdk1990	0,000311	-0,000007999	2,655E-07	0	-0,00000475	7,728E-07	0,000299289
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01004	-0,00886	1,762E-11	0	0,008859	3,868E-12	0,010039
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,2489	-0,258	0,1412	0	-0,1598	0,003969	-0,023731
Forsuring	mPET_wdk2000	0,04259	-0,03474	0,0152	0	-0,01082	0,001888	0,014118
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,007837	-0,01145	0,0006409	0	0,001098	0,001201	-0,0006731
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	0,01858	-0,02746	0,01102	0	-0,003343	0,001281	7,8E-05
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01441	-0,0169	0,003681	0	-0,0002481	0,000039	0,0009819
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,04903	-0,05965	0,006493	0	-0,01241	0,005873	-0,010664
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,001455	-0,00103	0,000008049	0	-0,0002046	0,0001435	0,000371949
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,08741	-0,005532	0,0002677	0	0,000575	0,000067	0,0879627



Figur 35. Forbrug af primær energi efter kilde. 1210. Genanvendelse, reference

Tabel 45. 1211. Genanvendelse, udland.

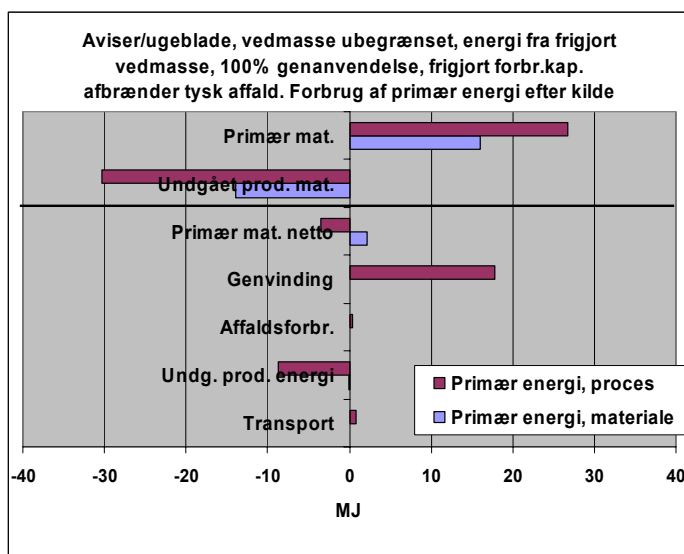
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	26,71	-21,9	10,93	0	1,254	0,7743	17,7683
Primær energi, materiale	MJ	16,04	-13,15	0,3177	0	-0,004074	0,0007195	3,2043455
Naturgas	mPR_wdk1990	0,02454	-0,02012	0,008678	0	-0,01618	0,0002553	-0,0028267
Råolie	mPR_wdk1990	0,0006715	-0,0005516	0,001172	0	0,0001384	0,0004918	0,0019221
Stenkul	mPR_wdk1990	0,000311	-0,000255	-0,00001722	0	-0,000004413	0,000001707	0,000036074
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01004	-0,008231	0,0009311	0	0,008231	7,976E-12	0,0109711
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,2489	-0,2041	0,08611	0	-0,1484	0,008644	-0,008846
Forsuring	mPET_wdk2000	0,04259	-0,03493	0,01304	0	-0,01005	0,008614	0,019264
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,007837	-0,006431	0,007277	0	0,00102	0,002708	0,012411
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,01858	-0,01524	0,00558	0	-0,003106	0,004222	0,010036
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01441	-0,01182	0,07698	0	-0,0002305	0,00008626	0,07942576
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,04903	-0,04023	0,02979	0	-0,01153	0,01298	0,04004
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,001455	-0,001353	0,0007495	0	-0,0001901	0,0003267	0,0009881
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,08741	-0,07168	0,2502	0	0,005343	0,0001395	0,2714125



Figur 36. Forbrug af primær energi efter kilde. 1211. Genanvendelse, udland.

Tabel 46. 1212. Genanvendelse, forbrænding af tysk affald

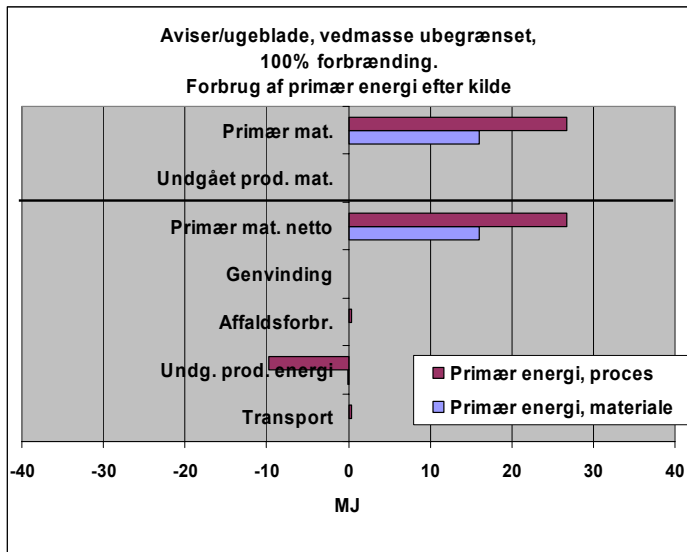
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	26,71	-30,28	17,86	0,4103	-8,716	0,8872	6,8715
Primær energi, materiale	MJ	16,04	-13,87	0,00126	0,0001178	-0,00708	0,0008637	2,1651615
Naturgas	mPR_wdk1990	0,02454	-0,0274	0,01865	0,0004682	-0,02812	0,0002622	-0,0115996
Råolie	mPR_wdk1990	0,0006715	-0,001742	0,001156	0,00000024	0,0001446	0,0005868	0,00081714
Stenkul	mPR_wdk1990	0,000311	-0,000007999	0,000008717	2,421E-07	-0,000007741	0,000002024	0,000306243
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01004	-0,00886	3,144E-11	1,203E-11	0,008859	8,425E-12	0,010039
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,2489	-0,258	-0,05918	0,03636	-0,2593	0,009904	-0,281316
Forsuring	mPET_wdk2000	0,04259	-0,03474	0,03108	0,0112	-0,02119	0,009261	0,038201
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,007837	-0,01145	-0,01876	0,004068	-0,0003679	0,003209	-0,0154639
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,01858	-0,02746	0,01279	0,001805	-0,007674	0,004667	0,002708
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01441	-0,0169	-0,167	0,00001429	-0,0004058	0,0001022	-0,16977931
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,04903	-0,05965	0,03527	0,0184	-0,02004	0,01545	0,03846
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,001455	-0,00103	0,00192	0,000005683	-0,0003303	0,0003874	0,002407783
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,08741	-0,005532	0,0005732	0,2626	0,001751	0,0001507	0,3469529



Figur 37. Forbrug af primær energi efter kilde. 1212. Genanvendelse, forbrænding af tysk affald

Tabel 47. 1120-2 . Forbrænding, reference. Svarer til fremtidsscenario 1

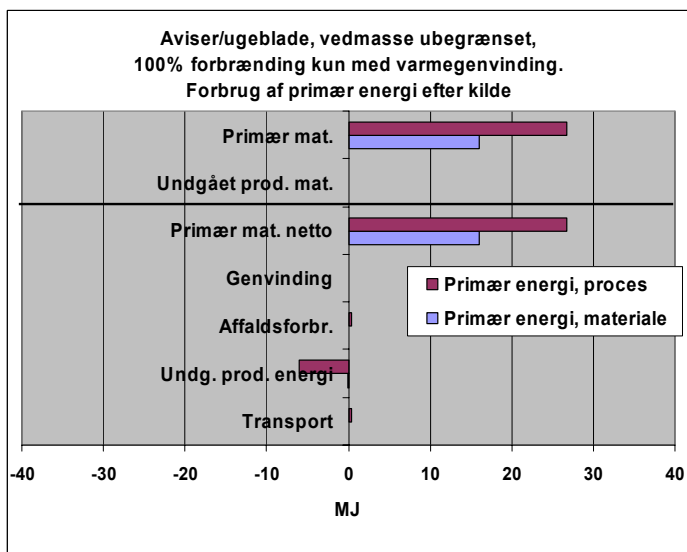
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	26,71	0	0	0,4055	-9,751	0,339	17,7035
Primær energi, materiale	MJ	16,04	0	0	0,0001178	-0,002611	0,0003396	16,0378464
Naturgas	mPR_wdk1990	0,02454	0	0	0,0004682	-0,01037	0,0001247	0,0147629
Råolie	mPR_wdk1990	0,0006715	0	0	0,00000024	-0,000004233	0,0002054	0,000872907
Stenkul	mPR_wdk1990	0,000311	0	0	2,421E-07	-0,000002898	7,162E-07	0,00030906
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01004	0	0	1,203E-11	-2,666E-10	3,788E-12	0,01004
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,2489	0	0	0,005019	-0,09645	0,003733	0,161202
Forsuring	mPET_wdk2000	0,04259	0	0	0,00251	-0,01004	0,001761	0,036821
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,007837	0	0	0,003162	-0,00142	0,001115	0,010694
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,01858	0	0	0,001805	-0,004196	0,001191	0,01738
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01441	0	0	0,00001429	-0,0001527	0,00003615	0,01430774
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,04903	0	0	0,0003335	-0,007388	0,005431	0,0474065
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,001455	0	0	0,000005683	-0,0001218	0,0001326	0,001471483
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,08741	0	0	0,02849	-0,003874	0,00006501	0,11209101



Figur 38. Forbrug af primær energi efter kilde. 1120-2. Forbrænding, reference. Svarer til fremtidsscenario 1

Tabel 48. 1123-2. Forbrænding, kun varmegenanvendelse. Svarer til fremtidsscenario 1

	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	26,71	0	0	0,4055	-5,961	0,339	21,4935
Primær energi, materiale	MJ	16,04	0	0	0,0001178	-0,001596	0,0003396	16,0388614
Naturgas	mPR_wdk1990	0,02454	0	0	0,0004682	-0,006342	0,0001247	0,0187909
Råolie	mPR_wdk1990	0,0006715	0	0	0,00000024	-0,000002588	0,0002054	0,000874552
Stenkul	mPR_wdk1990	0,000311	0	0	2,421E-07	-0,000001772	7,162E-07	0,000310186
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01004	0	0	1,203E-11	-1,63E-10	3,788E-12	0,01004
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,2489	0	0	0,005019	-0,05896	0,003733	0,198692
Forsuring	mPET_wdk2000	0,04259	0	0	0,00251	-0,006139	0,001761	0,040722
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,007837	0	0	0,003162	-0,0008683	0,001115	0,0112457
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	0,01858	0	0	0,001805	-0,002565	0,001191	0,019011
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01441	0	0	0,00001429	-0,00009337	0,00003615	0,01436707
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,04903	0	0	0,0003335	-0,004517	0,005431	0,0502775
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,001455	0	0	0,000005683	-0,00007447	0,0001326	0,001518813
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,08741	0	0	0,02849	-0,002369	0,00006501	0,11359601



Figur 39. Forbrug af primær energi efter kilde. 1123-2. Forbrænding, kun varmegenanvendelse. Svarer til fremtidsscenario 1

2.2 Udviklingsscenarier

2.2.1 Fremtidsscenarie 1

Tabel 49 viser karakteriserede værdier for udviklingsscenarierne for aviser og ugeblade.

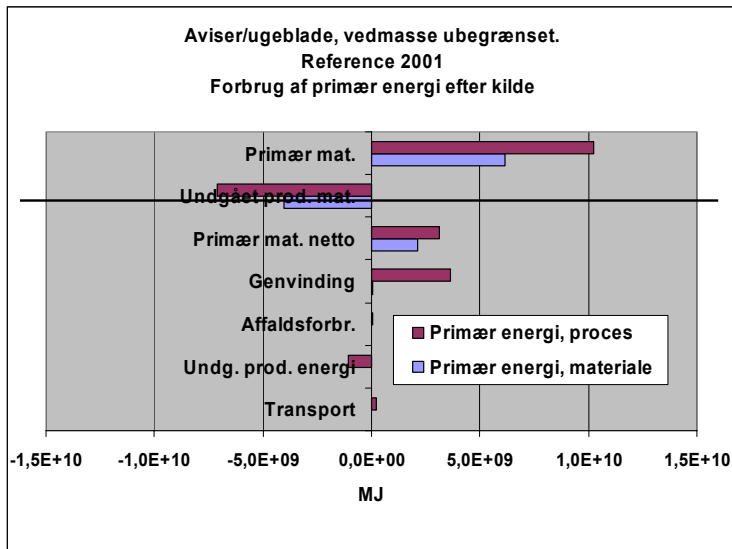
Tabel 49. Karakteriserede værdier. 1x5M

	Enhed	Reference	Øget genanvendelse	Reduceret genanvendelse
Naturgas	g	9,73E+10	1,00E+11	9,41E+10
Råolie	g	1,22E+10	1,04E+10	1,42E+10
Stenkul	g	5,04E+09	5,02E+09	5,06E+09
Træ, blødt (TS)	g	1,68E+11	1,27E+11	2,13E+11
Drivhuseffekt	g CO2-ækv	3,51E+11	3,53E+11	3,49E+11
Forsuring	g SO2-ækv	1,08E+09	1,05E+09	1,12E+09
Fotokemisk ozon	g C2H4-ækv	5,95E+07	5,10E+07	6,88E+07
Næringssaltbelastning	g NO3-ækv	1,18E+09	1,05E+09	1,32E+09
Volumenaffald	g	2,59E+10	2,52E+10	2,67E+10
Farligt affald	g	3,12E+08	2,78E+08	3,50E+08
Radioaktivt affald	g	6,36E+04	5,84E+04	6,94E+04
Slagge og aske	g	2,54E+10	2,50E+10	2,58E+10

Tabellerne 50 – 52 viser de samlede vægtede værdier og primær energi for udviklingsscenarierne for aviser og ugeblade. Figurerne 40 – 42 viser primær energi opdelt efter kilde for udviklingsscenarierne for aviser og ugeblade.

Tabel 50. 115M. Reference

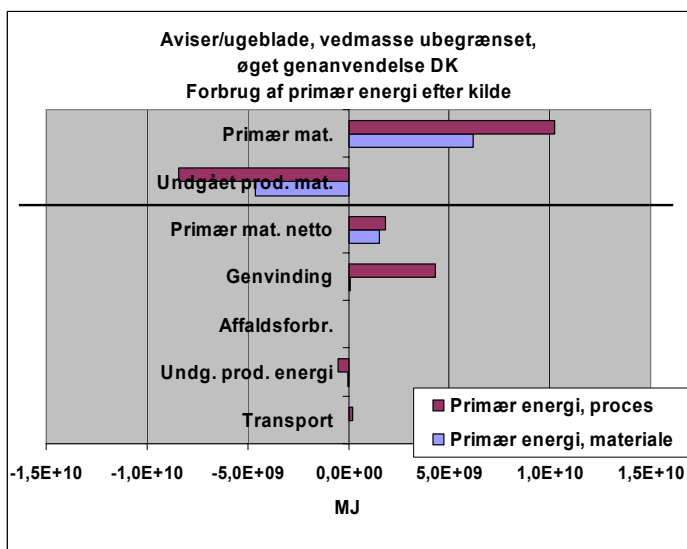
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	1,03E+10	-7,11E+09	3,62E+09	3,24E+07	-1,05E+09	2,40E+08	5,99E+09
Primær energi, materiale	MJ	6,16E+09	-4,04E+09	7,94E+07	9,43E+03	-2,80E+05	2,27E+05	2,20E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	9,42E+06	-6,51E+06	3,11E+06	3,75E+04	-1,11E+06	8,06E+04	5,03E+06
Råolie	mPR_wdk1990	2,58E+05	-2,32E+05	2,96E+05	1,92E+01	-4,54E+02	1,51E+05	4,73E+05
Stenkul	mPR_wdk1990	1,19E+05	-6,42E+04	-4,29E+03	1,94E+01	-3,11E+02	5,26E+02	5,12E+04
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	3,85E+06	-2,54E+06	2,33E+05	9,63E-04	-2,86E-02	2,51E-03	1,55E+06
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	9,56E+07	-6,50E+07	2,92E+07	4,02E+05	-1,03E+07	2,67E+06	5,25E+07
Forsuring	mPET_wdk2000	1,64E+07	-1,06E+07	4,08E+06	2,01E+05	-1,08E+06	2,40E+06	1,13E+07
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	3,01E+06	-2,23E+06	1,85E+06	2,53E+05	-1,52E+05	8,31E+05	3,57E+06
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	7,14E+06	-5,29E+06	1,99E+06	1,44E+05	-4,50E+05	1,22E+06	4,75E+06
Volumenaffald	mPET_wdk2000	5,53E+06	-3,87E+06	1,94E+07	1,14E+03	-1,64E+04	2,66E+04	2,11E+07
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,88E+07	-1,33E+07	7,80E+06	2,67E+04	-7,92E+05	4,00E+06	1,66E+07
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	5,59E+05	-3,94E+05	1,88E+05	4,55E+02	-1,31E+04	1,00E+05	4,40E+05
Slagge og aske	mPET_wdk2000	3,36E+07	-1,82E+07	6,26E+07	2,28E+06	-4,16E+05	4,37E+04	7,98E+07



