

Miljøprojekt Nr. 656 2002

# Armeret epoxy- og polyesterplast - forbrug og affaldsmængder

Carsten Lassen og Susan Heilemann Jensen  
COWI Rådgivende Ingeniører A/S

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

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	11
1 INDLEDNING	15
1.1 KOMPOSITMATERIALER	15
1.2 KORTLÆGNINGEN	17
2 PRODUKTION OG FORBRUG	19
2.1 FORBRUG AF RÅVARER	19
2.1.1 <i>Forbrug af umættet polyester</i>	<b>19</b>
2.1.2 <i>Forbrug af epoxy-resin</i>	<b>21</b>
2.2 VINDMØLLESEKTOREN	21
2.2.1 <i>Anvendelser</i>	<b>21</b>
2.2.2 <i>Produktion og forbrug i Danmark</i>	<b>21</b>
2.2.3 <i>Historisk udvikling</i>	<b>22</b>
2.2.4 <i>Affaldsbortskaffelse</i>	<b>23</b>
2.3 TRANSPORTSEKTOREN	24
2.3.1 <i>Anvendelser</i>	<b>24</b>
2.3.2 <i>Produktion og forbrug i Danmark</i>	<b>25</b>
2.3.3 <i>Historisk udvikling</i>	<b>26</b>
2.3.4 <i>Affaldsbortskaffelse</i>	<b>26</b>
2.4 DEN MARITIME SEKTOR	27
2.4.1 <i>Anvendelser</i>	<b>27</b>
2.4.2 <i>Produktion og forbrug i Danmark</i>	<b>28</b>
2.4.3 <i>Historisk udvikling</i>	<b>29</b>
2.4.4 <i>Affaldsbortskaffelse</i>	<b>29</b>
2.5 AFFALDS- OG SPILDEVANDSOMRÅDET	30
2.5.1 <i>Anvendelser</i>	<b>30</b>
2.5.2 <i>Produktion og forbrug i Danmark</i>	<b>30</b>
2.5.3 <i>Historisk udvikling</i>	<b>31</b>
2.5.4 <i>Affaldsbortskaffelse</i>	<b>31</b>
2.6 POLYESTERBETON OG KUNSTMARMOR	32
2.6.1 <i>Anvendelser</i>	<b>32</b>
2.6.2 <i>Produktion og forbrug i Danmark</i>	<b>32</b>
2.6.3 <i>Historisk udvikling</i>	<b>33</b>
2.6.4 <i>Affaldsbortskaffelse</i>	<b>33</b>
2.7 BYGGESEKTOREN I ØVRIGT	33
2.7.1 <i>Anvendelser</i>	<b>33</b>
2.7.2 <i>Produktion og forbrug i Danmark</i>	<b>34</b>
2.7.3 <i>Historisk udvikling</i>	<b>35</b>
2.7.4 <i>Affaldsbortskaffelse</i>	<b>35</b>
2.8 ANDRE ANVENDELSER	35
2.8.1 <i>Anvendelser</i>	<b>35</b>
2.8.2 <i>Produktion og forbrug i Danmark</i>	<b>36</b>
2.8.3 <i>Historisk udvikling</i>	<b>37</b>
2.8.4 <i>Affaldsbortskaffelse</i>	<b>37</b>

3	AFFALDSMÆNGDER 2000-2020	39
3.1	PRODUKTIONSAFFALD	39
3.2	UDTJENTE PRODUKTER	41
3.2.1	<b>Historisk forbrug</b>	<b>41</b>
3.2.2	<b>Levetidsfordelinger</b>	<b>45</b>
3.2.3	<b>Affald af udtjente produkter 2000-2020</b>	<b>46</b>
3.3	SAMLEDE AFFALDSMÆNGDER 2000-2020	47
4	HÅNDBLÆRING AF KOMPOSITAFFALD	51
4.1	BORTSKAFFELSE AF PRODUKTIONSAFFALD	51
4.2	BORTSKAFFELSE AF UDTJENTE PRODUKTER	51
4.3	ALTERNATIVE BORTSKAFFELSESMULIGHEDER	52
4.3.1	<b>Anvendelse af nedknust kompositmateriale</b>	<b>53</b>
4.3.2	<b>Pyrolyse med efterfølgende udnyttelse af fibre</b>	<b>54</b>
4.3.3	<b>Termisk genanvendelse med direkte udnyttelse af fibre</b>	<b>54</b>
	REFERENCELISTE	56
	BILAG A KONTAKTEDE VIRKSOMHEDER OG ORGANISATIONER	57
	BILAG B DATABLEDE MED BAGGRUNDSDATA FOR PROGNOSE AF AFFALDSMÆNGDER	59

# Forord

Armeret epoxy- og polyesterplast har i en årrække været anvendt til en lang række formål som fx vindmøllevinger, både, affaldscontainere og tog. Materialerne har en meget lang levetid, og hidtil har mængderne af affald af udtjente produkter været relativt beskedne, men disse mængder forventes at stige betragteligt i fremtiden. Hertil kommer, at der som følge af den generelt stigende produktion inden for kompositområdet må forventes stigende mængder af produktionsaffald af kompositmaterialer.

Dette projekt skal ses i sammenhæng med en række bestræbelser, hvis overordnede formål er at udvikle en teknisk, miljømæssig og økonomisk forsvarlig håndtering af udtjente produkter og produktionsaffald af armeret epoxy- og polyesterplast (kompositmaterialer).

Miljøstyrelsen har med dette projekt ønsket at etablere et overblik over forbruget og sammensætningen af armeret epoxy- og polyesterplast i Danmark og på denne baggrund vurdere de forventede mængder af kompositaffald i de næste 20 år.

Oplysningerne i rapporten er tilvejebragt med velvillig hjælp fra en lang række virksomheder og institutioner. Der er i rapporten i de fleste tilfælde ikke givet referencer til konkrete virksomheder, men alle kontaktede virksomheder er angivet i bilag A.

Det herved opnåede overblik over sammensætning og mængder af kompositaffaldet vil kunne danne basis for en prioritering af den videre indsats med henblik på at identificere miljømæssigt bedre løsninger for kompositaffaldet.

Projektet har været fulgt af en følgegruppe bestående af:

Birgitte Kjær, Miljøstyrelsen, Husholdningsaffaldskontoret (formand)

Kristina Elvebakken, Plastindustrien i Danmark

Hans Chr. Gabelgaard, Jupiter Plast A/S

Hans-Ulrich Thornberg, Vestas Wind Systems A/S

Michael Bruun, Krone-Wabash A/S

Hans Bjerg, Reichhold Danmark A/S

Per Lund Thomsen, Vega A/S

Helle Rasmussen, LM Glasfiber A/S

Carsten Lassen, COWI, Rådgivende Ingeniører AS

Projektet er gennemført af Plastindustrien i Danmark med COWI som rådgiver. Arbejdsgruppen har bestået af Kristina Elvebakken, Plastindustrien i Danmark samt Carsten Lassen og Susan Heilemann Jensen, COWI.



# Sammenfatning og konklusioner

Formålet med dette projekt er at etablere et overblik over forbruget og sammensætningen af armeret epoxy- og polyesterplast (kompositmaterialer) i Danmark og på denne baggrund vurdere, hvor store mængder kompositaffald der kan forventes at komme de næste 20 år.