Figur 40. Forbrug af primær energi efter kilde. 115M. Reference

Tabel 51. 125M. Øget genanvendelse

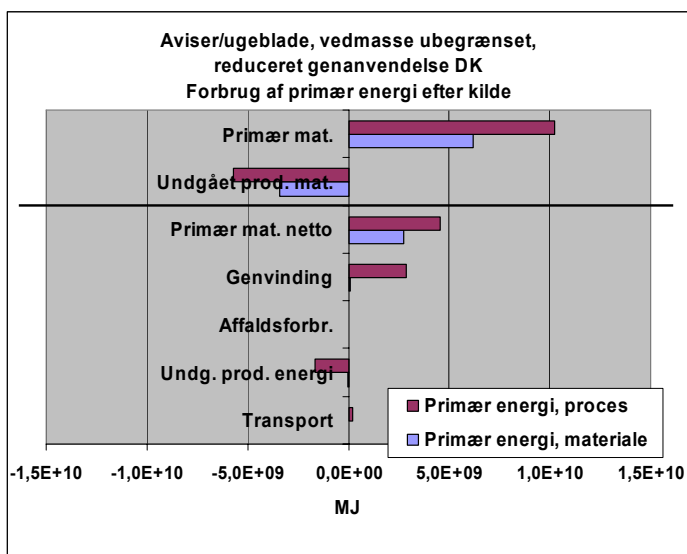
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	1,03E+10	-8,40E+09	4,31E+09	1,54E+07	-4,97E+08	2,41E+08	5,94E+09
Primær energi, materiale	MJ	6,16E+09	-4,62E+09	7,94E+07	4,48E+03	-1,33E+05	2,28E+05	1,61E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	9,42E+06	-7,67E+06	3,85E+06	1,78E+04	-5,28E+05	8,06E+04	5,17E+06
Råolie	mPR_wdk1990	2,58E+05	-3,06E+05	2,99E+05	9,12E+00	-2,16E+02	1,52E+05	4,03E+05
Stenkul	mPR_wdk1990	1,19E+05	-6,45E+04	-4,28E+03	9,20E+00	-1,48E+02	5,28E+02	5,10E+04
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	3,85E+06	-2,91E+06	2,33E+05	4,57E-04	-1,36E-02	2,51E-03	1,17E+06
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	9,56E+07	-7,59E+07	3,51E+07	1,91E+05	-4,91E+06	2,68E+06	5,28E+07
Forsuring	mPET_wdk2000	1,64E+07	-1,21E+07	4,73E+06	9,54E+04	-5,12E+05	2,40E+06	1,10E+07
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	3,01E+06	-2,71E+06	1,88E+06	1,20E+05	-7,24E+04	8,35E+05	3,06E+06
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	7,14E+06	-6,46E+06	2,46E+06	6,86E+04	-2,14E+05	1,22E+06	4,22E+06
Volumenaffald	mPET_wdk2000	5,53E+06	-4,58E+06	1,96E+07	5,43E+02	-7,78E+03	2,67E+04	2,06E+07
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,88E+07	-1,58E+07	8,07E+06	1,27E+04	-3,76E+05	4,02E+06	1,47E+07
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	5,59E+05	-4,38E+05	1,88E+05	2,16E+02	-6,21E+03	1,01E+05	4,04E+05
Slagge og aske	mPET_wdk2000	3,36E+07	-1,85E+07	6,26E+07	1,08E+06	-1,97E+05	4,38E+04	7,86E+07



Figur 41. Forbrug af primær energi efter kilde. 125M. Øget genanvendelse

Tabel 52. 135M. Reduceret genanvendelse

	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	1,03E+10	-5,70E+09	2,85E+09	5,15E+07	-1,66E+09	2,39E+08	6,04E+09
Primær energi, materiale	MJ	6,16E+09	-3,39E+09	7,94E+07	1,50E+04	-4,45E+05	2,26E+05	2,85E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	9,42E+06	-5,23E+06	2,30E+06	5,95E+04	-1,77E+06	8,05E+04	4,86E+06
Råolie	mPR_wdk1990	2,58E+05	-1,51E+05	2,93E+05	3,05E+01	-7,21E+02	1,51E+05	5,50E+05
Stenkul	mPR_wdk1990	1,19E+05	-6,38E+04	-4,30E+03	3,08E+01	-4,93E+02	5,23E+02	5,13E+04
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	3,85E+06	-2,12E+06	2,33E+05	1,53E-03	-4,54E-02	2,50E-03	1,96E+06
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	9,56E+07	-5,29E+07	2,26E+07	6,38E+05	-1,64E+07	2,66E+06	5,21E+07
Forsuring	mPET_wdk2000	1,64E+07	-8,99E+06	3,37E+06	3,19E+05	-1,71E+06	2,39E+06	1,17E+07
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	3,01E+06	-1,69E+06	1,82E+06	4,02E+05	-2,42E+05	8,27E+05	4,13E+06
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	7,14E+06	-4,01E+06	1,48E+06	2,29E+05	-7,14E+05	1,22E+06	5,33E+06
Volumenaffald	mPET_wdk2000	5,53E+06	-3,08E+06	1,93E+07	1,81E+03	-2,60E+04	2,64E+04	2,17E+07
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,88E+07	-1,05E+07	7,50E+06	4,24E+04	-1,26E+06	3,98E+06	1,86E+07
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	5,59E+05	-3,46E+05	1,87E+05	7,22E+02	-2,07E+04	9,95E+04	4,80E+05
Slagge og aske	mPET_wdk2000	3,36E+07	-1,80E+07	6,26E+07	3,62E+06	-6,60E+05	4,36E+04	8,12E+07



Figur 42. Forbrug af primær energi efter kilde. 135M. Reduceret genanvendelse

2.2.2 Fremtidsscenarie 2

Tabel 53 viser karakteriserede værdier for udviklingsscenarierne for aviser og ugeblade.

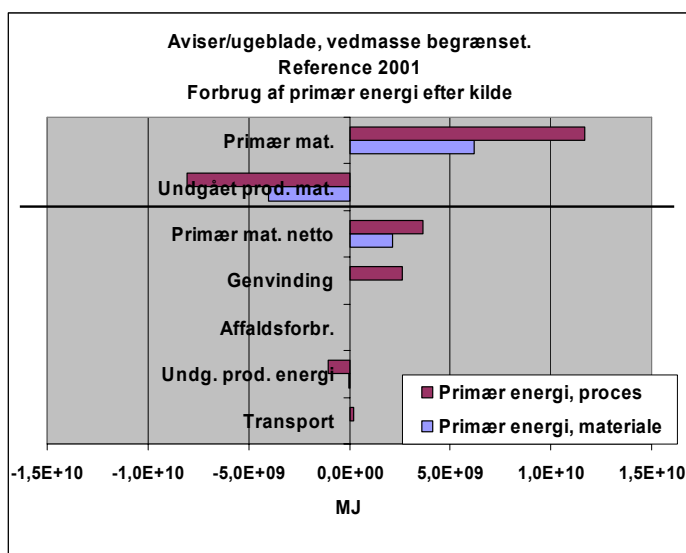
Tabel 53. Karakteriserede værdier. 1x1MSU

	Enhed	Reference	Øget genanvendelse	Reduceret genanvendelse
Naturgas	g	1,04E+11	9,83E+10	1,10E+11
Råolie	g	4,31E+10	3,10E+10	5,64E+10
Stenkul	g	5,95E+09	5,62E+09	6,30E+09
Træ, blødt (TS)	g	4,04E+10	4,04E+10	4,04E+10
Drivhuseffekt	g CO2-ækv	4,64E+11	4,08E+11	5,25E+11
Forsuring	g SO2-ækv	2,49E+09	1,95E+09	3,07E+09
Fotokemisk ozon	g C2H4-ækv	8,63E+07	6,80E+07	1,06E+08
Nærings saltbelastning	g NO3-ækv	1,32E+09	1,10E+09	1,55E+09
Volumenaffald	g	2,65E+10	2,56E+10	2,75E+10
Farligt affald	g	9,03E+08	6,68E+08	1,16E+09
Radioaktivt affald	g	3,82E+05	2,74E+05	5,00E+05
Slagge og aske	g	2,51E+10	2,48E+10	2,55E+10

Tabellerne 54 – 56 viser de samlede vægtede værdier og primær energi for udviklingsscenarierne for aviser og ugeblade. Figurerne 43 – 45 viser primær energi opdelt efter kilde for udviklingsscenarierne for aviser og ugeblade.

Tabel 54. 111MSU. Reference

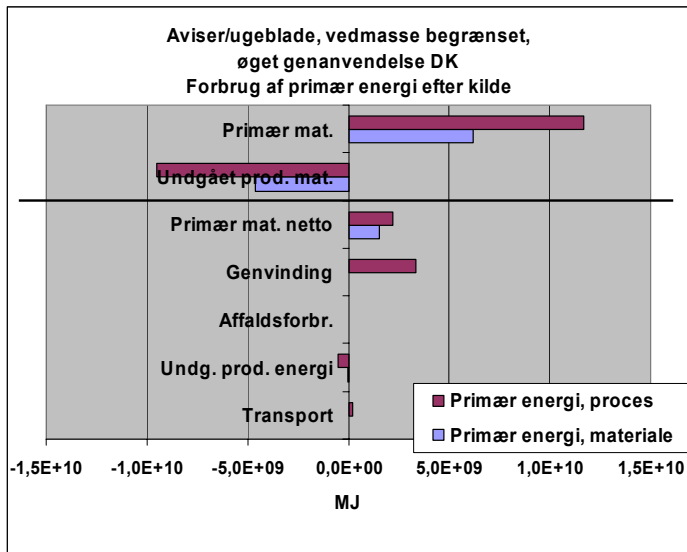
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	1,17E+10	-8,07E+09	2,63E+09	3,24E+07	-1,05E+09	2,40E+08	5,50E+09
Primær energi, materiale	MJ	6,16E+09	-4,04E+09	4,22E+07	9,43E+03	-2,80E+05	2,27E+05	2,17E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	1,40E+07	-9,52E+06	1,90E+06	3,75E+04	-1,11E+06	8,06E+04	5,39E+06
Råolie	mPR_wdk1990	4,38E+06	-2,94E+06	8,90E+04	1,92E+01	-4,54E+02	1,51E+05	1,67E+06
Stenkul	mPR_wdk1990	1,52E+05	-8,54E+04	-6,15E+03	1,94E+01	-3,11E+02	5,26E+02	6,04E+04
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	2,98E-01	-1,86E-01	3,73E+05	9,63E-04	-2,86E-02	2,51E-03	3,73E+05
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	1,85E+08	-1,24E+08	1,56E+07	4,02E+05	-1,03E+07	2,67E+06	6,94E+07
Forsuring	mPET_wdk2000	6,99E+07	-4,58E+07	4,60E+05	2,01E+05	-1,08E+06	2,40E+06	2,60E+07
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	9,05E+06	-6,20E+06	1,39E+06	2,53E+05	-1,52E+05	8,31E+05	5,18E+06
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	1,06E+07	-7,56E+06	1,37E+06	1,44E+05	-4,50E+05	1,22E+06	5,31E+06
Volumenaffald	mPET_wdk2000	7,39E+06	-5,09E+06	1,93E+07	1,14E+03	-1,64E+04	2,66E+04	2,16E+07
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,29E+08	-8,56E+07	1,60E+06	2,67E+04	-7,92E+05	4,00E+06	4,80E+07
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	7,93E+06	-5,20E+06	-1,86E+05	4,55E+02	-1,31E+04	1,00E+05	2,64E+06
Slagge og aske	mPET_wdk2000	3,23E+07	-1,74E+07	6,23E+07	2,28E+06	-4,16E+05	4,37E+04	7,91E+07



Figur 43. Forbrug af primær energi efter kilde. 111MSU. Reference

Tabel 55. 121MSU. Øget genanvendelse

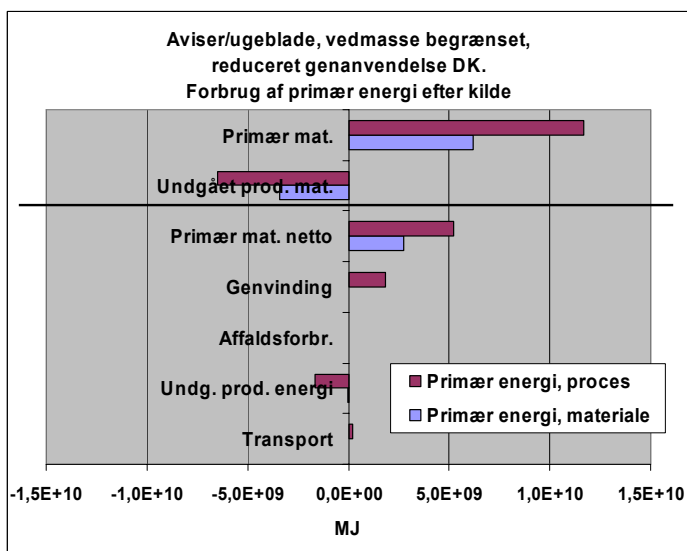
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	1,17E+10	-9,49E+09	3,32E+09	1,54E+07	-4,97E+08	2,41E+08	5,30E+09
Primær energi, materiale	MJ	6,16E+09	-4,63E+09	4,22E+07	4,48E+03	-1,33E+05	2,28E+05	1,58E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	1,40E+07	-1,11E+07	2,64E+06	1,78E+04	-5,28E+05	8,06E+04	5,08E+06
Råolie	mPR_wdk1990	4,38E+06	-3,42E+06	9,15E+04	9,12E+00	-2,16E+02	1,52E+05	1,20E+06
Stenkul	mPR_wdk1990	1,52E+05	-8,89E+04	-6,14E+03	9,20E+00	-1,48E+02	5,28E+02	5,71E+04
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	2,98E-01	-2,07E-01	3,73E+05	4,57E-04	-1,36E-02	2,51E-03	3,73E+05
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	1,85E+08	-1,43E+08	2,16E+07	1,91E+05	-4,91E+06	2,68E+06	6,10E+07
Forsuring	mPET_wdk2000	6,99E+07	-5,25E+07	1,10E+06	9,54E+04	-5,12E+05	2,40E+06	2,05E+07
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	9,05E+06	-7,27E+06	1,42E+06	1,20E+05	-7,24E+04	8,35E+05	4,08E+06
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	1,06E+07	-9,06E+06	1,84E+06	6,86E+04	-2,14E+05	1,22E+06	4,44E+06
Volumenaffald	mPET_wdk2000	7,39E+06	-5,98E+06	1,95E+07	5,43E+02	-7,78E+03	2,67E+04	2,09E+07
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,29E+08	-9,88E+07	1,88E+06	1,27E+04	-3,76E+05	4,02E+06	3,54E+07
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	7,93E+06	-5,95E+06	-1,85E+05	2,16E+02	-6,21E+03	1,01E+05	1,89E+06
Slagge og aske	mPET_wdk2000	3,23E+07	-1,75E+07	6,23E+07	1,08E+06	-1,97E+05	4,38E+04	7,80E+07



Figur 44. Forbrug af primær energi efter kilde. 121MSU. Øget genanvendelse

Tabel 56. 131MSU. Reduceret genanvendelse

	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	1,17E+10	-6,50E+09	1,86E+09	5,15E+07	-1,66E+09	2,39E+08	5,70E+09
Primær energi, materiale	MJ	6,16E+09	-3,39E+09	4,22E+07	1,50E+04	-4,45E+05	2,26E+05	2,81E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	1,40E+07	-7,75E+06	1,09E+06	5,95E+04	-1,77E+06	8,05E+04	5,71E+06
Råolie	mPR_wdk1990	4,38E+06	-2,42E+06	8,62E+04	3,05E+01	-7,21E+02	1,51E+05	2,19E+06
Stenkul	mPR_wdk1990	1,52E+05	-8,16E+04	-6,16E+03	3,08E+01	-4,93E+02	5,23E+02	6,40E+04
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	2,98E-01	-1,63E-01	3,73E+05	1,53E-03	-4,54E-02	2,50E-03	3,73E+05
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	1,85E+08	-1,02E+08	8,99E+06	6,38E+05	-1,64E+07	2,66E+06	7,86E+07
Forsuring	mPET_wdk2000	6,99E+07	-3,85E+07	-2,48E+05	3,19E+05	-1,71E+06	2,39E+06	3,22E+07
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	9,05E+06	-5,02E+06	1,36E+06	4,02E+05	-2,42E+05	8,27E+05	6,38E+06
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	1,06E+07	-5,92E+06	8,56E+05	2,29E+05	-7,14E+05	1,22E+06	6,26E+06
Volumenaffald	mPET_wdk2000	7,39E+06	-4,10E+06	1,91E+07	1,81E+03	-2,60E+04	2,64E+04	2,24E+07
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,29E+08	-7,10E+07	1,30E+06	4,24E+04	-1,26E+06	3,98E+06	6,17E+07
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	7,93E+06	-4,37E+06	-1,86E+05	7,22E+02	-2,07E+04	9,95E+04	3,46E+06
Slagge og aske	mPET_wdk2000	3,23E+07	-1,73E+07	6,23E+07	3,62E+06	-6,60E+05	4,36E+04	8,03E+07



Figur 45. Forbrug af primær energi efter kilde. 131MSU. Reduceret genanvendelse

2.2.3 Cost/benefit betragtninger

Tabel 57 viser karakteriserede værdier for udviklingsscenarierne for aviser og ugeblade.

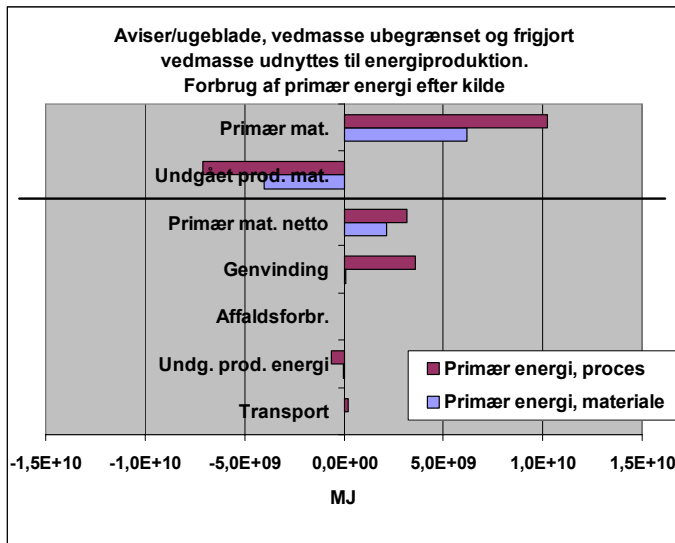
Tabel 57. Karakteriserede værdier. 1x6M

	Enhed	Reference	Øget genanvendelse	Reduceret genanvendelse
Naturgas	g	1,08E+09	-1,06E+10	1,33E+10
Råolie	g	1,33E+10	1,16E+10	1,51E+10
Stenkul	g	4,91E+09	4,87E+09	4,95E+09
Træ, blødt (TS)	g	4,42E+11	4,42E+11	4,43E+11
Drivhuseffekt	g CO2-ækv	4,60E+10	2,14E+09	9,23E+10
Forsuring	g SO2-ækv	7,88E+08	7,09E+08	8,72E+08
Fotokemisk ozon	g C2H4-ækv	6,47E+07	5,70E+07	7,32E+07
Næringssaltbelastning	g NO3-ækv	9,41E+08	7,73E+08	1,12E+09
Volumenaffald	g	2,58E+10	2,51E+10	2,66E+10
Farligt affald	g	2,45E+08	2,01E+08	2,94E+08
Radioaktivt affald	g	5,52E+04	4,87E+04	6,23E+04
Slagge og aske	g	2,59E+10	2,56E+10	2,62E+10

Tabellerne 58 – 60 viser de samlede vægtede værdier og primær energi for udviklingsscenarierne for aviser og ugeblade. Figurerne 46 – 48 viser primær energi opdelt efter kilde for udviklingsscenarierne for aviser og ugeblade.

Tabel 58. 116M. Reference

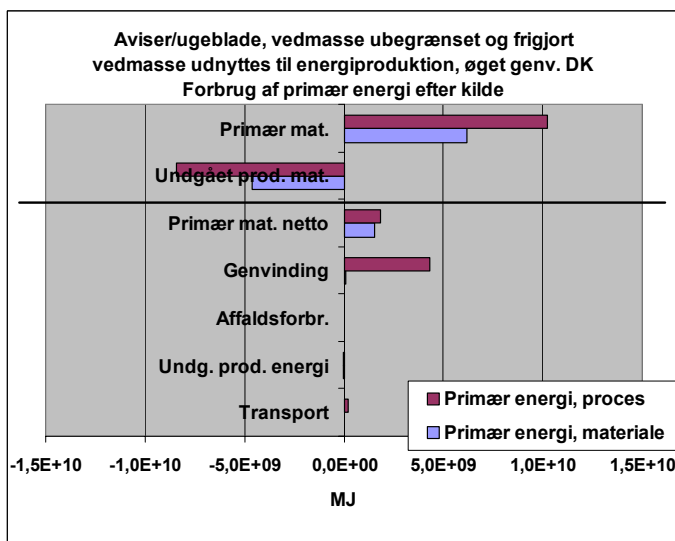
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	1,03E+10	-7,11E+09	3,62E+09	3,24E+07	-6,60E+08	2,40E+08	6,38E+09
Primær energi, materiale	MJ	6,16E+09	-4,04E+09	7,94E+07	9,43E+03	-1,53E+06	2,27E+05	2,20E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	9,42E+06	-6,51E+06	3,11E+06	3,75E+04	-6,09E+06	8,06E+04	5,60E+04
Råolie	mPR_wdk1990	2,58E+05	-2,32E+05	2,96E+05	1,92E+01	4,21E+04	1,51E+05	5,16E+05
Stenkul	mPR_wdk1990	1,19E+05	-6,42E+04	-4,29E+03	1,94E+01	-1,67E+03	5,26E+02	4,98E+04
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	3,85E+06	-2,54E+06	2,33E+05	9,63E-04	2,53E+06	2,51E-03	4,08E+06
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	9,56E+07	-6,50E+07	2,92E+07	4,02E+05	-5,60E+07	2,67E+06	6,87E+06
Forsuring	mPET_wdk2000	1,64E+07	-1,06E+07	4,08E+06	2,01E+05	-4,17E+06	2,40E+06	8,25E+06
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	3,01E+06	-2,23E+06	1,85E+06	2,53E+05	1,62E+05	8,31E+05	3,88E+06
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	7,14E+06	-5,29E+06	1,99E+06	1,44E+05	-1,41E+06	1,22E+06	3,79E+06
Volumenaffald	mPET_wdk2000	5,53E+06	-3,87E+06	1,94E+07	1,14E+03	-8,73E+04	2,66E+04	2,10E+07
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,88E+07	-1,33E+07	7,80E+06	2,67E+04	-4,34E+06	4,00E+06	1,30E+07
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	5,59E+05	-3,94E+05	1,88E+05	4,55E+02	-7,15E+04	1,00E+05	3,82E+05
Slagge og aske	mPET_wdk2000	3,36E+07	-1,82E+07	6,26E+07	2,28E+06	1,23E+06	4,37E+04	8,15E+07



Figur 46. Forbrug af primær energi efter kilde. 116M. Reference

Tabel 59. 126M. Øget genanvendelse

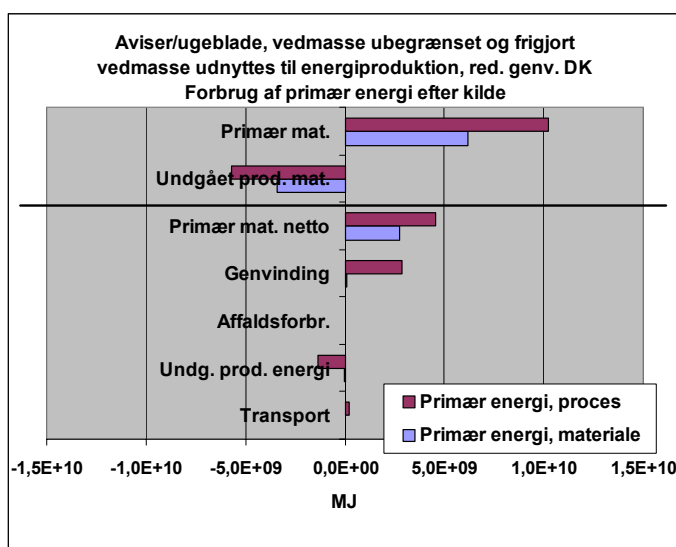
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	1,03E+10	-8,40E+09	4,31E+09	1,54E+07	-5,35E+07	2,41E+08	6,38E+09
Primær energi, materiale	MJ	6,16E+09	-4,62E+09	7,94E+07	4,48E+03	-1,57E+06	2,28E+05	1,61E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	9,42E+06	-7,67E+06	3,85E+06	1,78E+04	-6,25E+06	8,06E+04	-5,47E+05
Råolie	mPR_wdk1990	2,58E+05	-3,06E+05	2,99E+05	9,12E+00	4,87E+04	1,52E+05	4,52E+05
Stenkul	mPR_wdk1990	1,19E+05	-6,45E+04	-4,28E+03	9,20E+00	-1,71E+03	5,28E+02	4,94E+04
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	3,85E+06	-2,91E+06	2,33E+05	4,57E-04	2,91E+06	2,51E-03	4,08E+06
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	9,56E+07	-7,59E+07	3,51E+07	1,91E+05	-5,74E+07	2,68E+06	3,15E+05
Forsuring	mPET_wdk2000	1,64E+07	-1,21E+07	4,73E+06	9,54E+04	-4,07E+06	2,40E+06	7,43E+06
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	3,01E+06	-2,71E+06	1,88E+06	1,20E+05	2,88E+05	8,35E+05	3,42E+06
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	7,14E+06	-6,46E+06	2,46E+06	6,86E+04	-1,31E+06	1,22E+06	3,12E+06
Volumenaffald	mPET_wdk2000	5,53E+06	-4,58E+06	1,96E+07	5,43E+02	-8,93E+04	2,67E+04	2,05E+07
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,88E+07	-1,58E+07	8,07E+06	1,27E+04	-4,45E+06	4,02E+06	1,07E+07
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	5,59E+05	-4,38E+05	1,88E+05	2,16E+02	-7,34E+04	1,01E+05	3,37E+05
Slagge og aske	mPET_wdk2000	3,36E+07	-1,85E+07	6,26E+07	1,08E+06	1,69E+06	4,38E+04	8,05E+07



Figur 47. Forbrug af primær energi efter kilde. 126M. Øget genanvendelse

Tabel 60. 136M. Reduceret genanvendelse

	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	1,03E+10	-5,70E+09	2,85E+09	5,15E+07	-1,34E+09	2,39E+08	6,37E+09
Primær energi, materiale	MJ	6,16E+09	-3,39E+09	7,94E+07	1,50E+04	-1,50E+06	2,26E+05	2,85E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	9,42E+06	-5,23E+06	2,30E+06	5,95E+04	-5,94E+06	8,05E+04	6,87E+05
Råolie	mPR_wdk1990	2,58E+05	-1,51E+05	2,93E+05	3,05E+01	3,50E+04	1,51E+05	5,86E+05
Stenkul	mPR_wdk1990	1,19E+05	-6,38E+04	-4,30E+03	3,08E+01	-1,63E+03	5,23E+02	5,02E+04
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	3,85E+06	-2,12E+06	2,33E+05	1,53E-03	2,13E+06	2,50E-03	4,09E+06
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	9,56E+07	-5,29E+07	2,26E+07	6,38E+05	-5,47E+07	2,66E+06	1,38E+07
Forsuring	mPET_wdk2000	1,64E+07	-8,99E+06	3,37E+06	3,19E+05	-4,31E+06	2,39E+06	9,14E+06
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	3,01E+06	-1,69E+06	1,82E+06	4,02E+05	2,16E+04	8,27E+05	4,39E+06
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	7,14E+06	-4,01E+06	1,48E+06	2,29E+05	-1,52E+06	1,22E+06	4,53E+06
Volumenaffald	mPET_wdk2000	5,53E+06	-3,08E+06	1,93E+07	1,81E+03	-8,55E+04	2,64E+04	2,17E+07
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,88E+07	-1,05E+07	7,50E+06	4,24E+04	-4,23E+06	3,98E+06	1,56E+07
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	5,59E+05	-3,46E+05	1,87E+05	7,22E+02	-6,98E+04	9,95E+04	4,31E+05
Slagge og aske	mPET_wdk2000	3,36E+07	-1,80E+07	6,26E+07	3,62E+06	7,20E+05	4,36E+04	8,25E+07



Figur 48. Forbrug af primær energi efter kilde. 136M. Reduceret genanvendelse

3 Bølgepap

3.1 100% scenarier

3.1.1 Fremtidsscenario 1

Tabel 61 viser karakteriserede værdier per kg bølgepap.

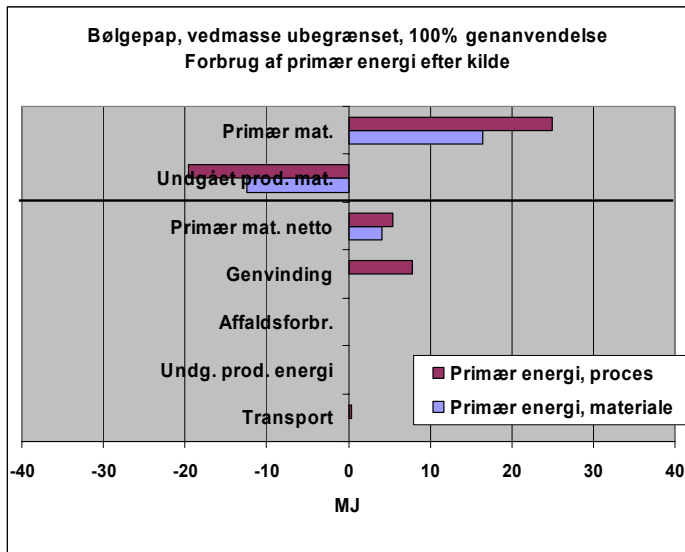
Tabel 61. Karakteriserede værdier. 21xx-2

	Enhed	Genanvendelse, reference	Genanvendelse, udland	Genanvendelse, forbrænd tysk affald	Forbrænding, reference	Forbrænding, kun varme- genvinding
Naturgas	g	117,8	75,38	-54,49	-31,35	46,67
Råolie	g	10,05	27,47	47,52	57,83	57,87
Stenkul	g	97,52	3,006	98,21	0,4796	0,5906
Træ, blødt (TS)	g	453	479,7	453	1758	1758
Drivhuseffekt	g CO2-ækv	708,9	324,3	-1015	89,24	340
Forsuring	g SO2-ækv	2,541	1,684	4,84	2,132	2,505
Fotokemisk ozon	g C2H4-ækv	0,06741	0,1065	-0,1791	0,2551	0,2643
Nærings saltbelastning	g NO3-ækv	3,471	2,976	4,124	5,612	6,017
Volumenaffald	g	47,93	12,65	-161,6	12,22	12,3
Farligt affald	g	0,1335	0,5248	1,058	0,9499	1,004
Radioaktivt affald	g	0,00027	0,00010	0,00056	0,00014	0,00014
Slagge og aske	g	1,41	0,3347	83,72	8,909	9,388

Tabellerne 62 – 66 viser de samlede vægtede værdier og primær energi per kg bølgepap. Figurene 61 – 65 viser primær energi opdelt efter kilde per kg bølgepap.

Tabel 62. 2110. Genanvendelse, reference

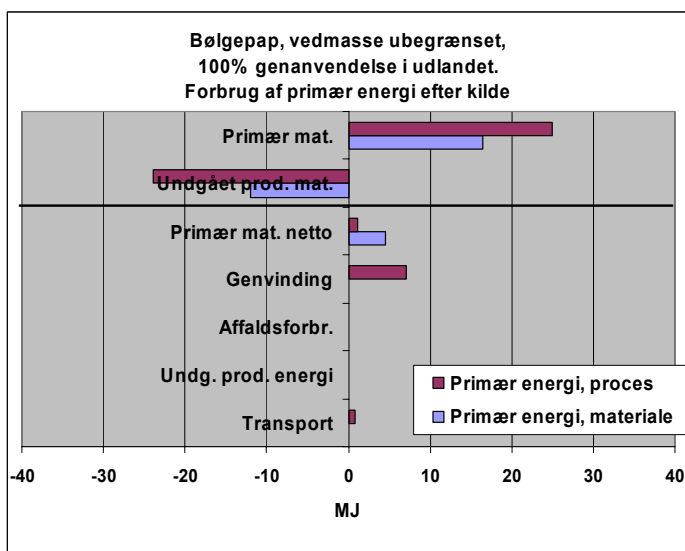
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds- forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	25,01	-19,63	7,832	0	0	0,3591	13,5711
Primær energi, materiale	MJ	16,47	-12,4	0,001013	0	0	0,0003654	4,0713784
Naturgas	mPR_wdk1990	0,008161	-0,006871	0,004671	0	0	0,0001259	0,0060869
Råolie	mPR_wdk1990	0,002046	-0,001983	0,0001051	0	0	0,0002224	0,0003905
Stenkul	mPR_wdk1990	0,000006808	-0,000006891	0,0009891	0	0	7,728E-07	0,00098979
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01625	-0,01206	1,166E-10	0	0	3,868E-12	0,00419
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,101	-0,0882	0,08917	0	0	0,003969	0,105939
Forsuring	mPET_wdk2000	0,02811	-0,02203	0,01865	0	0	0,001888	0,026618
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,01245	-0,0117	0,002097	0	0	0,001201	0,004048
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	0,02383	-0,0178	0,006684	0	0	0,001281	0,013995
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01007	-0,01472	0,04368	0	0	0,000039	0,039069
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,05209	-0,05397	0,003101	0	0	0,005873	0,007094
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,0009201	-0,001095	0,001896	0	0	0,0001435	0,0018646
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,003346	-0,002833	0,003855	0	0	0,000067	0,004435



Figur 49. Forbrug af primær energi efter kilde. 2110. Genanvendelse, reference

Tabel 63. 2111. Genanvendelse, udland.