Kompositmaterialerne består af en armering af fibre eller sten, som er indlejret i en matrix af polyester, epoxy eller phenolresin. Fibrene er oftest af glas, men der anvendes også fibre af andre materialer, bl.a. kulfibre og plastfibre. Til mange af de største anvendelsesområder - bl.a. vindmøllevinger, både og køletrailere - er materialerne opbygget som en sandwichkonstruktion. I konstruktionen er to lag af fiberarmeret epoxy- eller polyesterplast adskilt af et lag af et lettere kernemateriale, som bl.a. kan være opskummet PVC, balsatræ eller opskummet polyurethan. Kernematerialerne udgør kun op til nogle få vægtprocent af den samlede konstruktion.

## ***Aktuelt forbrug***

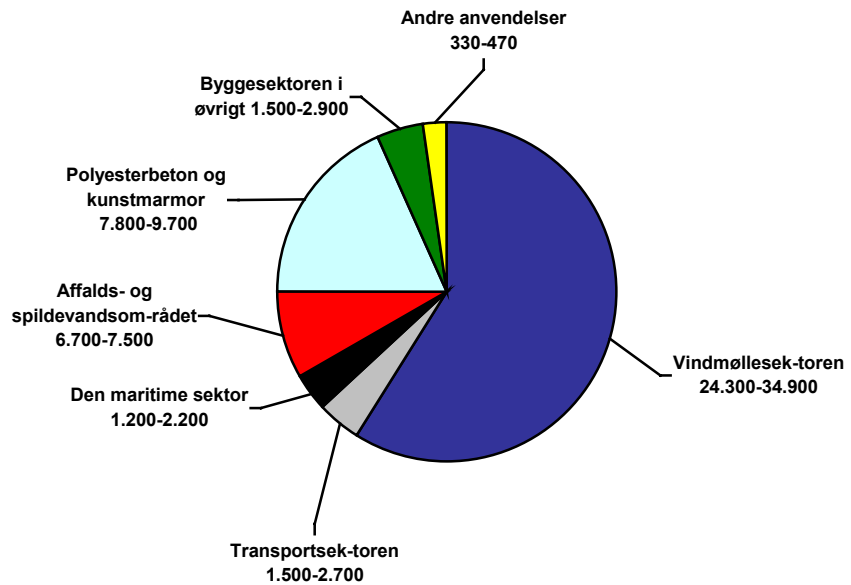
Forbruget af armeret epoxy- og polyesterplast til produktion i Danmark i 2000 fremgår af figur 1. Samlet anvendes 39.000-62.000 tons kompositmaterialer til produktion i Danmark.

Kompositmaterialer anvendes i en lang række produkter, men de følgende anvendelser tegner sig for langt hovedparten af forbruget til produktion i Danmark:

- Vindmøller, hvor fiberarmeret epoxy- og polyesterplast anvendes til vinger, spinnere og maskinhuse.
- Polyesterbeton og kunstmarmor, bestående af sand og småsten i en polyestermatrix, som anvendes til foderkrybber, afløbsrender, borde m.m.
- Kloakforinger, som består af en strømpe af fiberarmeret epoxy- og polyesterplast, der indføres i gamle kloakker.
- Profiler af fiberarmeret epoxy- og polyesterplast, som anvendes inden for bygge- og anlægssektoren.
- Køletrailere, hvor siderne er opbygget af kompositmaterialer isoleret med opskummet polyurethan eller andre plasttyper.
- Både.
- Tanke og siloer som bl.a. anvendes i landbruget og industrien.

Figur 1

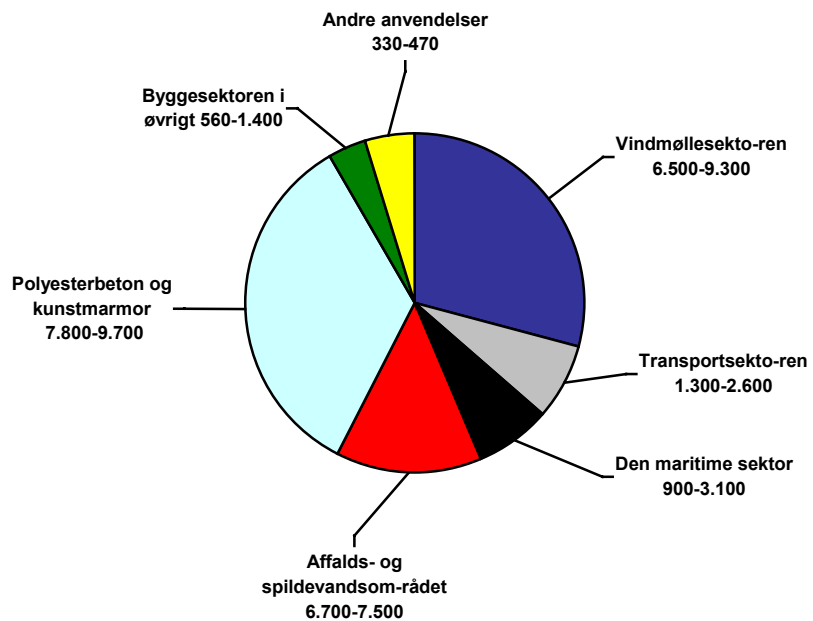
Forbrug af kompositmaterialer (armeret epoxy- og polyesterplast) til produktion af produkter i Danmark i 2000. Alle mængder i tons komposit.



Da der er en stor nettoeksport af især vindmøller, ser mønstret lidt anderledes ud, når man opgør mængden af kompositmaterialer i færdigvarer solgt i Danmark i år 2000, som fremgår af figur 2. Der er dog tale om de samme hovedanvendelsesområder, blot er vindmøllesektoren mindre dominerende. Det samlede indhold i færdigvarer solgt i Danmark i år 2000 er anslået til 20.000-34.000 tons.

Figur 2

Kompositmaterialer (armeret epoxy- og polyesterplast) i færdigvarer solgt i Danmark i 2000. alle mængder i tons komposit.



### **Forbrugsudvikling 1965-2000**

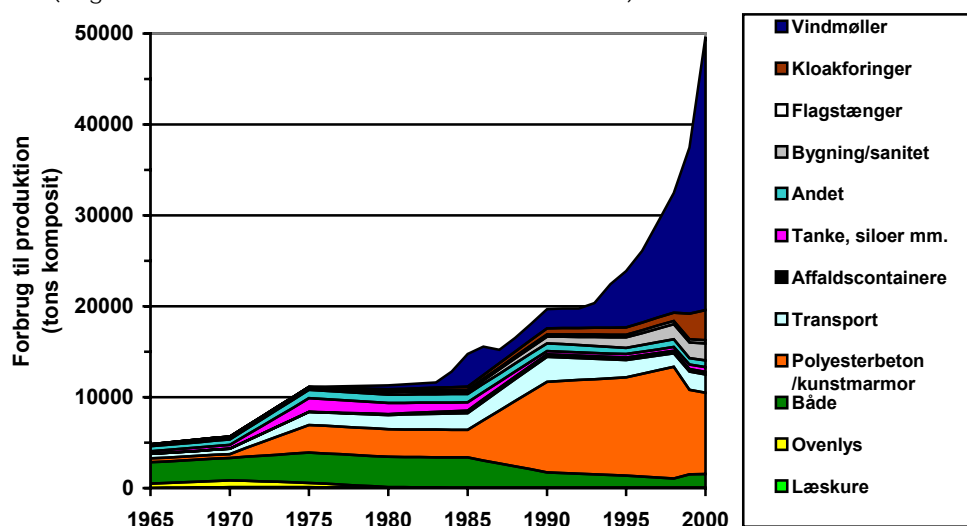
Kompositmaterialer har en meget lang levetid, og for at kunne lave prognoser for mængderne af kompositaffald for de kommende år har det været nødven-



diget at opgøre forbruget af produkter indeholdende kompositmaterialer i perioden 1965-2000.