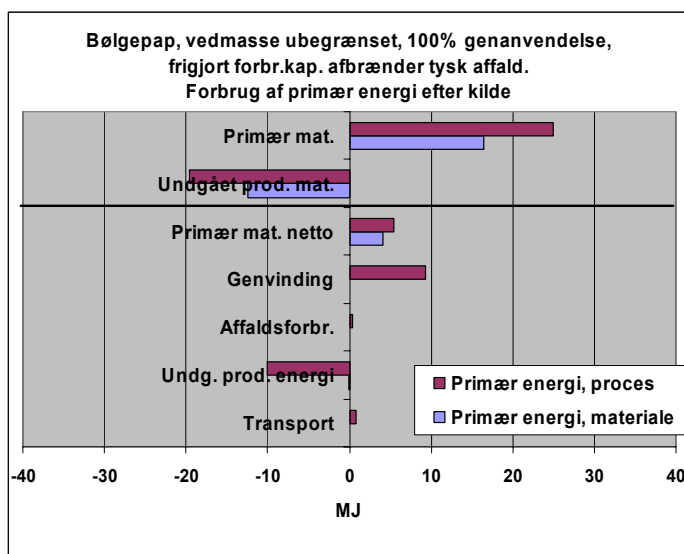
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	25,01	-23,9	7,132	0	0	0,7743	9,0163
Primær energi, materiale	MJ	16,47	-11,98	0,00296	0	0	0,0007195	4,4936795
Naturgas	mPR_wdk1990	0,008161	-0,01159	0,007071	0	0	0,0002553	0,0038973
Råolie	mPR_wdk1990	0,002046	-0,001559	0,0000891	0	0	0,0004918	0,0010679
Stenkul	mPR_wdk1990	0,000006808	-0,0001128	0,0001348	0	0	0,000001707	0,000030515
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01625	-0,01182	-1,707E-11	0	0	7,976E-12	0,00443
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,101	-0,1226	0,06139	0	0	0,008644	0,048434
Forsuring	mPET_wdk2000	0,02811	-0,0259	0,006816	0	0	0,008614	0,01764
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,01245	-0,01019	0,001425	0	0	0,002708	0,006393
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,02383	-0,02243	0,006374	0	0	0,004222	0,011996
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01007	-0,03722	0,03738	0	0	0,00008626	0,01031626
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,05209	-0,04066	0,003468	0	0	0,01298	0,027878
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,0009201	-0,001061	0,0004893	0	0	0,0003267	0,0006751
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,003346	-0,002436	0,000004126	0	0	0,0001395	0,001053626



Figur 50. Forbrug af primær energi efter kilde. 2111. Genanvendelse, udland.

Tabel 64. 2112. Genanvendelse, forbrænding af tysk affald

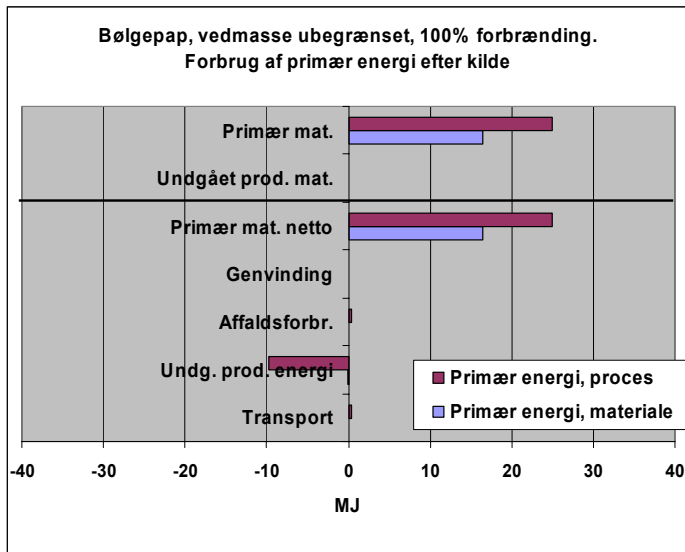
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	25,01	-19,63	9,303	0,4103	-10,07	0,8872	5,9105
Primær energi, materiale	MJ	16,47	-12,4	0,002101	0,0001178	-0,002695	0,0008637	4,0703875
Naturgas	mPR_wdk1990	0,008161	-0,006871	0,005871	0,0004682	-0,01071	0,0002622	-0,0028186
Råolie	mPR_wdk1990	0,002046	-0,001983	0,001201	0,00000024	-0,000004369	0,0005868	0,001846671
Stenkul	mPR_wdk1990	0,000006808	-0,000006891	0,0009976	2,421E-07	-0,000002991	0,000002024	0,000996792
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01625	-0,01206	1,305E-10	1,203E-11	-2,752E-10	8,425E-12	0,00419
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,101	-0,0882	-0,1112	0,03636	-0,09956	0,009904	-0,151696
Forsuring	mPET_wdk2000	0,02811	-0,02203	0,03453	0,0112	-0,01037	0,009261	0,050701
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,01245	-0,0117	-0,01731	0,004068	-0,001466	0,003209	-0,010749
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,02383	-0,0178	0,008455	0,001805	-0,004331	0,004667	0,016626
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01007	-0,01472	-0,127	0,00001429	-0,0001577	0,0001022	-0,13169121
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,05209	-0,05397	0,03188	0,0184	-0,007626	0,01545	0,056224
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,0009201	-0,001095	0,003808	0,000005683	-0,0001257	0,0003874	0,003900483
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,003346	-0,002833	0,00416	0,2626	-0,003999	0,0001507	0,2634247



Figur 51. Forbrug af primær energi efter kilde. 2112. Genanvendelse, forbrænding af tysk affald

Tabel 65. 2120-2. Forbrænding, reference

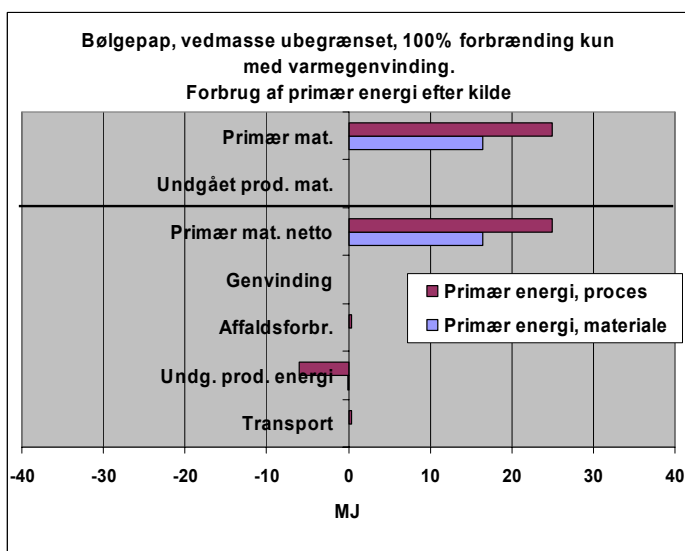
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	25,01	0	0	0,4055	-9,751	0,339	16,0035
Primær energi, materiale	MJ	16,47	0	0	0,0001178	-0,002611	0,0003396	16,4678464
Naturgas	mPR_wdk1990	0,008161	0	0	0,0004682	-0,01037	0,0001247	-0,0016161
Råolie	mPR_wdk1990	0,002046	0	0	0,00000024	-0,000004233	0,0002054	0,002247407
Stenkul	mPR_wdk1990	0,000006808	0	0	2,421E-07	-0,000002898	7,162E-07	4,8683E-06
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01625	0	0	1,203E-11	-2,666E-10	3,788E-12	0,01625
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,101	0	0	0,005019	-0,09645	0,003733	0,013302
Forsuring	mPET_wdk2000	0,02811	0	0	0,00251	-0,01004	0,001761	0,022341
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,01245	0	0	0,003162	-0,00142	0,001115	0,015307
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,02383	0	0	0,001805	-0,004196	0,001191	0,02263
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01007	0	0	0,00001429	-0,0001527	0,00003615	0,00996774
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,05209	0	0	0,0003335	-0,007388	0,005431	0,0504665
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,0009201	0	0	0,000005683	-0,0001218	0,0001326	0,000936583
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,003346	0	0	0,02849	-0,003874	0,00006501	0,02802701



Figur 52. Forbrug af primær energi efter kilde. 2120-2. Forbrænding, reference

Tabel 66. 2123-2. Forbrænding, kun varmegenanvendelse

	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	25,01	0	0	0,4055	-5,961	0,339	19,7935
Primær energi, materiale	MJ	16,47	0	0	0,0001178	-0,001596	0,0003396	16,4688614
Naturgas	mPR_wdk1990	0,008161	0	0	0,0004682	-0,006342	0,0001247	0,0024119
Råolie	mPR_wdk1990	0,002046	0	0	0,00000024	-0,000002588	0,0002054	0,002249052
Stenkul	mPR_wdk1990	0,000006808	0	0	2,421E-07	-0,000001772	7,162E-07	5,9943E-06
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01625	0	0	1,203E-11	-1,63E-10	3,788E-12	0,01625
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,101	0	0	0,005019	-0,05896	0,003733	0,050792
Forsuring	mPET_wdk2000	0,02811	0	0	0,00251	-0,006139	0,001761	0,026242
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,01245	0	0	0,003162	-0,0008683	0,001115	0,0158587
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,02383	0	0	0,001805	-0,002565	0,001191	0,024261
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01007	0	0	0,00001429	-0,00009337	0,00003615	0,01002707
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,05209	0	0	0,0003335	-0,004517	0,005431	0,0533375
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,0009201	0	0	0,000005683	-0,00007447	0,0001326	0,000983913
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,003346	0	0	0,02849	-0,002369	0,00006501	0,02953201



Figur 53. Forbrug af primær energi efter kilde. 2123-2. Forbrænding, kun varmegenanvendelse

3.1.2 Fremtidsscenarie 2

Tabel 67 viser karakteriserede værdier per kg bølgepap.

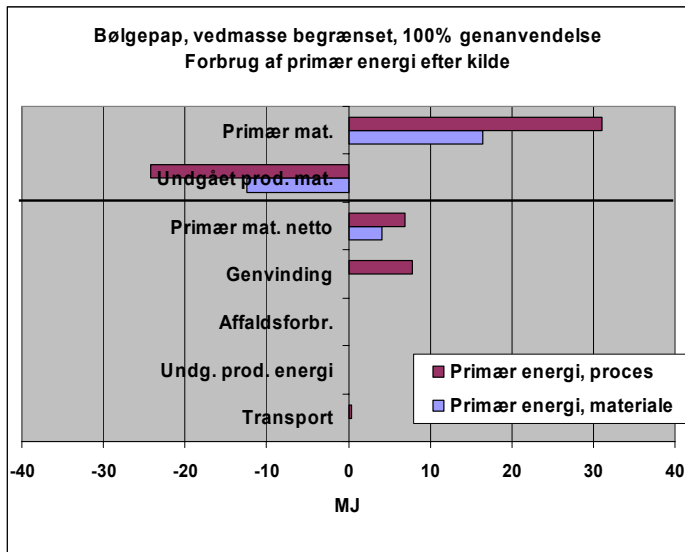
Tabel 67. Karakteriserede værdier. 23xx

	Enhed	Genanvendelse, reference	Genanvendelse, udland	Genanvendelse, forbrænd tysk affald	Forbrænding, reference	Forbrænding, kun varme- genvinding
Naturgas	g	213,9	177,2	41,62	273,5	472,9
Råolie	g	125	149,2	162,5	504,1	504,2
Stenkul	g	101	6,655	101,7	13,76	14,04
Træ, blødt (TS)	g	2,303E-05	0,0000136	-3,46E-06	1,109E-05	3,976E-05
Drivhuseffekt	g CO2-ækv	1355	1009	-368,7	2378	3019
Forsuring	g SO2-ækv	8,081	7,553	10,38	23,32	24,27
Fotokemisk ozon	g C2H4-ækv	0,1765	0,222	-0,07008	0,6706	0,6941
Nærings saltbelastning	g NO3-ækv	4,4	3,96	5,053	8,866	9,9
Volumenaffald	g	50,39	15,26	-159,1	21,73	21,91
Farligt affald	g	2,378	2,902	3,303	9,617	9,755
Radioaktivt affald	g	0,00141	0,00131	0,00171	0,00458	0,00459
Slagge og aske	g	0,9784	-0,1218	83,29	6,816	8,04

Tabellerne 68 – 72 viser de samlede vægtede værdier og primær energi per kg bølgepap. Figurerne 54 – 58 viser primær energi opdelt efter kilde per kg bølgepap.

Tabel 68. 2310. Genanvendelse, reference

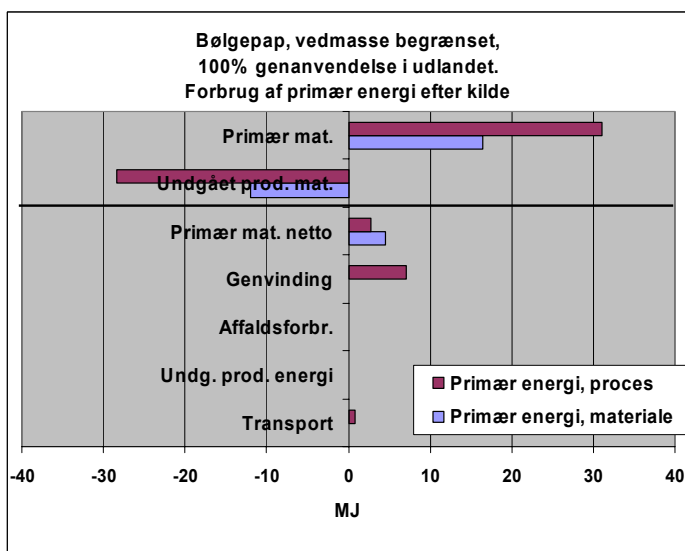
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds- forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	31,13	-24,17	7,832	0	0	0,3591	15,1511
Primær energi, materiale	MJ	16,49	-12,41	0,001013	0	0	0,0003654	4,0813784
Naturgas	mPR_wdk1990	0,02745	-0,02119	0,004671	0	0	0,0001259	0,0110569
Råolie	mPR_wdk1990	0,0194	-0,01486	0,0001051	0	0	0,0002224	0,0048675
Stenkul	mPR_wdk1990	0,0001426	-0,0001077	0,0009891	0	0	7,728E-07	0,001024773
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	4,44E-10	-3,517E-10	1,166E-10	0	0	3,868E-12	2,12768E-10
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,476	-0,3666	0,08917	0	0	0,003969	0,202539
Forsuring	mPET_wdk2000	0,2535	-0,1894	0,01865	0	0	0,001888	0,084638
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,03786	-0,03057	0,002097	0	0	0,001201	0,010588
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	0,03837	-0,0286	0,006684	0	0	0,001281	0,017735
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01786	-0,02051	0,04368	0	0	0,000039	0,041069
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,5151	-0,3977	0,003101	0	0	0,005873	0,126374
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,03168	-0,02393	0,001896	0	0	0,0001435	0,0097895
Slagge og aske	mPET_wdk2000	-0,001919	0,001075	0,003855	0	0	0,000067	0,003078



Figur 54. Forbrug af primær energi efter kilde. 2310. Genanvendelse, reference

Tabel 69. 2311 . Genanvendelse, udland

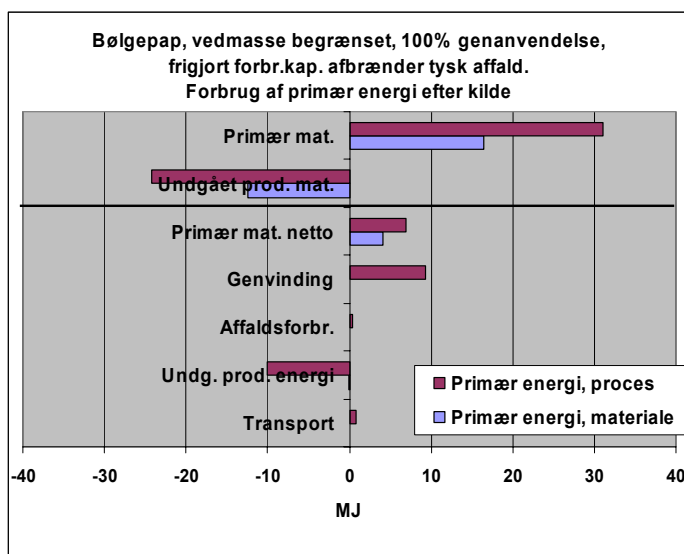
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	31,13	-28,34	7,132	0	0	0,7743	10,6963
Primær energi, materiale	MJ	16,49	-11,99	0,00296	0	0	0,0007195	4,5036795
Naturgas	mPR_wdk1990	0,02745	-0,02562	0,007071	0	0	0,0002553	0,0091563
Råolie	mPR_wdk1990	0,0194	-0,01418	0,0000891	0	0	0,0004918	0,0058009
Stenkul	mPR_wdk1990	0,0001426	-0,0002115	0,0001348	0	0	0,000001707	0,000067607
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	4,44E-10	-3,092E-10	-1,707E-11	0	0	7,976E-12	1,25706E-10
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,476	-0,3953	0,06139	0	0	0,008644	0,150734
Forsuring	mPET_wdk2000	0,2535	-0,1898	0,006816	0	0	0,008614	0,07913
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,03786	-0,02867	0,001425	0	0	0,002708	0,013323
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,03837	-0,03301	0,006374	0	0	0,004222	0,015956
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01786	-0,04289	0,03738	0	0	0,00008626	0,01243626
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,5151	-0,3774	0,003468	0	0	0,01298	0,154148
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,03168	-0,02343	0,0004893	0	0	0,0003267	0,009066
Slagge og aske	mPET_wdk2000	-0,001919	0,001392	0,000004126	0	0	0,0001395	-0,000383374



Figur 55. Forbrug af primær energi efter kilde. 2311 . Genanvendelse, udland.

Tabel 70. 2312. Genanvendelse, forbrænding af tysk affald

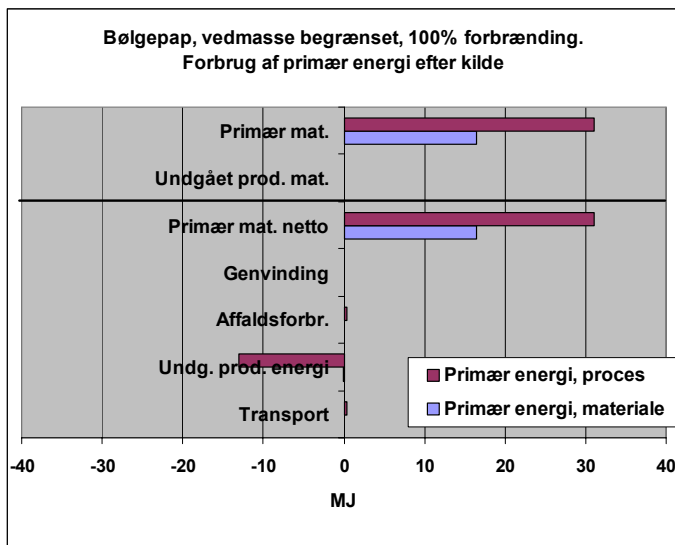
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	31,13	-24,17	9,303	0,4103	-10,07	0,8872	7,4905
Primær energi, materiale	MJ	16,49	-12,41	0,002101	0,0001178	-0,002695	0,0008637	4,0803875
Naturgas	mPR_wdk1990	0,02745	-0,02119	0,005871	0,0004682	-0,01071	0,0002622	0,0021514
Råolie	mPR_wdk1990	0,0194	-0,01486	0,001201	0,00000024	-0,000004369	0,0005868	0,006323671
Stenkul	mPR_wdk1990	0,0001426	-0,0001077	0,0009976	2,421E-07	-0,000002991	0,000002024	0,001031775
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	4,44E-10	-3,517E-10	1,305E-10	1,203E-11	-2,752E-10	8,425E-12	-3,1945E-11
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,476	-0,3666	-0,1112	0,03636	-0,09956	0,009904	-0,055096
Forsuring	mPET_wdk2000	0,2535	-0,1894	0,03453	0,0112	-0,01037	0,009261	0,108721
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,03786	-0,03057	-0,01731	0,004068	-0,001466	0,003209	-0,004209
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,03837	-0,0286	0,008455	0,001805	-0,004331	0,004667	0,020366
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01786	-0,02051	-0,127	0,00001429	-0,0001577	0,0001022	-0,12969121
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,5151	-0,3977	0,03188	0,0184	-0,007626	0,01545	0,175504
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,03168	-0,02393	0,003808	0,000005683	-0,0001257	0,0003874	0,011825383
Slagge og aske	mPET_wdk2000	-0,001919	0,001075	0,00416	0,2626	-0,003999	0,0001507	0,2620677



Figur 56. Forbrug af primær energi efter kilde. 2312. Genanvendelse, forbrænding af tysk affald

Tabel 71. 2320. Forbrænding, reference

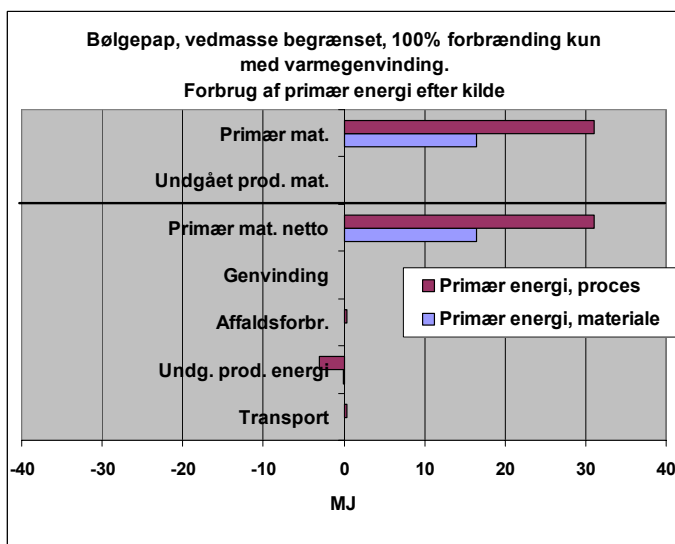
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	31,13	0	0	0,4055	-13,07	0,339	18,8045
Primær energi, materiale	MJ	16,49	0	0	0,0001178	-0,0035	0,0003396	16,4869574
Naturgas	mPR_wdk1990	0,02745	0	0	0,0004682	-0,01391	0,0001247	0,0141329
Råolie	mPR_wdk1990	0,0194	0	0	0,00000024	-0,000005674	0,0002054	0,019599966
Stenkul	mPR_wdk1990	0,0001426	0	0	2,421E-07	-0,000003884	7,162E-07	0,000139674
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	4,44E-10	0	0	1,203E-11	-3,574E-10	3,788E-12	1,02418E-10
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,476	0	0	0,005019	-0,1293	0,003733	0,355452
Forsuring	mPET_wdk2000	0,2535	0	0	0,00251	-0,01346	0,001761	0,244311
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,03786	0	0	0,003162	-0,001904	0,001115	0,040233
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,03837	0	0	0,001805	-0,005625	0,001191	0,035741
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01786	0	0	0,00001429	-0,0002047	0,00003615	0,01770574
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,5151	0	0	0,0003335	-0,009904	0,005431	0,5109605
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,03168	0	0	0,000005683	-0,0001633	0,0001326	0,031654983
Slagge og aske	mPET_wdk2000	-0,001919	0	0	0,02849	-0,005194	0,00006501	0,02144201



Figur 57. Forbrug af primær energi efter kilde. 2320. Forbrænding, reference

Tabel 72. 2323. Forbrænding, kun varmegenanvendelse

	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	31,13	0	0	0,4055	-3,113	0,339	28,7615
Primær energi, materiale	MJ	16,49	0	0	0,0001178	-0,0009055	0,0003396	16,4895519
Naturgas	mPR_wdk1990	0,02745	0	0	0,0004682	-0,003598	0,0001247	0,0244449
Råolie	mPR_wdk1990	0,0194	0	0	0,00000024	-0,000001651	0,0002054	0,019603989
Stenkul	mPR_wdk1990	0,0001426	0	0	2,421E-07	-0,000001005	7,162E-07	0,000142553
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	4,44E-10	0	0	1,203E-11	-9,246E-11	3,788E-12	3,67358E-10
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,476	0	0	0,005019	-0,03345	0,003733	0,451302
Forsuring	mPET_wdk2000	0,2535	0	0	0,00251	-0,003483	0,001761	0,254288
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,03786	0	0	0,003162	-0,0004929	0,001115	0,0416441
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,03837	0	0	0,001805	-0,001455	0,001191	0,039911
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01786	0	0	0,00001429	-0,00005298	0,00003615	0,01785746
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,5151	0	0	0,0003335	-0,002562	0,005431	0,5183025
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,03168	0	0	0,000005683	-0,00004224	0,0001326	0,031776043
Slagge og aske	mPET_wdk2000	-0,001919	0	0	0,02849	-0,001344	0,00006501	0,02529201



Figur 58. Forbrug af primær energi efter kilde. 2323. Forbrænding, kun varmegenanvendelse

3.1.3 Cost/benefit betragtninger

Tabel 73 viser karakteriserede værdier per kg bølgepap.

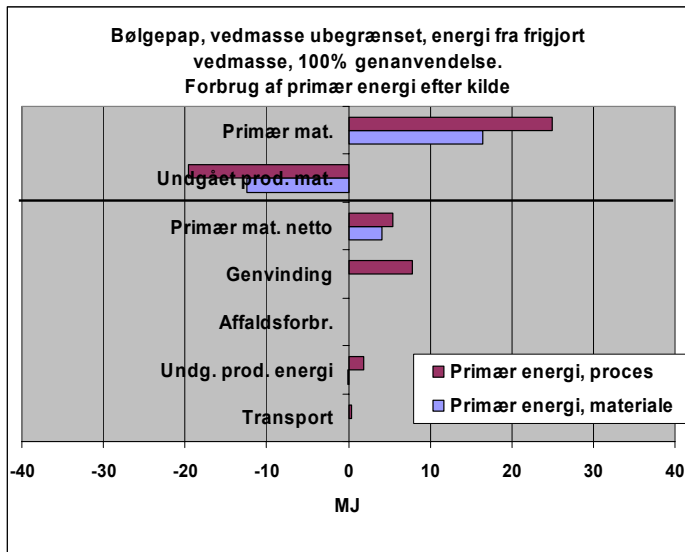
Tabel 73. Karakteriserede værdier. 22xx-2

	Enhed	Genanvendelse, reference	Genanvendelse, udland	Genanvendelse, forbrænd tysk affald	Forbrænding, reference	Forbrænding, kun varme- genvinding
Naturgas	g	-340,7	-374	-513	-31,35	46,67
Råolie	g	15,26	32,58	52,73	57,83	57,87
Stenkul	g	96,88	2,382	97,57	0,4796	0,5906
Træ, blødt (TS)	g	1758	1758	1758	1758	1758
Drivhuseffekt	g CO2-ækv	-745,3	-1101	-2469	89,24	340
Forsuring	g SO2-ækv	1,135	0,3068	3,434	2,132	2,505
Fotokemisk ozon	g C2H4-ækv	0,09232	0,1309	-0,1542	0,2551	0,2643
Nærings saltbelastning	g NO3-ækv	2,343	1,87	2,995	5,612	6,017
Volumenaffald	g	47,51	12,24	-162	12,22	12,3
Farligt affald	g	-0,1844	0,2133	0,7404	0,9499	1,004
Radioaktivt affald	g	0,00023	0,00006	0,00052	0,00014	0,00014
Slagge og aske	g	3,897	2,773	86,21	8,909	9,388

Tabellerne 74 – 78 viser de samlede vægtede værdier og primær energi per kg bølgepap. Figurene 59 – 63 viser primær energi opdelt efter kilde per kg bølgepap.

Tabel 74. 2210. Genanvendelse, reference

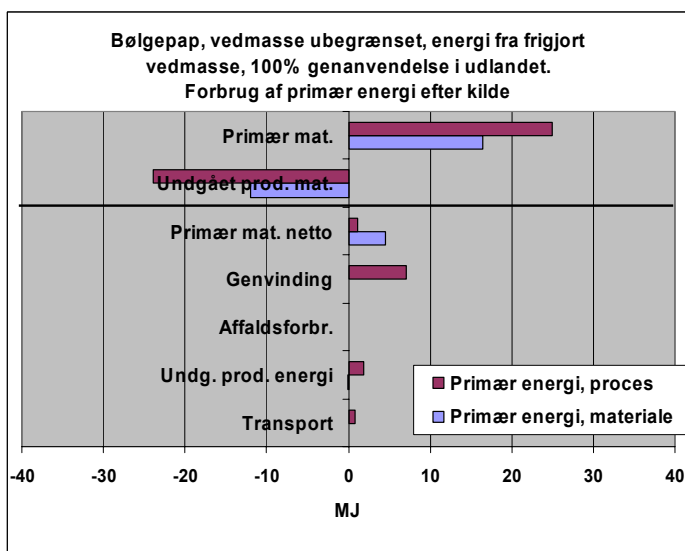
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds- forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	25,01	-19,63	7,832	0	1,836	0,3591	15,4071
Primær energi, materiale	MJ	16,47	-12,4	0,001013	0	-0,005968	0,0003654	4,0654104
Naturgas	mPR_wdk1990	0,008161	-0,006871	0,004671	0	-0,02369	0,0001259	-0,0176031
Råolie	mPR_wdk1990	0,002046	-0,001983	0,0001051	0	0,0002027	0,0002224	0,0005932
Stenkul	mPR_wdk1990	0,000006808	-0,000006891	0,0009891	0	-0,000006463	7,728E-07	0,000983327
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01625	-0,01206	1,166E-10	0	0,01206	3,868E-12	0,01625
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,101	-0,0882	0,08917	0	-0,2174	0,003969	-0,111461
Forsuring	mPET_wdk2000	0,02811	-0,02203	0,01865	0	-0,01473	0,001888	0,011888
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,01245	-0,0117	0,002097	0	0,001494	0,001201	0,005542
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	0,02383	-0,0178	0,006684	0	-0,004549	0,001281	0,009446
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01007	-0,01472	0,04368	0	-0,0003376	0,000039	0,0387314
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,05209	-0,05397	0,003101	0	-0,01689	0,005873	-0,009796
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,0009201	-0,001095	0,001896	0	-0,0002784	0,0001435	0,0015862
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,003346	-0,002833	0,003855	0	0,007825	0,000067	0,01226



Figur 59. Forbrug af primær energi efter kilde. 2210. Genanvendelse, reference

Tabel 75. 2211. Genanvendelse, udl and.

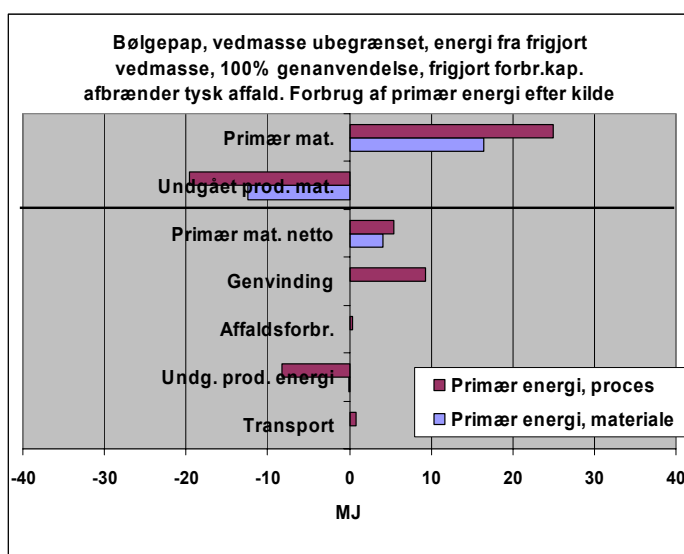
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	25,01	-23,9	7,132	0	1,799	0,7743	10,8153
Primær energi, materiale	MJ	16,47	-11,98	0,00296	0	-0,005849	0,0007195	4,4878305
Naturgas	mPR_wdk1990	0,008161	-0,01159	0,007071	0	-0,02322	0,0002553	-0,0193227
Råolie	mPR_wdk1990	0,002046	-0,001559	0,0000891	0	0,0001986	0,0004918	0,0012665
Stenkul	mPR_wdk1990	0,000006808	-0,0001128	0,0001348	0	-0,000006335	0,000001707	0,00002418
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01625	-0,01182	-1,707E-11	0	0,01181	7,976E-12	0,01624
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,101	-0,1226	0,06139	0	-0,2131	0,008644	-0,164666
Forsuring	mPET_wdk2000	0,02811	-0,0259	0,006816	0	-0,01443	0,008614	0,00321
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,01245	-0,01019	0,001425	0	0,001465	0,002708	0,007858
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,02383	-0,02243	0,006374	0	-0,004458	0,004222	0,007538
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01007	-0,03722	0,03738	0	-0,0003309	0,00008626	0,00998536
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,05209	-0,04066	0,003468	0	-0,01655	0,01298	0,011328
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,0009201	-0,001061	0,0004893	0	-0,0002729	0,0003267	0,0004022
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,003346	-0,002436	0,000004126	0	0,007669	0,0001395	0,008722626



Figur 60. Forbrug af primær energi efter kilde. 2211. Genanvendelse, udl and.