Da der for alle områder - på nær vindmøller - ikke har været fyldstgørende statistiske oplysninger om forbruget, har den væsentligste indgang til at estimere det historiske forbrug været oplysninger om forbruget af plastråvarer til produktion af kompositmaterialer i Danmark, indhentet fra førende råvareleverandører. Omregningen til indhold i færdigvarer solgt i Danmark fremgår nærmere af rapporten.

Figur 3  
Forbrug af kompositmaterialer til produktion af kompositprodukter i Danmark 1965-2000 (angivet som middelværdier i det anslåede interval).



### Prognoser

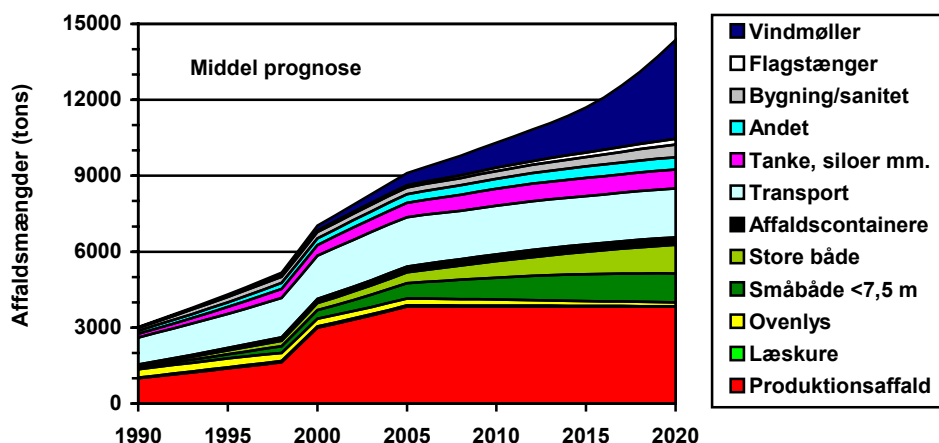
På baggrund af oplysninger om det historiske forbrug og den forventede levetid af produkterne er der lavet prognoser for de forventede mængder af kompositaffald fra udtjente produkter de kommende 20 år. Disse mængder er sammenholdt med mængderne af kompositaffald fra produktionen af produkter i Danmark. I figur 4 ses middelpogrosen for kompositaffald fra udtjente produkter sammen med de forventede mængder af produktionsaffald. Affald af polyesterbeton og kunstmarmor er ikke med i opgørelsen, fordi disse materialer er meget forskellige fra de øvrige kompositmaterialer. Det skal bemærkes, at der er meget store usikkerheder på prognoserne, som i rapporten er repræsenteret med minimum- og maksimumprognoser for hvert anvendelsesområde.

De samlede mængder af affald af udtjente produkter er beregnet til 1.700-6.400 tons i 2000, 2.900-10.100 tons i 2010 og 5.700-15.300 tons i 2020. I denne mængde indgår også produkter, som bortskaffes uden om affaldssektoren, fx jordtanke som bliver efterladt i jorden eller køletrailere der eksporteres og skrottes i udlandet. Mængderne der omsættes inden for affaldssektoren vil derfor formentlig være noget mindre - især inden for transportområdet.

Til sammenligning blev der fra produktionen af kompositprodukter i 2000 produceret ca. 2.400 tons hærdeet produktionsaffald inkl. forme (ekskl. epoxy prepreg og polyesterbeton/kunstmarmor) og 610 tons epoxy prepreg (delvist hærdeet).

Figur 4

Prognose for samlede mængder af kompositaffald 2000-2020 (middel prognose for udtjente produkter). Der er antaget en stigning i mængderne af produktionsaffald på 5% pr. år i perioden 2000-2005. Bygning/sanitet omfatter ikke polyesterbeton og kunstmarmor.



### ***Alternativ bortskaffelse***

Både produktionsaffald og affald af udtjente produkter er traditionelt blevet bortskaffet til affaldsforbrænding eller deponi. I de seneste år er der igangsat en række forsøg med andre bortskaffelsesformer med henblik på at kunne genanvende materialerne. Disse forsøg omtales kort i slutningen af rapporten. Det drejer sig dels om forsøg med forskellige former for termisk behandling, hvor kompositmaterialernes fiberdel genanvendes i nye produkter, dels om forsøg med nedknusning og direkte genanvendelse af kompositmaterialerne.

# Summary and Conclusions

The aim of this project is to establish an overview over the consumption and the composition of reinforced epoxy and polyester plastics (composites) in Denmark and on this basis projected the volumes of composite waste to be generated within the period of 2000 to 2020.

The composites consist of a reinforcement of fibres or stones embedded in a matrix of polyester, epoxy or phenol resin. The fibres are most often made of glass, but fibres of other materials like carbon and plastic are used as well. For many of the main application areas - among others wind turbine arms, boats and refrigerated trailers - the materials consist of a sandwich construction. In the sandwich construction two layers of fibre reinforced epoxy or polyester plastics are separated by a layer of a lighter core material, which can be expanded PVC, balsa wood or expanded polyurethane. The core materials only account for up to a few percentages of the weight of the total construction.

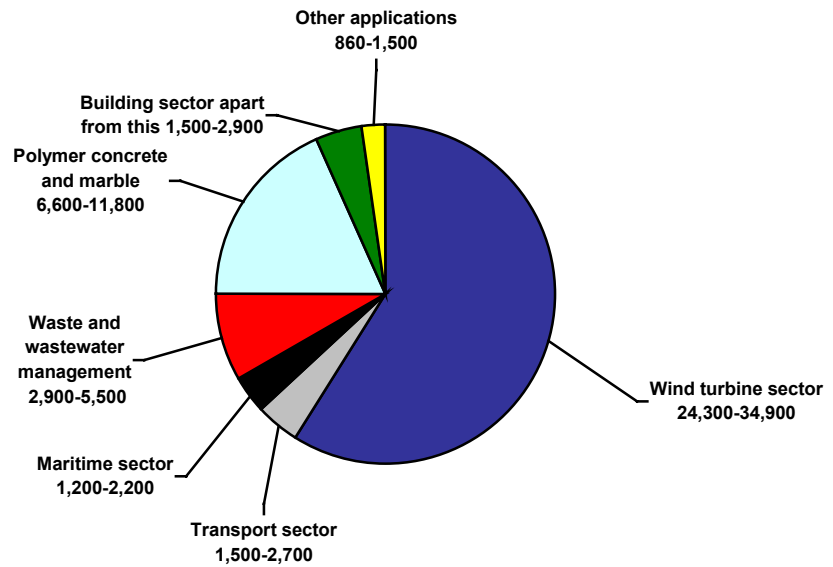
## ***Current consumption***

The consumption of reinforced epoxy and polyester plastic for production of products in Denmark in 2000 is shown in Figure 1. In total, 39,000-62,000 tonnes composites are used for production in Denmark.

Composites are used in a considerable number of products, but the following application areas account for the chief part of the consumption for production in Denmark:

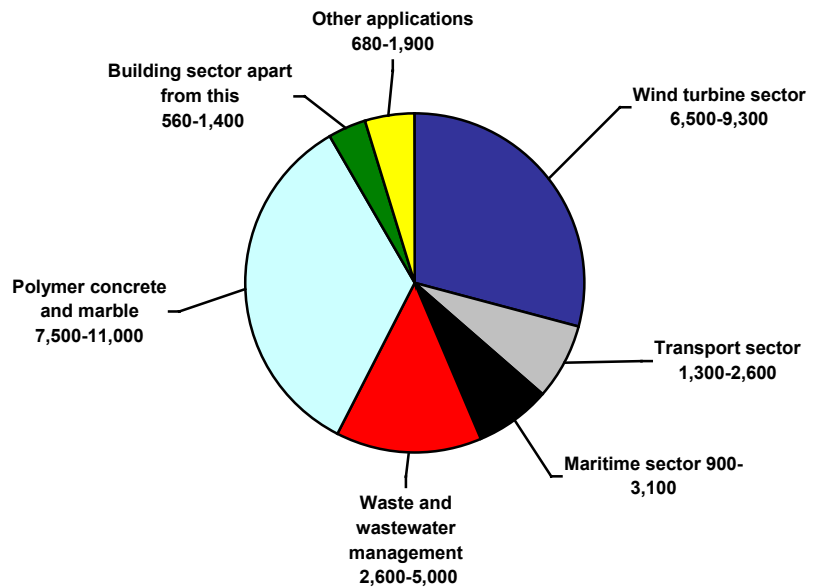
- Wind turbines, in which composites are used for wings, spinners and engine sheds.
- Polymer concrete and synthetic marble consisting of sand and pebbles in a polyester matrix. The products are used for mangers, drain systems, tables, etc.
- Sewer linings consisting of hoses of fibre-reinforced epoxy or polyester plastics inserted in old sewers.
- Profiles of fibre-reinforced epoxy or polyester plastics used for various applications within the building and civil sector.
- Refrigerated trailers of which the sides are panels of composites insulated with expanded polyurethane or other types of expanded plastics.
- Boats.
- Tanks and silos used within agriculture and industry, among other places.

Figure 1  
Consumption of composites (reinforced epoxy and polyester plastics) for production in Denmark in 2000. All figures in tonnes composite



Due to a large net export of especially wind turbines, the pattern is somewhat different when the total amount of composites in products sold in Denmark is regarded (see figure 2). The main application areas are however the same, but the wind turbine sector is less dominant. The total volume in finished products sold in Denmark is estimated at 20,000-34,000 tonnes.

Figure 2  
Consumption of composites (reinforced epoxy and polyester plastics) in end products sold in Denmark in 2000. all figures in tonnes composite

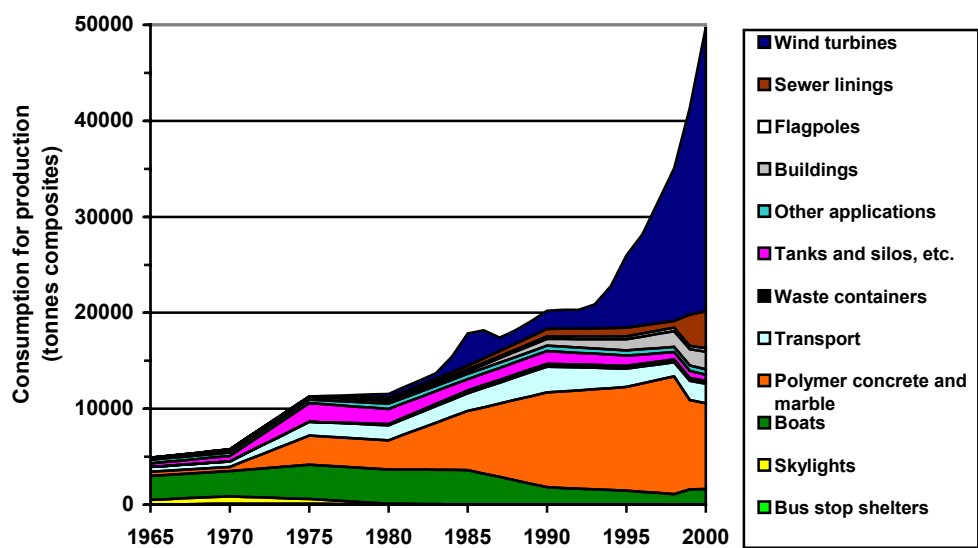


### **Consumption trend 1965 - 2000**

Composites have very long service lives; and to make projections of the volumes of composite waste to be generated in the coming years, it has been necessary to assess the consumption of products containing composites during the period of 1965 to 2000.

For all application areas - except wind turbines - no satisfactory statistical information of consumption is available. Consequently the main entrance for the estimation of the historical consumption is information on the consumption of resins for production of composites in Denmark obtained from leading suppliers of resins. The conversion from consumption of resin to the consumption of composites with finished products appears in detail from the report.

Figure 3  
Consumption of composites for production in Denmark 1965 - 2000 (medium figures).



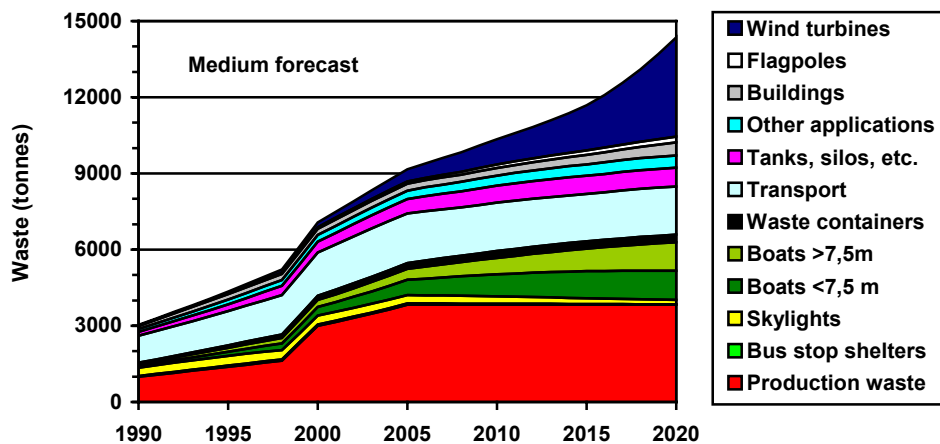
### **Projections**

Based on information on the historical consumption and the estimated lives of the products, projections of the expected volumes of composite waste from discarded products within the coming 20 years have been made. The projected volumes are compared to the volumes of composite waste from the production of products in Denmark. The medium projection of discarded products in combination with the production waste is shown in Figure 4. Waste of polymer concrete and synthetic marble is not included, as these materials are substantially different from the other composites. It should be noted that the projections are encumbered with a very high uncertainty, and the projections are in the report represented by minimum and maximum projections for each application area.