Tabel 76. 2212. Genanvendelse, forbrænding af tysk affald

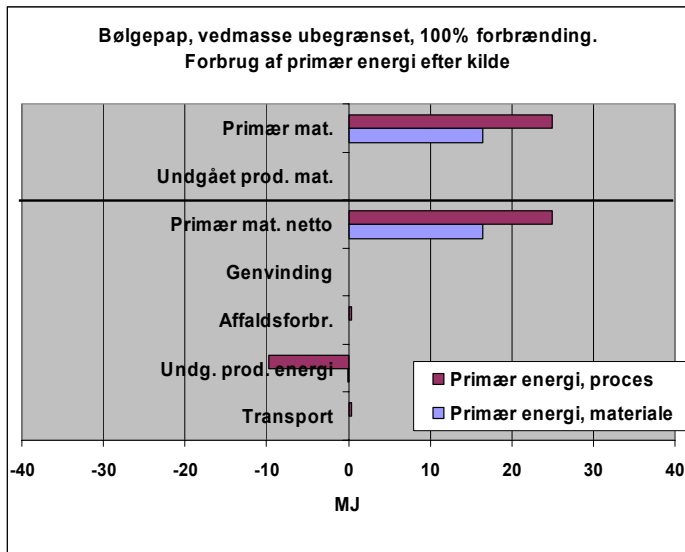
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	25,01	-19,63	9,303	0,4103	-8,229	0,8872	7,7515
Primær energi, materiale	MJ	16,47	-12,4	0,002101	0,0001178	-0,008663	0,0008637	4,0644195
Naturgas	mPR_wdk1990	0,008161	-0,006871	0,005871	0,0004682	-0,0344	0,0002622	-0,0265086
Råolie	mPR_wdk1990	0,002046	-0,001983	0,001201	0,00000024	0,0001983	0,0005868	0,00204934
Stenkul	mPR_wdk1990	0,000006808	-0,000006891	0,0009976	2,421E-07	-0,000009455	0,000002024	0,000990328
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01625	-0,01206	1,305E-10	1,203E-11	0,01206	8,425E-12	0,01625
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,101	-0,0882	-0,1112	0,03636	-0,317	0,009904	-0,369136
Forsuring	mPET_wdk2000	0,02811	-0,02203	0,03453	0,0112	-0,02509	0,009261	0,035981
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,01245	-0,0117	-0,01731	0,004068	0,00002836	0,003209	-0,00925464
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,02383	-0,0178	0,008455	0,001805	-0,00888	0,004667	0,012077
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01007	-0,01472	-0,127	0,00001429	-0,0004953	0,0001022	-0,13202881
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,05209	-0,05397	0,03188	0,0184	-0,02451	0,01545	0,03934
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,0009201	-0,001095	0,003808	0,000005683	-0,0004042	0,0003874	0,003621983
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,003346	-0,002833	0,00416	0,2626	0,003826	0,0001507	0,2712497



Figur 61. Forbrug af primær energi efter kilde. 2212. Genanvendelse, forbrænding af tysk affald

Tabel 77. 2120-2. Forbrænding, reference. Svarer til fremtidsscenario 1

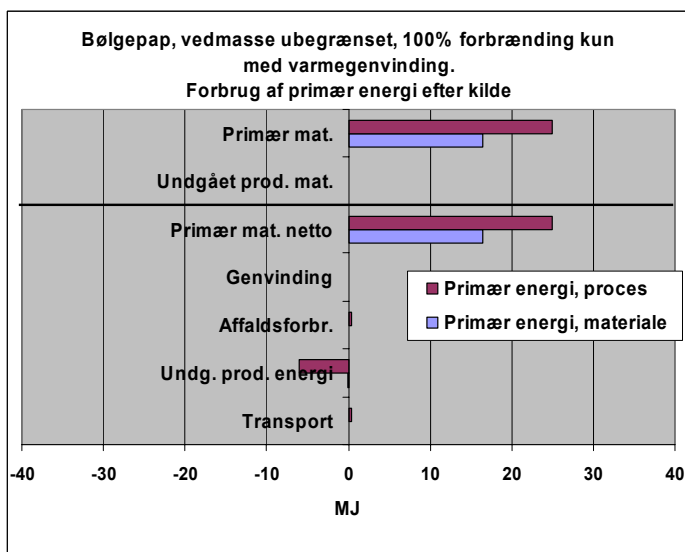
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	25,01	0	0	0,4055	-9,751	0,339	16,0035
Primær energi, materiale	MJ	16,47	0	0	0,0001178	-0,002611	0,0003396	16,4678464
Naturgas	mPR_wdk1990	0,008161	0	0	0,0004682	-0,01037	0,0001247	-0,0016161
Råolie	mPR_wdk1990	0,002046	0	0	0,00000024	-0,000004233	0,0002054	0,002247407
Stenkul	mPR_wdk1990	0,000006808	0	0	2,421E-07	-0,000002898	7,162E-07	4,8683E-06
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01625	0	0	1,203E-11	-2,666E-10	3,788E-12	0,01625
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,101	0	0	0,005019	-0,09645	0,003733	0,013302
Forsuring	mPET_wdk2000	0,02811	0	0	0,00251	-0,01004	0,001761	0,022341
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,01245	0	0	0,003162	-0,00142	0,001115	0,015307
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	0,02383	0	0	0,001805	-0,004196	0,001191	0,02263
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01007	0	0	0,00001429	-0,0001527	0,00003615	0,00996774
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,05209	0	0	0,0003335	-0,007388	0,005431	0,0504665
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,0009201	0	0	0,000005683	-0,0001218	0,0001326	0,000936583
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,003346	0	0	0,02849	-0,003874	0,00006501	0,02802701



Figur 62. Forbrug af primær energi efter kilde. 2120-2. Forbrænding, reference. Svarer til fremtidsscenario 1

Tabel 78. 2123-2. Forbrænding, kun varmegenanvendelse. Svarer til fremtidsscenario 1

	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	25,01	0	0	0,4055	-5,961	0,339	19,7935
Primær energi, materiale	MJ	16,47	0	0	0,0001178	-0,001596	0,0003396	16,4688614
Naturgas	mPR_wdk1990	0,008161	0	0	0,0004682	-0,006342	0,0001247	0,0024119
Råolie	mPR_wdk1990	0,002046	0	0	0,00000024	-0,000002588	0,0002054	0,002249052
Stenkul	mPR_wdk1990	0,00006808	0	0	2,421E-07	-0,000001772	7,162E-07	5,9943E-06
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	0,01625	0	0	1,203E-11	-1,63E-10	3,788E-12	0,01625
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	0,101	0	0	0,005019	-0,05896	0,003733	0,050792
Forsuring	mPET_wdk2000	0,02811	0	0	0,00251	-0,006139	0,001761	0,026242
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	0,01245	0	0	0,003162	-0,0008683	0,001115	0,0158587
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	0,02383	0	0	0,001805	-0,002565	0,001191	0,024261
Volumenaffald	mPET_wdk2000	0,01007	0	0	0,00001429	-0,00009337	0,00003615	0,01002707
Farligt affald	mPET_wdk2000	0,05209	0	0	0,0003335	-0,004517	0,005431	0,0533375
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	0,0009201	0	0	0,000005683	-0,00007447	0,0001326	0,000983913
Slagge og aske	mPET_wdk2000	0,003346	0	0	0,02849	-0,002369	0,00006501	0,02953201



Figur 63. Forbrug af primær energi efter kilde. 2123-2. Forbrænding, kun varmegenanvendelse. Svarer til fremtidsscenario 1

3.2 Udviklingsscenarier

3.2.1 Fremtidsscenarie 1

Tabel 79 viser karakteriserede værdier for udviklingsscenarierne for bølgepap.

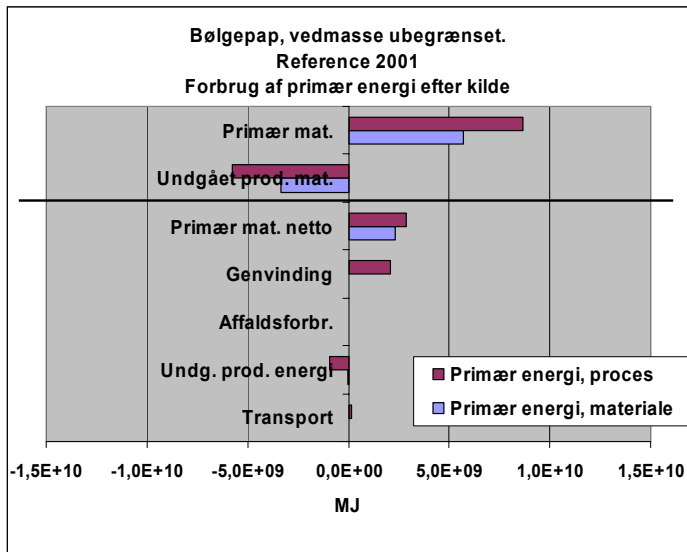
Tabel 79. Karakteriserede værdier. 2x5M

	Enhed	Reference	Øget genanvendelse	Reduceret genanvendelse
Naturgas	g	2,14E+10	2,54E+10	-1,31E+08
Råolie	g	8,48E+09	7,64E+09	1,32E+10
Stenkul	g	1,81E+10	1,98E+10	8,57E+09
Træ, blødt (TS)	g	2,52E+11	2,29E+11	3,81E+11
Drivhuseffekt	g CO2-ækv	1,50E+11	1,65E+11	6,72E+10
Forsuring	g SO2-ækv	7,48E+08	7,62E+08	6,75E+08
Fotokemisk ozon	g C2H4-ækv	3,97E+07	3,65E+07	5,74E+07
Næringssaltbelastning	g NO3-ækv	1,28E+09	1,25E+09	1,46E+09
Volumenaffald	g	1,08E+10	1,14E+10	7,27E+09
Farligt affald	g	1,37E+08	1,24E+08	2,13E+08
Radioaktivt affald	g	6,70E+04	6,95E+04	5,35E+04
Slagge og aske	g	8,91E+08	7,64E+08	1,59E+09

Tabellerne 80 – 82 viser de samlede vægtede værdier og primær energi for udviklingsscenarierne for bølgepap. Figurerne 64 – 66 viser primær energi opdelt efter kilde for udviklingsscenarierne for bølgepap.

Tabel 80. 215M. Reference

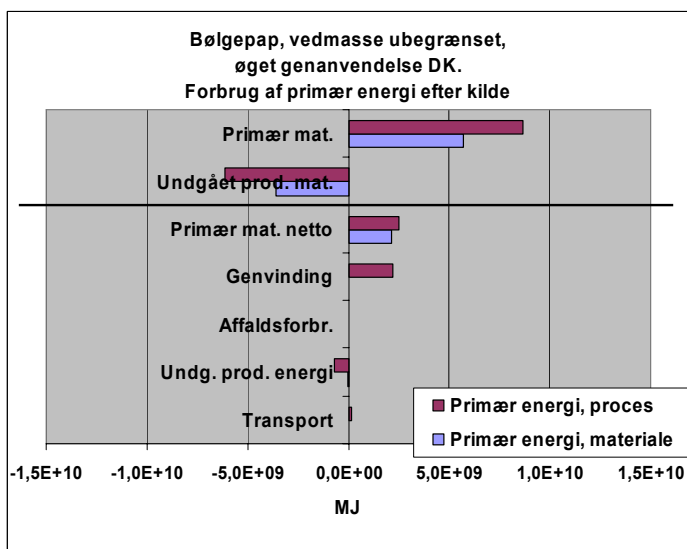
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	8,66E+09	-5,79E+09	2,09E+09	2,88E+07	-9,28E+08	1,61E+08	4,22E+09
Primær energi, materiale	MJ	5,70E+09	-3,37E+09	4,58E+05	8,37E+03	-2,49E+05	1,57E+05	2,33E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	2,82E+06	-2,32E+06	1,51E+06	3,32E+04	-9,87E+05	5,54E+04	1,11E+06
Råolie	mPR_wdk1990	7,08E+05	-5,06E+05	2,74E+04	1,70E+01	-4,03E+02	1,01E+05	3,29E+05
Stenkul	mPR_wdk1990	2,36E+03	-1,16E+04	1,93E+05	1,72E+01	-2,76E+02	3,49E+02	1,84E+05
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	5,62E+06	-3,29E+06	1,98E-02	8,54E-04	-2,54E-02	1,71E-03	2,33E+06
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	3,50E+07	-2,74E+07	2,20E+07	3,56E+05	-9,18E+06	1,79E+06	2,25E+07
Forsuring	mPET_wdk2000	9,73E+06	-6,41E+06	4,04E+06	1,78E+05	-9,56E+05	1,26E+06	7,84E+06
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	4,31E+06	-3,08E+06	5,15E+05	2,25E+05	-1,35E+05	5,48E+05	2,38E+06
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	8,25E+06	-5,32E+06	1,81E+06	1,28E+05	-3,99E+05	7,07E+05	5,17E+06
Volumenaffald	mPET_wdk2000	3,48E+06	-6,12E+06	1,14E+07	1,01E+03	-1,45E+04	1,76E+04	8,80E+06
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,80E+07	-1,36E+07	8,86E+05	2,37E+04	-7,03E+05	2,65E+06	7,27E+06
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	3,18E+05	-2,98E+05	3,89E+05	4,04E+02	-1,16E+04	6,57E+04	4,64E+05
Slagge og aske	mPET_wdk2000	1,16E+06	-7,42E+05	7,05E+05	2,02E+06	-3,69E+05	2,97E+04	2,80E+06



Figur 64. Forbrug af primær energi efter kilde. 215M. Reference

Tabel 81. 225M. Øget genanvendelse

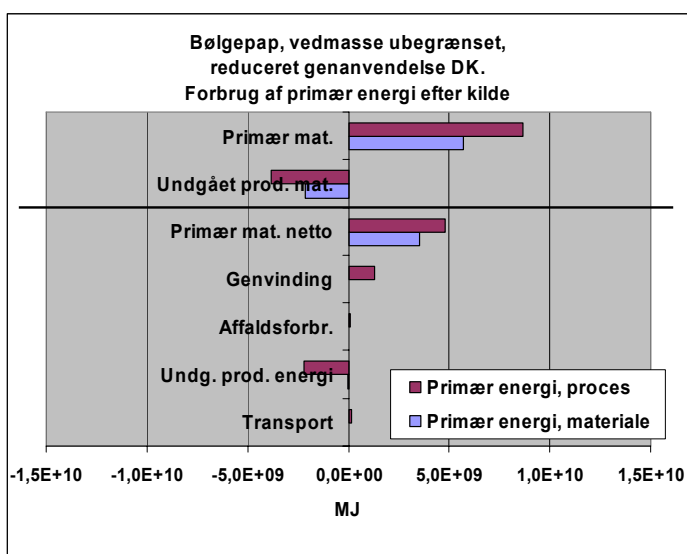
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	8,66E+09	-6,13E+09	2,23E+09	2,15E+07	-6,93E+08	1,61E+08	4,24E+09
Primær energi, materiale	MJ	5,70E+09	-3,59E+09	4,75E+05	6,25E+03	-1,86E+05	1,58E+05	2,11E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	2,82E+06	-2,44E+06	1,59E+06	2,48E+04	-7,37E+05	5,54E+04	1,31E+06
Råolie	mPR_wdk1990	7,08E+05	-5,41E+05	2,92E+04	1,27E+01	-3,01E+02	1,01E+05	2,97E+05
Stenkul	mPR_wdk1990	2,36E+03	-1,18E+04	2,11E+05	1,28E+01	-2,06E+02	3,50E+02	2,01E+05
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	5,62E+06	-3,50E+06	2,18E-02	6,38E-04	-1,89E-02	1,71E-03	2,12E+06
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	3,50E+07	-2,90E+07	2,35E+07	2,66E+05	-6,85E+06	1,79E+06	2,47E+07
Forsuring	mPET_wdk2000	9,73E+06	-6,80E+06	4,36E+06	1,33E+05	-7,13E+05	1,27E+06	7,98E+06
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	4,31E+06	-3,28E+06	5,51E+05	1,68E+05	-1,01E+05	5,50E+05	2,19E+06
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	8,25E+06	-5,63E+06	1,93E+06	9,57E+04	-2,98E+05	7,09E+05	5,05E+06
Volumenaffald	mPET_wdk2000	3,48E+06	-6,38E+06	1,22E+07	7,57E+02	-1,09E+04	1,77E+04	9,31E+06
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,80E+07	-1,46E+07	9,41E+05	1,77E+04	-5,25E+05	2,66E+06	6,56E+06
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	3,18E+05	-3,17E+05	4,22E+05	3,01E+02	-8,65E+03	6,59E+04	4,81E+05
Slagge og aske	mPET_wdk2000	1,16E+06	-7,92E+05	7,72E+05	1,51E+06	-2,75E+05	2,98E+04	2,40E+06