The total volumes of composite waste from discarded products are estimated at 1,700-6,400 tonnes in 2000, 2,900-10,100 tonnes in 2010 and 5,700-15,300 tonnes in 2020. Included in these volumes are products that are disposed of extra the waste management system, e.g. heating oil tanks left in the ground and refrigerated trailers that are exported and disposed of abroad.

For comparison, the production of composite products in 2000 generated about 2,400 tonnes cured composite waste (exclusive of epoxy prepreg and polymer concrete and synthetic marble) and 610 tonnes epoxy prepreg (partly cured).

Figure 4  
 Projection of waste volumes to be generated 2000 - 2020 (Medium projection for discarded products). The volume of production waste is presumed to increase 5% per year for the period of 2000 to 2005.



### *Alternative disposal*

Both production waste and composite waste of discarded products have traditionally been disposed of to solid-waste incinerators or refuse dumps. In recent years, a number of experiments with alternative waste treatment have been initiated. These experiments are briefly described in the report. The experiments concern partly different sorts of thermal treatment, where the fibre part of the composites is recycled or down-cycled in new products, partly experiments where all the composites are crushed and recycled in new composites.

# 1 Indledning

## 1.1 Kompositmaterialer

Begrebet kompositmateriale benyttes generelt om konstruktionsmaterialer, der er sammensat af to eller flere forskellige materialer.

I denne rapport vil begrebet anvendes mere specifikt om sammensatte konstruktionsmaterialer bestående af en grundmasse (matrix) af hærdeplast, hvori der er indlejret fibre eller småsten. Betegnelserne kompositmateriale og komposit bruges som synonymmer.

Som matrix anvendes oftest umættet polyester, men epoxy og phenolplast anvendes også i en vis udstrækning. Hærdeplast er karakteristisk ved, at der ved forarbejdningen indgår kemiske processer, hvorved der sker en hærkning, dvs. at tilstandsformen ændres fra flydende til fast. Eksempelvis hærdes polyester ved, at en opløsning af umættet polyesterresin i en reaktiv monomer - oftest styren - tilsættes en initiator og accelerator, hvorved der igangsættes en polymeriseringsproces mellem polyesterresinen og monomeren, og materialet bliver stift. Processen er irreversibel og det er, modsat hvad der er tilfældet med termoplast, ikke muligt efterfølgende at forme materialet ved opvarmning. Polyester kan ligesom andet hærdeplast derfor ikke genanvendes ved at blive støbt om.

Polyester, epoxy og phenolplast er alle betegnelser for grupper af plastmaterialer. Hver af de tre materialegrupper er kendetegnet ved karakteristiske kemiske strukturer, men inden for gruppen kan der være flere typer af resiner med mindre forskelle i kemisk sammensætning og materialeegenskaber. Man skelner eksempelvis mellem en lang række polyestertyper, hvoraf orthophthalsyre-polyestere, isophthalsyre-polyestere, bisphenol-polyestere og vinylestre er blandt de mest anvendte. Vinylestre omtales populært ofte som en særlig gruppe på linie med polyestre.

I denne matrix indlejres enten fibre eller småsten. De mest anvendte fibre er tynde glasfibre, men kulfibre og aramidfibre (fx Kevlar) anvendes i stigende omfang. Til særlige konstruktioner anvendes desuden fibre af metal, polyetylen, cellulose, siliciumcarbid, eller aluminiumoxid (Jensen et al. 2000).

Det er fibrene, der giver materialet dets styrke, mens matrixen holder fibrene sammen og overfører belastningerne mellem fibrene. Mængden af fibre, som indlejres i matrixen, varierer afhængig af de ønskede materialeegenskaber, men volumenandelen af fibre vil oftest være mellem 20 og 50%. Til enkelte anvendelser som kunstmarmor og polyesterbeton (se afsnit 2.6) anvendes der ikke fibre, men i stedet småsten.

Det skal bemærkes, at fiberforstærkning også anvendes i visse typer termoplast, som ikke vil omtales yderligere her.

Udover matrix og fibre indgår en række hjælpestoffer. Hvilke hjælpestoffer der anvendes vil være afhængigt af matrixens basispolymerer. Til polyester anvendes der ofte:

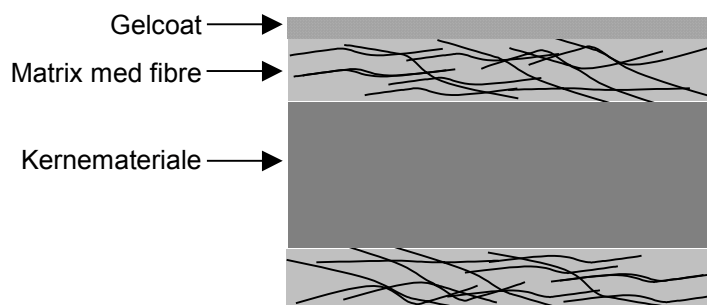
- Stabilisatorer og inhibitorer (for at sikre polyesterens egenskaber inden og i forbindelse med polymeriseringen).
- Initiatorer og acceleratorer (for at igangsætte og styre polymeriseringen). Som accelerator anvendes bl.a. kobolt, som vil kunne optræde i koncentrationer på ca. 0,005% i det færdige produkt.
- Tiksotroperingsmidler (for at give den flydende polyester er god vedhæftningsevne til fibrene, så polyesterens ikke flyder ud på lodrette flader).
- Styrenfordampningshæmmende additiver (for at reducere fordampningen af styren under forarbejdningen).
- Brandhæmmere (for at brandhæmme det færdige produkt. Brandhæmmende egenskaber kan også indbygges i selve polyesterresinen).
- Paraffin (for at hindre at overfladen på det færdige produkt er klæbrig).
- Farvepigmenter.
- Fyldstoffer som kridt, ler, kvarts, grafit eller korund (for at give materialet en mere glat og slidbestandig overflade).

I relation til denne rapport's hovedemne - bortskaffelse af kompositmaterialerne - er brandhæmmerne af særlig betydning. Brandhæmmere, indeholdende klor eller brom, er på grund af mulighederne for dannelse af dioxiner uønskede i affaldsforbrændingsanlæg og ved andre former for termisk affaldsbehandling. I relation til dioxindannelsen er det formentlig af mindre betydning om brom eller klor er indbygget i selve polyesterresinen eller tilsat som hjælpestof.

For at give materialet en glat og slidbestandig overflade består overfladen ofte af en gelcoat (eller topcoat), som består af samme basispolymer som matrixen, hvortil der er tilsat farvepigmenter og fyldstoffer.

For at give et emne yderligere stivhed kombineres laminater af ovennævnte materialer ofte med et let kernemateriale som fx ekspanderet PVC/polyurea (i det følgende kun betegnet PVC), balsatræ eller polyurethanskum i en sandwichkonstruktion. I figur 1.1 er der vist en principskitse. I nogle konstruktioner kan der være flere lag matrix og kerne ovenpå hinanden, ligesom der også i mange tilfælde vil være gelcoat på begge sider.

Figur 1.1  
Principskitse af sandwichkonstruktion.





## 1.2 Kortlægningen

Ved kortlægningen er produkterne opdelt i 7 produktgrupper:

1. Vindmøllesektoren
2. Den maritime sektor
3. Transportsektoren
4. Affalds- og spildevandsområdet
5. Kunstmarmor og polyesterbeton
6. Byggesektoren i øvrigt
7. Andre anvendelser.

Kortlægningen omfatter ikke kompositmaterialer, som anvendes i elektriske og elektroniske produkter (fx laminater i printkort) samt kompositmaterialer baseret på phenolresin. Årsagen til denne afgrænsning er dels at der findes særlige ordninger for affald af elektroniske og elektriske produkter, dels at kompositmaterialer antages at anvendes til mange smådele i disse produkter, men at de samlede mængder er relativt små.

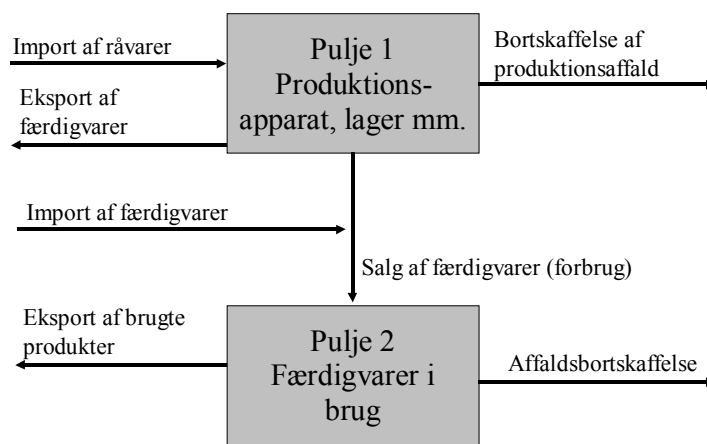
Ved kortlægningen er der fokuseret på, hvor store mængder affald der aktuelt dannes, samt hvor store mængder der forventes at blive dannet de næste 20 år. Strømmen af kompositmaterialer gennem samfundet er illustreret i figur 1.2. Bortskaffelse af kompositaffald sker enten i form af bortskaffelse af produktionsaffald eller bortskaffelse af udtjente produkter.

Der er i samfundet to "puljer" af kompositmaterialer. Den ene pulje (pulje 1), som er relativt lille, består af materialer, som er akkumuleret i forbindelse med produktionen - enten i form af kompositmaterialer i produktionsapparatet (fx forme) eller i form af lagre af råvarer og producerede produkter. Fra denne pulje vil der løbende ske en strøm af kompositmaterialer i form af producerede produkter og produktionsaffald. Da puljen er relativt lille, vil fraførsel i form af produkter og affald inden for det år som betragtes stort set svare til tilførslen af råvarer.

For flere af produktgrupperne bliver hovedparten af produktionen eksporteret, mens der for andre foregår en betydelig import, og der vil derfor være en stor forskel mellem størrelsen af produktionen og det aktuelle salg af færdigvarer (forbrug) i Danmark.

Den anden pulje (pulje 2) består af produkter, der er i brug i samfundet. Fra denne pulje vil produkterne, når de er udtjente, blive bortskaffet i forbindelse med affaldsbortskaffelse. Da kompositprodukter typisk har en levetid på 20 år eller derover, vil de produkter, som bortskaffes i dag, være tilført puljen for mindst 20 år siden. For at kunne bestemme hvad der bortskaffes i dag, er det altså nødvendigt at kende aldersfordelingen af produkterne i brug og have kendskab til sammensætningen af de produkter, der blev taget i anvendelse for 20 år siden.

Figur 1.2  
Diagram over strømmen af kompositmaterialer.



Der er ikke tidligere foretaget en opgørelse over brugen af kompositprodukter i Danmark, og der foreligger derfor ikke umiddelbart nogle samlede oplysninger om tidligere produktion og forbrug. Beskrivelsen af anvendelser vil derfor i det følgende tage udgangspunkt i en beskrivelse af de produkter, der produceres og tages i brug i dag. I det omfang der foreligger oplysninger om ældre produkter, som er i anvendelse i væsentlige mængder i samfundet, vil der blive angivet, i hvilket omfang disse produkter adskiller sig fra produkter, som bliver produceret i dag.

Oplysningerne vedrørende produktion og forbrug er indhentet via direkte henvendelser til råvareleverandører, producenter og importører af kompositprodukter eller produkter indeholdende kompositmaterialer. Disse oplysninger er - hvad angår affaldshåndtering - suppleret med statistisk materiale fra Plastindustrien i Danmark og oplysninger fra affaldsselskaber og potentielle aftagere af kompositaffald. Oplysninger om det historiske forbrug er baseret på oplysninger fra råvareleverandører og producenter, som har været i branchen i mange år. Oplysningerne er hovedsageligt baseret på disse personers hukommelse og optegnelser - i enkelte tilfælde suppleret med statistisk materiale.

Alle mængdeangivelser for 2000 repræsenteres ved de intervaller, inden for hvilke forfatterne skønner den rigtige værdi vil ligge med 90% sandsynlighed. Dette indebærer, at i 10% af tilfældene vil de rigtige værdier være uden for intervallet, og i få tilfælde vil de kunne være langt fra intervallet. I angivelserne af det historiske forbrug skal intervallerne fortolkes således, at de angiver usikkerheden over 10-års perioder, men at forbruget i enkeltår godt kan være uden for intervaller. Ved angivelserne af det aktuelle forbrug til produktion i Danmark er intervallerne i visse tilfælde lavet af kilderne til dataene (fx råvareleverandører) for at sløre den faktiske værdi, som betragtes som fortrolig. Den rigtige værdi vil i disse tilfælde med lige så stor sandsynlighed kunne ligge nær grænserne til intervallet som midt i intervallet.

## 2 Produktion og forbrug

### 2.1 Forbrug af råvarer

Til produktion af kompositmaterialer anvendes der som polymer enten flydende umættet polyester, epoxy-resin eller phenol-resin.

Ved afgrænsningen af denne undersøgelse er det valgt ikke at inddrage produkter af phenolplast i undersøgelsen. Phenolplast, som i mange år har været kendt under handelsnavnet Bakelit, er meget varmebestandigt og anvendes til en lang række formål, bl.a. elektriske og elektroniske produkter, bordplader, gryder og pander, motordele til biler og bremseklodser (Jensen et al. 2000). Af produkter omtalt i denne rapport anvendes det bl.a. i mindre grad til togdele og profiler. I opgørelserne af produktionsaffald i kapitel 3 vil der dog kunne indgå en mindre del affald af phenolplast, da der i opgørelsen ikke er skelnet mellem phenolplast og andre plasttyper.

Det har ikke været muligt hverken fra danske råvareleverandører eller den europæiske sammenslutning af kemiske industrier, CEFIC, at få oplysninger om det samlede forbrug af phenolplast til produktion af kompositprodukter i Danmark.

#### 2.1.1 Forbrug af umættet polyester

Umættet polyester er den mest anvendte plastråvare til produktion af kompositprodukter i Danmark, og armeret polyester bruges inden for alle anvendelsesområder for komposit.