Figur 65. Forbrug af primær energi efter kilde. 225M. Øget genanvendelse

Tabel 82. 235M. Reduceret genanvendelse

	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	8,66E+09	-3,85E+09	1,32E+09	6,89E+07	-2,22E+09	1,59E+08	4,12E+09
Primær energi, materiale	MJ	5,70E+09	-2,15E+09	3,58E+05	2,00E+04	-5,95E+05	1,55E+05	3,55E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	2,82E+06	-1,65E+06	1,04E+06	7,96E+04	-2,36E+06	5,53E+04	-6,16E+03
Råolie	mPR_wdk1990	7,08E+05	-3,11E+05	1,71E+04	4,08E+01	-9,65E+02	9,89E+04	5,12E+05
Stenkul	mPR_wdk1990	2,36E+03	-1,10E+04	9,58E+04	4,12E+01	-6,60E+02	3,44E+02	8,69E+04
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	5,62E+06	-2,10E+06	8,27E-03	2,05E-03	-6,08E-02	1,70E-03	3,52E+06
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	3,50E+07	-1,87E+07	1,32E+07	8,53E+05	-2,20E+07	1,76E+06	1,01E+07
Forsuring	mPET_wdk2000	9,73E+06	-4,24E+06	2,20E+06	4,27E+05	-2,29E+06	1,25E+06	7,08E+06
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	4,31E+06	-1,92E+06	3,08E+05	5,38E+05	-3,24E+05	5,40E+05	3,44E+06
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	8,25E+06	-3,56E+06	1,15E+06	3,07E+05	-9,56E+05	6,99E+05	5,88E+06
Volumenaffald	mPET_wdk2000	3,48E+06	-4,67E+06	7,12E+06	2,43E+03	-3,48E+04	1,74E+04	5,92E+06
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,80E+07	-8,29E+06	5,81E+05	5,67E+04	-1,68E+06	2,61E+06	1,13E+07
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	3,18E+05	-1,90E+05	2,03E+05	9,66E+02	-2,78E+04	6,47E+04	3,70E+05
Slagge og aske	mPET_wdk2000	1,16E+06	-4,63E+05	3,25E+05	4,84E+06	-8,83E+05	2,95E+04	5,01E+06



Figur 66. Forbrug af primær energi efter kilde. 235M. Reduceret genanvendelse

3.2.2 Fremtidsscenarie 2

Tabel 83 viser karakteriserede værdier for udviklingsscenarierne for bølgepap.

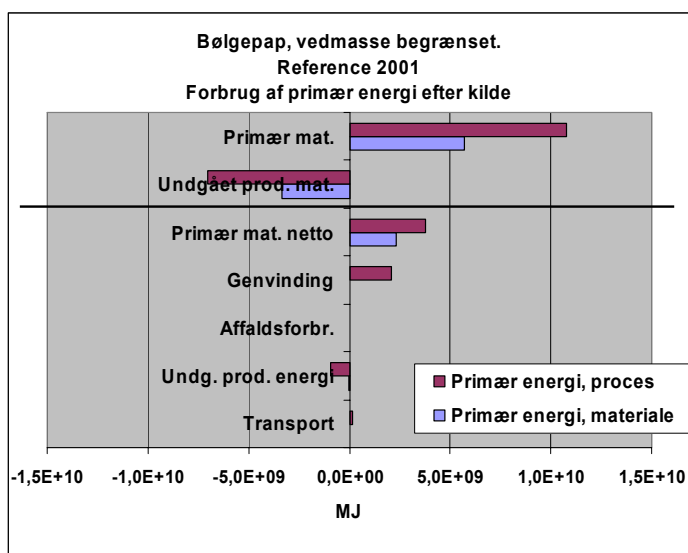
Tabel 83. Karakteriserede værdier. 2x1MSU

	Enhed	Reference	Øget genanvendelse	Reduceret genanvendelse
Naturgas	g	7,49E+10	7,40E+10	8,07E+10
Råolie	g	7,24E+10	6,58E+10	1,10E+11
Stenkul	g	2,01E+10	2,16E+10	1,15E+10
Træ, blødt (TS)	g	6,26E+03	6,48E+03	5,06E+03
Drivhuseffekt	g CO2-ækv	5,10E+11	4,92E+11	6,10E+11
Forsuring	g SO2-ækv	3,83E+09	3,57E+09	5,33E+09
Fotokemisk ozon	g C2H4-ækv	1,00E+08	9,17E+07	1,49E+08
Nærings saltbelastning	g NO3-ækv	1,80E+09	1,72E+09	2,24E+09
Volumenaffald	g	1,22E+10	1,27E+10	9,34E+09
Farligt affald	g	1,39E+09	1,26E+09	2,10E+09
Radioaktivt affald	g	7,05E+05	6,49E+05	1,02E+06
Slagge og aske	g	6,52E+08	5,46E+08	1,23E+09

Tabellerne 84 – 86 viser de samlede vægtede værdier og primær energi for udviklingsscenarierne for bølgepap. Figurerne 67 – 69 viser primær energi opdelt efter kilde for udviklingsscenarierne for bølgepap.

Tabel 84. 211MSU. Reference

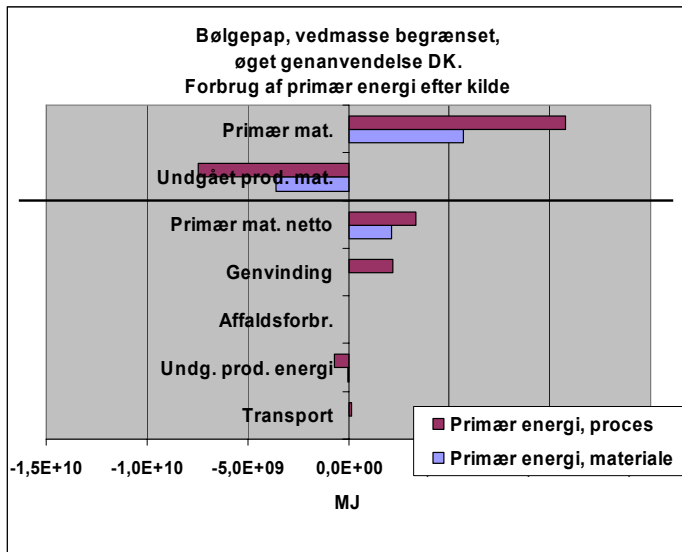
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	1,08E+10	-7,03E+09	2,09E+09	2,88E+07	-9,28E+08	1,61E+08	5,09E+09
Primær energi, materiale	MJ	5,71E+09	-3,37E+09	4,58E+05	8,37E+03	-2,49E+05	1,57E+05	2,33E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	9,50E+06	-6,23E+06	1,51E+06	3,32E+04	-9,87E+05	5,54E+04	3,87E+06
Råolie	mPR_wdk1990	6,71E+06	-4,02E+06	2,74E+04	1,70E+01	-4,03E+02	1,01E+05	2,82E+06
Stenkul	mPR_wdk1990	4,93E+04	-3,92E+04	1,93E+05	1,72E+01	-2,76E+02	3,49E+02	2,04E+05
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	1,54E-01	-9,28E-02	1,98E-02	8,54E-04	-2,54E-02	1,71E-03	5,78E-02
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	1,65E+08	-1,03E+08	2,20E+07	3,56E+05	-9,18E+06	1,79E+06	7,62E+07
Forsuring	mPET_wdk2000	8,77E+07	-5,21E+07	4,04E+06	1,78E+05	-9,56E+05	1,26E+06	4,01E+07
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	1,31E+07	-8,23E+06	5,15E+05	2,25E+05	-1,35E+05	5,48E+05	6,02E+06
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	1,33E+07	-8,27E+06	1,81E+06	1,28E+05	-3,99E+05	7,07E+05	7,26E+06
Volumenaffald	mPET_wdk2000	6,18E+06	-7,70E+06	1,14E+07	1,01E+03	-1,45E+04	1,76E+04	9,92E+06
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,78E+08	-1,08E+08	8,86E+05	2,37E+04	-7,03E+05	2,65E+06	7,36E+07
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	1,10E+07	-6,53E+06	3,92E+05	4,04E+02	-1,16E+04	6,57E+04	4,87E+06
Slagge og aske	mPET_wdk2000	-6,64E+05	3,25E+05	7,05E+05	2,02E+06	-3,69E+05	2,97E+04	2,05E+06



Figur 67. Forbrug af primær energi efter kilde. 211MSU. Reference

Tabel 85. 221MSU. Øget genanvendelse

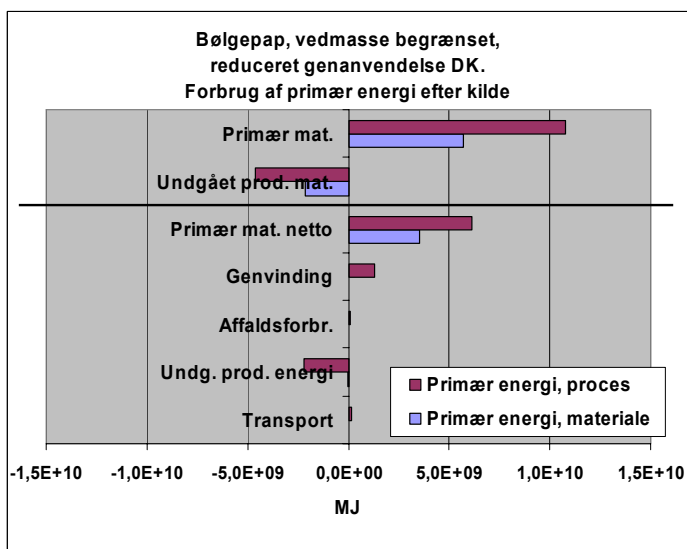
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	1,08E+10	-7,45E+09	2,23E+09	2,15E+07	-6,93E+08	1,61E+08	5,04E+09
Primær energi, materiale	MJ	5,71E+09	-3,59E+09	4,75E+05	6,25E+03	-1,86E+05	1,58E+05	2,12E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	9,50E+06	-6,60E+06	1,59E+06	2,48E+04	-7,37E+05	5,54E+04	3,82E+06
Råolie	mPR_wdk1990	6,71E+06	-4,28E+06	2,93E+04	1,27E+01	-3,01E+02	1,01E+05	2,56E+06
Stenkul	mPR_wdk1990	4,93E+04	-4,10E+04	2,11E+05	1,28E+01	-2,06E+02	3,50E+02	2,19E+05
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	1,54E-01	-9,89E-02	2,18E-02	6,38E-04	-1,89E-02	1,71E-03	5,99E-02
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	1,65E+08	-1,10E+08	2,35E+07	2,66E+05	-6,85E+06	1,79E+06	7,36E+07
Forsuring	mPET_wdk2000	8,77E+07	-5,54E+07	4,36E+06	1,33E+05	-7,13E+05	1,27E+06	3,73E+07
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	1,31E+07	-8,77E+06	5,51E+05	1,68E+05	-1,01E+05	5,50E+05	5,50E+06
Nærings saltbelastning	mPET_wdk2000	1,33E+07	-8,77E+06	1,93E+06	9,57E+04	-2,98E+05	7,09E+05	6,94E+06
Volumenaffald	mPET_wdk2000	6,18E+06	-8,06E+06	1,22E+07	7,57E+02	-1,09E+04	1,77E+04	1,03E+07
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,78E+08	-1,14E+08	9,41E+05	1,77E+04	-5,25E+05	2,66E+06	6,69E+07
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	1,10E+07	-6,95E+06	4,25E+05	3,01E+02	-8,65E+03	6,59E+04	4,49E+06
Slagge og aske	mPET_wdk2000	-6,64E+05	3,44E+05	7,73E+05	1,51E+06	-2,75E+05	2,98E+04	1,72E+06



Figur 68. Forbrug af primær energi efter kilde. 221MSU. Øget genanvendelse

Tabel 86. 231MSU. Reduceret genanvendelse

	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	1,08E+10	-4,65E+09	1,32E+09	6,89E+07	-2,22E+09	1,59E+08	5,45E+09
Primær energi, materiale	MJ	5,71E+09	-2,15E+09	3,58E+05	2,00E+04	-5,95E+05	1,55E+05	3,56E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	9,50E+06	-4,14E+06	1,04E+06	7,96E+04	-2,36E+06	5,53E+04	4,17E+06
Råolie	mPR_wdk1990	6,71E+06	-2,56E+06	1,71E+04	4,08E+01	-9,65E+02	9,89E+04	4,27E+06
Stenkul	mPR_wdk1990	4,93E+04	-2,85E+04	9,58E+04	4,12E+01	-6,60E+02	3,44E+02	1,16E+05
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	1,54E-01	-5,81E-02	8,27E-03	2,05E-03	-6,08E-02	1,70E-03	4,68E-02
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	1,65E+08	-6,73E+07	1,32E+07	8,53E+05	-2,20E+07	1,76E+06	9,12E+07
Forsuring	mPET_wdk2000	8,77E+07	-3,34E+07	2,20E+06	4,27E+05	-2,29E+06	1,25E+06	5,59E+07
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	1,31E+07	-5,22E+06	3,08E+05	5,38E+05	-3,24E+05	5,40E+05	8,95E+06
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	1,33E+07	-5,45E+06	1,15E+06	3,07E+05	-9,56E+05	6,99E+05	9,03E+06
Volumenaffald	mPET_wdk2000	6,18E+06	-5,68E+06	7,12E+06	2,43E+03	-3,48E+04	1,74E+04	7,61E+06
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,78E+08	-6,83E+07	5,81E+05	5,67E+04	-1,68E+06	2,61E+06	1,12E+08
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	1,10E+07	-4,17E+06	2,05E+05	9,66E+02	-2,78E+04	6,47E+04	7,03E+06
Slagge og aske	mPET_wdk2000	-6,64E+05	2,19E+05	3,26E+05	4,84E+06	-8,83E+05	2,95E+04	3,87E+06



Figur 69. Forbrug af primær energi efter kilde. 231MSU. Reduceret genanvendelse

3.2.3 Cost/benefit betragtninger

Tabel 87 viser karakteriserede værdier for udviklingsscenarierne for bølgepap.

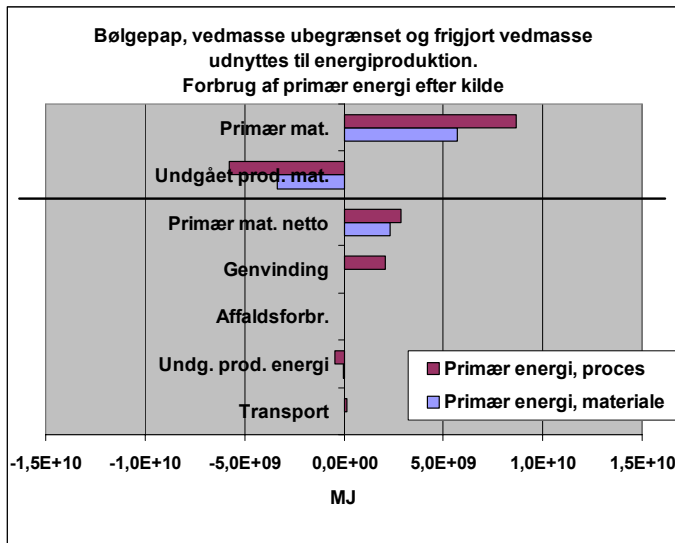
Tabel 87. Karakteriserede værdier. 2x6M

	Enhed	Reference	Øget genanvendelse	Reduceret genanvendelse
Naturgas	g	-1,04E+11	-1,08E+11	-8,34E+10
Råolie	g	9,90E+09	9,15E+09	1,41E+10
Stenkul	g	1,80E+10	1,97E+10	8,45E+09
Træ, blødt (TS)	g	6,08E+11	6,08E+11	6,18E+11
Drivhuseffekt	g CO2-ækv	-2,46E+11	-2,57E+11	-1,97E+11
Forsuring	g SO2-ækv	3,65E+08	3,53E+08	4,20E+08
Fotokemisk ozon	g C2H4-ækv	4,65E+07	4,38E+07	6,19E+07
Næringssaltbelastning	g NO3-ækv	9,75E+08	9,24E+08	1,25E+09
Volumenaffald	g	1,07E+10	1,13E+10	7,19E+09
Farligt affald	g	5,02E+07	3,12E+07	1,55E+08
Radioaktivt affald	g	5,61E+04	5,78E+04	4,61E+04
Slagge og aske	g	1,57E+09	1,49E+09	2,04E+09

Tabellerne 88 – 90 viser de samlede vægtede værdier og primær energi for udviklingsscenarierne for bølgepap. Figurerne 70 – 72 viser primær energi opdelt efter kilde for udviklingsscenarierne for bølgepap.