Forsyningen af umættet polyester i perioden 1966-2000 fremgår af figur 2.1. Forsyningen er udtryk for de mængder, som anvendes til produktion af kompositmaterialer i Danmark. Den optrukne linie, som dækker perioden fra 1976-2000, er baseret på direkte oplysninger fra branchen. Mængderne er fra branchen angivet med en usikkerhed på  $\pm 5-10\%$ , men er her kun angivet med middelværdier.

Forsyningen kan på baggrund af statistikkerne fra Danmarks statistik beregnes som:

$$\text{Forsyning} = \text{produktion} + \text{import} - \text{eksport}.$$

Produktion fremgår af statistikken "Varestatistik for industrien", mens import og eksport er opgjort i publikationen "Udenrigshandelen". I statistikkerne fra Danmarks Statistik er den flydende umættede polyester i de senere år ført under eget varenummer. Flydende umættet polyester anvendes udelukkende til produktion af kompositmaterialer, og mængderne ført under det pågældende varenummer burde derfor give et dækkende billede af det samlede forbrug af polyester til produktion i Danmark. Disse mængder er for perioden 1964 til 2000 angivet som åbne firkanter. Ifølge oplysninger fra branchen synes de registrerede mængder i statistikken ikke at svare til den faktiske forsyning. Usikkerheden på de statistiske data synes at være steget markant med den ændrede indberetningspraksis i midten af 1990'erne.

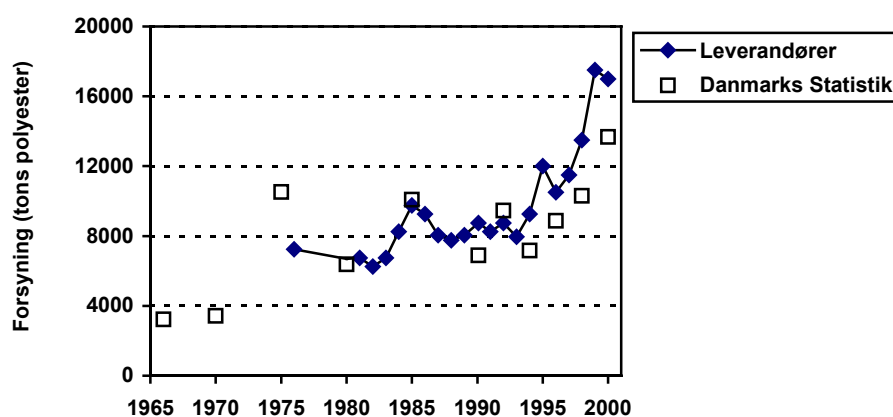
I de ældre statistikker er det ikke helt så klart, hvorvidt der kan være andre typer af polyestere, som føres under samme varenummer, men på basis af sammenligningen med mængdeoplysningerne fra branchen antages det, at de statistiske oplysninger giver et realistisk billede af forbruget af umættet flydende polyester.

Det ses, at forsyningen i 1960'erne lå på et niveau omkring 4000 tons, stigende til omkring det dobbelte i 1980'erne, sådan at forsyningen frem til midten af 1990'erne lå på 6.000-10.000 tons, for endelig i den seneste halvdel af 1990'erne at stige til omkring 15.000-18.000 tons.

For 2000 angiver branchen et samlet forbrug af polyester til produktion af kompositmaterialer på 16.500-17.500 tons, mens forsyningen af polyester registreret af Danmarks Statistik var 13.700 tons. Som nævnt i det foregående afsnit er der lagt usikkerheder ind ved angivelserne af forbruget til enkelte anvendelsesområder. Som en konsekvens af opgørelsesmetoden er det samlede forbrug, beregnet som summen af alle bidrag lidt større. Der ser således ud til at være en tendens til en mindre overestimering af mængderne i opgørelsen.

I 2000 blev der af dette polyester produceret i størrelsesordenen 40.000 tons kompositmateriale. Forholdet mellem polyester og andre råvarer er ikke fast; der har været en tendens til, at der som gennemsnit bruges stigende mængder af fibre til polyester. Dette skyldes delvist, at den største stigning i forbruget er sket inden for vindmøllebranchen, hvor der anvendes komposit med en relativt stor andel af fibre.

Figur 2.1  
Forsyning af flydende umættet polyester 1966-2000 <sup>1)</sup>.



1) Der har ifølge oplysninger fra råvareleverandører ikke været produktion af polyester i Danmark siden 1995, og det er derfor muligt at produktion af polyester anført i "Varestatistik for Industrien" fra 1995 og frem ikke er en egentlig produktion, men at der snarere er tale om omemballering og videresalg. Da forsyningsmængderne anført i statistikken er mindre end mængderne anslået af råvareleverandører, er det imidlertid valgt at medregne den angivne produktion ved beregningen af forsyningen, da der ikke er sikre oplysninger om, at de samme mængder medregnes to gange (dvs. at en del af det som er medregnet under import efter omemballering også medregnes under produktion). Produktion af polyester i Danmark var i 1970 diskretioneret i Varestatistikken (dvs. den fremgår ikke), og produktion indgår derfor ikke i den beregnede forsyningsmængde for 1970, som derved må forventes at være underestimeret.

### 2.1.2 Forbrug af epoxy-resin

Forsyningen af epoxy-resin til produktion af kompositmaterialer kan ikke umiddelbart aflæses af statistikkerne fra Danmarks Statistik, da epoxy-resin anvendt til kompositmaterialer føres sammen med epoxy anvendt til andre formål, eksempelvis produktion af maling.

Hovedparten af epoxy-resinet bliver leveret som såkaldt "prepreg", hvor fibre er blandet med epoxy-resin ved leveringen.

På grundlag af oplysninger fra råvareleverandører og producenter skønnes det at der i Danmark i 2000 anvendtes 2.500-3.400 tons epoxy-resin til fremstilling af kompositmaterialer inkl. epoxy i prepreg. Epoxybaseret komposit anvendes langt overvejende til vindmøllevinger (jf. afs. 2.2). Der anvendes desuden en mindre mængde til både (jf. afs. 2.4) og en ubetydelig del til andre anvendelser (jf. afs. 2.8). Epoxybaseret komposit er i øvrigt udbredt i elektroniske produkter, fx som laminater i printplader, som ikke er omfattet af denne undersøgelse.

Brugen af epoxy til vindmøllevinger startede i 1993, hvor forbruget af prepreg lå på omtrent 500 tons.

## 2.2 Vindmøllesektoren

### 2.2.1 Anvendelser

Inden for vindmøllesektoren anvendes kompositmaterialer til:

- Vindmøllevinger
- Maskinhuse
- Spinnere.

Til alle komponenterne anvendes en sandwichkonstruktion bestående af glasfibre indlejret i polyester eller epoxy samt et kernemateriale. Nogle gange anvendes kulfiber i stedet for eller sammen med glas, hvilket gør konstruktionen stærkere og lettere. Glasindholdet varierer fra 40-50 vægt% for de mindste vinger til 55-70 vægt% for de længste vinger. I vindmøllehuse og spinnere er glasindholdet ca. 35-40%.

Som kernemateriale anvendes PVC-skum, balsatræ og PMI (polymethacrylimid). Kernematerialet udgør i alle tilfælde under 1% af vingens samlede vægt.

Vindmøllebranchen forventer, at der inden for en 5 års periode vil ske en ændring i materialesammensætningen i retning mod et væsentlig mindre brug af PVC til fordel for eksempelvis balsatræ. Branchen stiller spørgsmålstegn ved de miljømæssige konsekvenser ved brugen af balsatræ, fordi det er et tropisk træ, der godt nok dyrkes i plantager, men transporteres fra Sydamerika.