Tabel 88. 216M. Reference

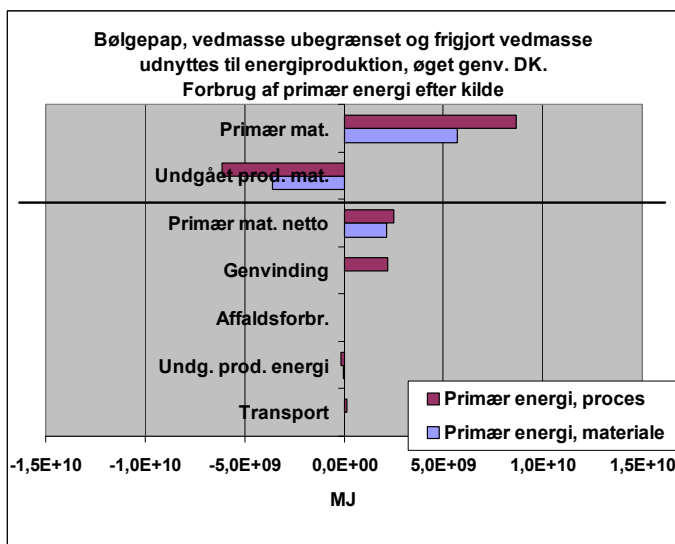
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affalds-forbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	8,66E+09	-5,79E+09	2,09E+09	2,88E+07	-4,27E+08	1,61E+08	4,72E+09
Primær energi, materiale	MJ	5,70E+09	-3,37E+09	4,58E+05	8,37E+03	-1,88E+06	1,57E+05	2,33E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	2,82E+06	-2,32E+06	1,51E+06	3,32E+04	-7,45E+06	5,54E+04	-5,36E+06
Råolie	mPR_wdk1990	7,08E+05	-5,06E+05	2,74E+04	1,70E+01	5,49E+04	1,01E+05	3,85E+05
Stenkul	mPR_wdk1990	2,36E+03	-1,16E+04	1,93E+05	1,72E+01	-2,04E+03	3,49E+02	1,82E+05
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	5,62E+06	-3,29E+06	1,98E-02	8,54E-04	3,29E+06	1,71E-03	5,62E+06
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	3,50E+07	-2,74E+07	2,20E+07	3,56E+05	-6,85E+07	1,79E+06	-3,68E+07
Forsuring	mPET_wdk2000	9,73E+06	-6,41E+06	4,04E+06	1,78E+05	-4,97E+06	1,26E+06	3,82E+06
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	4,31E+06	-3,08E+06	5,15E+05	2,25E+05	2,73E+05	5,48E+05	2,79E+06
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	8,25E+06	-5,32E+06	1,81E+06	1,28E+05	-1,64E+06	7,07E+05	3,93E+06
Volumenaffald	mPET_wdk2000	3,48E+06	-6,12E+06	1,14E+07	1,01E+03	-1,07E+05	1,76E+04	8,71E+06
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,80E+07	-1,36E+07	8,86E+05	2,37E+04	-5,31E+06	2,65E+06	2,66E+06
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	3,18E+05	-2,98E+05	3,89E+05	4,04E+02	-8,76E+04	6,57E+04	3,88E+05
Slagge og aske	mPET_wdk2000	1,16E+06	-7,42E+05	7,05E+05	2,02E+06	1,77E+06	2,97E+04	4,94E+06



Figur 70. Forbrug af primær energi efter kilde. 216M. Reference

Tabel 89. 226M. Øget genanvendelse

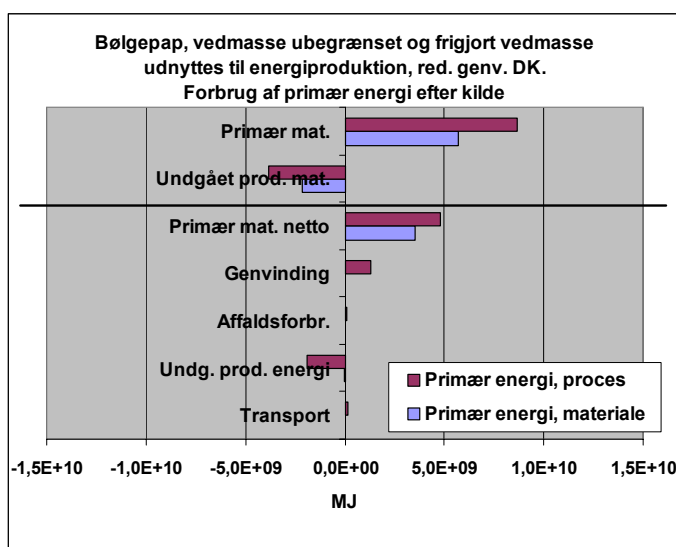
	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	8,66E+09	-6,13E+09	2,23E+09	2,15E+07	-1,60E+08	1,61E+08	4,77E+09
Primær energi, materiale	MJ	5,70E+09	-3,59E+09	4,75E+05	6,25E+03	-1,92E+06	1,58E+05	2,11E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	2,82E+06	-2,44E+06	1,59E+06	2,48E+04	-7,62E+06	5,54E+04	-5,57E+06
Råolie	mPR_wdk1990	7,08E+05	-5,41E+05	2,92E+04	1,27E+01	5,86E+04	1,01E+05	3,56E+05
Stenkul	mPR_wdk1990	2,36E+03	-1,18E+04	2,11E+05	1,28E+01	-2,08E+03	3,50E+02	2,00E+05
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	5,62E+06	-3,50E+06	2,18E-02	6,38E-04	3,50E+06	1,71E-03	5,62E+06
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	3,50E+07	-2,90E+07	2,35E+07	2,66E+05	-7,00E+07	1,79E+06	-3,84E+07
Forsuring	mPET_wdk2000	9,73E+06	-6,80E+06	4,36E+06	1,33E+05	-4,99E+06	1,27E+06	3,70E+06
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	4,31E+06	-3,28E+06	5,51E+05	1,68E+05	3,33E+05	5,50E+05	2,63E+06
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	8,25E+06	-5,63E+06	1,93E+06	9,57E+04	-1,62E+06	7,09E+05	3,73E+06
Volumenaffald	mPET_wdk2000	3,48E+06	-6,38E+06	1,22E+07	7,57E+02	-1,09E+05	1,77E+04	9,21E+06
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,80E+07	-1,46E+07	9,41E+05	1,77E+04	-5,43E+06	2,66E+06	1,65E+06
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	3,18E+05	-3,17E+05	4,22E+05	3,01E+02	-8,95E+04	6,59E+04	4,00E+05
Slagge og aske	mPET_wdk2000	1,16E+06	-7,92E+05	7,72E+05	1,51E+06	2,00E+06	2,98E+04	4,67E+06



Figur 71. Forbrug af primær energi efter kilde. 226M. Øget genanvendelse

Tabel 90. 236M. Reduceret genanvendelse

	Enhed	Primær materiale	Undg. prod. af mat.	Genvinding	Affaldsforbrænding	Undg. prod. af energi	Transport	Sum
Primær energi, proces	MJ	8,66E+09	-3,85E+09	1,32E+09	6,89E+07	-1,89E+09	1,59E+08	4,46E+09
Primær energi, materiale	MJ	5,70E+09	-2,15E+09	3,58E+05	2,00E+04	-1,68E+06	1,55E+05	3,55E+09
Naturgas	mPR_wdk1990	2,82E+06	-1,65E+06	1,04E+06	7,96E+04	-6,67E+06	5,53E+04	-4,31E+06
Råolie	mPR_wdk1990	7,08E+05	-3,11E+05	1,71E+04	4,08E+01	3,58E+04	9,89E+04	5,49E+05
Stenkul	mPR_wdk1990	2,36E+03	-1,10E+04	9,58E+04	4,12E+01	-1,83E+03	3,44E+02	8,58E+04
Træ, blødt (TS)	mPR_wdk1990	5,62E+06	-2,10E+06	8,27E-03	2,05E-03	2,19E+06	1,70E-03	5,71E+06
Drivhuseffekt	mPET_wdk2000	3,50E+07	-1,87E+07	1,32E+07	8,53E+05	-6,15E+07	1,76E+06	-2,94E+07
Forsuring	mPET_wdk2000	9,73E+06	-4,24E+06	2,20E+06	4,27E+05	-4,96E+06	1,25E+06	4,40E+06
Fotokemisk ozon	mPET_wdk2000	4,31E+06	-1,92E+06	3,08E+05	5,38E+05	-5,23E+04	5,40E+05	3,72E+06
Næringssaltbelastning	mPET_wdk2000	8,25E+06	-3,56E+06	1,15E+06	3,07E+05	-1,78E+06	6,99E+05	5,05E+06
Volumenaffald	mPET_wdk2000	3,48E+06	-4,67E+06	7,12E+06	2,43E+03	-9,61E+04	1,74E+04	5,86E+06
Farligt affald	mPET_wdk2000	1,80E+07	-8,29E+06	5,81E+05	5,67E+04	-4,75E+06	2,61E+06	8,23E+06
Radioaktive affald	mPET_wdk2000	3,18E+05	-1,90E+05	2,03E+05	9,66E+02	-7,83E+04	6,47E+04	3,19E+05
Slagge og aske	mPET_wdk2000	1,16E+06	-4,63E+05	3,25E+05	4,84E+06	5,38E+05	2,95E+04	6,43E+06



Figur 72. Forbrug af primær energi efter kilde. 236M. Reduceret genanvendelse

Bilag B Review rapport

Rapport från kritisk granskning

Granskningen av denna livscykelanalys (LCA) "Opdatering af vidensgrundlaget for de miljømæssige forhold ved genanvendelse af papir og pap" har i hovedsak genomförts enligt den internationella standarden för livscykelanalyser ISO 14040-43. Granskningen omfattar följande kontroller:

- att metoderna är konsistenta med den internationella standarden (ISO 14040-43),
- att metoderna är vetenskapligt och tekniskt giltiga,
- att tolkningen av resultaten återspeglar studiens målsättning och begränsningar, samt
- att rapporten är transparent och konsistent.

Således omfattas inte någon granskning av att de data som används i studien är lämpliga med tanke på studiens syfte eller av de beräkningar som görs i studien, mer än att resultatens rimlighet har bedömts utifrån granskarnas tidigare erfarenheter inom papperssektorn.

Den internationella standarden för LCA (14040-43) ställer särskilt hårda krav på jämförande livscykelanalyser där resultatet av jämförelsen kommuniceras externt (så kallat jämförande miljöpåstående). Då en sådan jämförelse görs mellan olika återvinnings- och förbrännings scenarier i studien har granskningen utförts utifrån dessa särskilt hårda krav.

Granskningen har genomförts i fyra steg:

- Granskning av definition av mål och omfattning
- Granskning av utkast till slutrapport
- Granskning av slutrapport
- Granskning av revideringar och kompletteringar i slutrapporten

De första tre stegen genomfördes av Elin Eriksson vid CIT Ekologik AB i samarbete med Tomas Ekvall vid Chalmers tekniska högskola. Granskningens fjärde steg genomfördes av Tomas Ekvall i dialog med utförarna. Härigenom har utförarna haft tillfälle att åtgärda granskarnas synpunkter under alla fyra stegen. Detta granskningsutlåtande är resultatet av den fjärde granskningsomgången, och baseras på en bedömning av hur granskarnas tidigare kommentarer har beaktats.

Syftet med LCA:n är att studera konsekvenserna av olika förändringar i hanteringen av pappersavfall i Danmark. Analysen gäller för danska förhållanden, och gäller för en tidshorisont på 10-20 år framåt. Valen av scenarier har gjorts tillsammans med branschen, vilket är bra.

Livscykelanalysen är samtidigt en uppdatering av en tidigare studie "Miljøøkonomi for papir- og papkredsløb" från 1995. Därför görs i denna studie vissa jämförelser med resultatet av den tidigare studien. Resultatet av sådana jämförelser hanteras varsamt i rapporten. Det är viktigt eftersom det finns stora skillnader i metodval (t ex systemgränser), dataunderlag, mm mellan dessa båda studier. Den nya studien är mer fullständig än den tidigare studien. Dock ingår fortfarande inte produktionen av de kemikalier som används i pappers- och massabruken.

En LCA som syftar till att studera konsekvenserna av olika förändringar i avfallshanteringen behöver beakta inte bara själva avfallssystemet utan också hur omkringliggande system påverkas. I studien beaktas framförallt tre effekter på omgivande system:

- **alternativ användning av träråvara till pappersproduktion:** rapporten innehåller resultat som beräknats med respektive utan antagandet att en minskad användning av massaved leder till att mer biobränsle produceras; om mängden biobränsle ökar, antas det ersätta antingen naturgas eller en blandning av olja (50%) och naturgas (50%),
- **avfallsförbränning med energiutvinning:** energin från avfallsförbränning antas ersätta elenergi och värme från naturgaseldade kraftvärmeverk, samt
- **återvinning:** papper som samlas in i Danmark för återvinning antas ersätta massaved.

Att utvidga systemgränserna vid avfallsförbränning och återvinning är i enlighet med rekommendationerna i ISO 14041. Det är dessutom vetenskapligt korrekt, eftersom syftet med studien är att studera konsekvenserna av olika förändringar. Granskarna anser också att studien förbättras av att man har utvidgat systemgränserna vid användning av massaved, och att det är värdefullt att man har tagit hänsyn till att det är osäkert om trä ska betraktas som en så begränsad resurs att ett ökat uttag av massaved måste kompenseras med ökad användning av fossila bränslen. Att studera olika scenarier och dra slutsatserna utifrån samtliga studerade scenarier är en bra metod i den situationen.

Antagandena om vad som ersätts, och därigenom ska ingå i de utvidgade systemen, kan diskuteras. En ökad insamling av danskt papper kan exempelvis leda till att ekonomin för insamling i andra länder blir sämre än vad den annars varit. Det kan påverka både mål för insamlingen och mängden faktiskt insamlat papper i andra länder. Därför ersätter insamlat danskt papper sannolikt delvis fibrer från insamling i andra länder. Antagandet att det insamlade papperet ersätter massaved är en förenkling som ger en fördel till återvinningsscenarierna i studien. Att använda förenklade antaganden vid systemutvidgning är vanligt i livscykelanalyser.

Den elenergi som används i de studerade systemen antas vara marginalel. Det är vetenskapligt korrekt i en LCA som syftar till att studera konsekvenserna av olika förändringar.

Kvaliteten på datakällorna verkar vara mycket hög. Studien hade blivit mer transparent om rapporten inkluderat mer indata, beräkningar och delresultat. Rapporten innehåller dock vissa delresultat och en utförlig redovisning av slutresultaten, och de framstår som rimliga. Rapporten inkluderar också diskussioner om hur dataluckor, förenklingar och antaganden påverkar resultaten.

Slutsatserna i kapitel 8 baseras inte bara på LCA-resultaten utan också på en intressant diskussion av den framtida utvecklingen hos de omgivande energi- och avfallssystemen. Det är riktigt, som författarna hävdar, att den miljömässiga jämförelsen på kort sikt avgörs av om mängden tillgängligt, brännbart avfall är större eller mindre än den existerande kapaciteten för avfallsförbränning. På längre sikt är materialåtervinningens lägre energiförbrukning en avgörande fördel om det är korrekt, som författarna hävdar, att substituerbarheten mellan olika bränslen ökar.

Antagandet att energisystemets marginal utgörs av fossila bränslen kan ifrågasättas, men det har ingen avgörande betydelse för slutsatserna. Diskussionen i rapporten kan möjligen föras ytterligare ett steg längre: om användningen av både fossila och förnybara bränslen är begränsad, p g a resurstillgång, Koyotoprotokoll mm, kan en högre grad av återvinning leda till att mer papper och andra produkter kan produceras med den begränsade energi som finns tillgänglig.

Slutligen skall tilläggas att granskarna är väl medvetna om komplexiteten i att välja relevanta scenarier och antaganden i en studie av det här slaget. Metodiken i den granskade livscykelanalysen är i stort sett

i enlighet med god praxis, ofta mycket god, och på vissa områden nydanande. Studien är definitivt användbar för det danska fortsatta arbetet med att ta fram beslutsunderlag för val av metod för hantering av returpapper.

Göteborg, september 2004

Tomas Ekvall, docent

Institutionen för Energiteknik
Chalmers Tekniska Högskola