Der forventes en stigning i anvendelsen af kulfiber frem for glasfiber på grund af stadig større krav til styrke og vægtreduktion. Desuden forskes i anvendelsen af hamp som erstatning for glas.

### 2.2.2 Produktion og forbrug i Danmark

Der er 2 store producenter i Danmark, der begge producerer vinger, og ca. en halv snes mindre producenter af vinger, maskinhuse og spinnere.

Det samlede forbrug af kompositmaterialer til produktion i Danmark og det samlede indhold af kompositmaterialer i møller solgt i Danmark i 2000 fremgår af tabel 2.1.

Skønnet over mængderne, der anvendes til produktion, bygger på oplysninger fra producenter og råvareleverandører. I størrelsesordenen 8% af råvarerne endte som produktionsaffald, hvilket indebærer, at indholdet i de producerede møller kun var 92% af værdierne angivet under forbrug til produktion i tabel 2.1.

I 2000 blev 71% af vindmøllerne eksporteret (1500 MW ud af en produktion på 2100 MW), hvilket er et svagt fald i eksportandel fra 1998, hvor 73% blev eksporteret. Der foregår ingen import af vindmøllekomponenter af kompositmaterialer.

Såvel produktion som salg af møller i Danmark har været kraftigt stigende op gennem 1990'erne, som det fremgår af figur 2.2. Der synes dog at have været en stagnation i hjemmemarkedet de seneste år.

Tabel 2.1

Forbrug af kompositmaterialer til produktion af kompositprodukter samt indhold af kompositmaterialer i færdigvarer solgt i Danmark 2000.

Produkt/komponent	Forbrug til produktion (tons komposit)	Tendens	Salg af færdigvarer i DK (tons komposit) *	Tendens
Møllevinger	23.000-32.900	Stigende	6.100-8.800	Stigende
Møllehuse mm.	1.300-2.000	Stigende	350-530	Stigende
I alt (afrundet)	24.300-34.900		6.500-9.300	

\* Salget med færdigvarer (møller) i Danmark er beregnet som 27% (hjemmemarkedsandel) af forbruget af råvarer til produktion fraregnet 8% produktionsaffald.

I vindmøllebranchen er der forskellige vurderinger af, hvor stor vækst branchen vil opleve.

### 2.2.3 Historisk udvikling

De første vindmøller med vinger af komposit dukkede op i slutningen af 1970'erne, og en større industriel produktion startede omkring 1980.

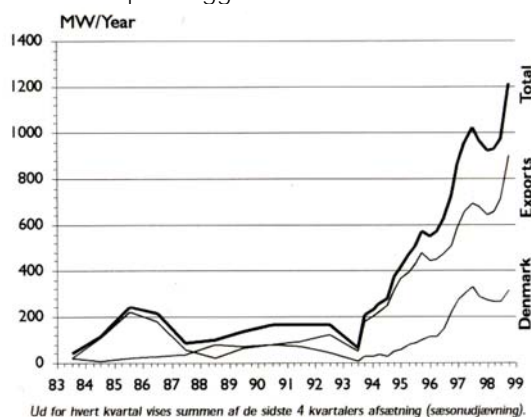
Udviklingen i produktion og afsætning på hhv. eksport- og hjemmemarkedet 1983-1998 fremgår af en statistik fra Vindmølleindustrien, som er gengivet i figur 2.2 (Vindmølleindustrien 1999). Den samlede kapacitet, som var installeret i 1983 var 20 MW, hvilket er mindre end salget alene i 1995. Salget er udtrykt i MW/år. Dette lader sig ikke umiddelbart omregne til kompositmateriale, da der gennem perioden er sket en udvikling i møllernes effektivitet. Energiproduktionen pr. rotorareal stiger således fra omkring 500 kWh/m<sup>2</sup>/år i 1980 til omkring 900 i slutningen af 1990'erne. Men figuren viser, hvor stor en del af produktionen der afsættes på hjemmemarkedet.

Som pejlepunkter for en omregning skønnes det på baggrund af oplysninger fra råvareleverandører, at der i 1985 i vindmølleindustrien anvendtes omkring 1.500-2.000 tons polyester, som kan omregnes til 3.000-4.000 tons komposit. Dette svarer til 12-16 tons komposit pr. MW. Med en produktion på 3.800 enheder med hver tre vinger skulle dette, hvis der regnes med at vingerne på dette tidspunkt udgjorde 100% af forbruget af komposit inden for vindmølleindustrien, svare til et gennemsnitligt indhold af komposit i en vinge på 260-

350 kg. Fra en førende vindmølleproducent er det oplyst, at vingerne i midten af 1980'erne i gennemsnit vejede 500-600 kg, hvoraf de 250 kg bestod i en stældorn (lang stålstang på langs af vingen). Vingerne indholdt således 250-350 kg kompositmateriale, hvilket indikerer, at det estimerede totalforbrug er rimeligt. I 1990 og 1998 var der et skønnet forbrug på hhv. 900-1200 tons og 6.000-7.000 tons polyester til produktion af kompositmaterialer. Hertil kommer i 1998 omkring 4.000 tons epoxybaseret kompositmateriale.

Figur 2.2

Salg af vindmøller fra danske producenter 1983-1998 (kilde: Vindmølleindustrien 1999). Kurven for eksport ligger over kurven for Danmark i alle år på nær 1988.



Der har gennem hele perioden været brugt kernemateriale, som har bestået af PVC, PMI eller balsatræ.

#### 2.2.4 Affaldsbortskaffelse

Bortskaffelsesmetoden for kompositaffald afhænger af teknologien på de lokale forbrændingsanlæg. Op mod 80% af produktionsaffald fra fremstilling af vinger baseret på polyester og alle forme sendes til deponi og resten til forbrænding. Produktionsaffald baseret på epoxy sendes udelukkende til deponi, da det aktuelt ikke kan håndteres på forbrændingsanlæggene. Der er en række forsøg i gang med andre former for bortskaffelse af produktionsaffald (se afsnit 4.3).

Store professionelle kunder og investorer stiller i dag spørgsmål til bortskaffelse og genanvendelsesmuligheder.

Levetiden for en vindmølle er mindst 20 år, som er den levetid, der garanteres af producenterne. Den faktiske levetid vil dog også afhænge af tilskudsordninger og energipolitik.

Et indgående statistisk materiale vedrørende nedtagning af møller er for nylig blevet udarbejdet af Energi- og miljødata (Energi- og miljødata 2000). Af møllerne opstillet i begyndelsen af 1980-erne (20 år gamle) er 25-30 % nu nedtaget, mens 4-10% (årsvariation) af møllerne opstillet i perioden 1984-1993 er nedtaget. Af 332 registrerede, nedtagne møller er gennemsnitsalderen 9,2 år, men der er meget stor spredning. Årsagen til at møllerne tages ned er (% angivelse på baggrund af møllernes effekt) havari (6%), defekt (6%), plads til nye møller (69%) og ukendt (19%). Af de nedtagne møller er ca. halvdelen skrottet (igen udtrykt i effekt), mens den anden halvdel er videresolgt. De videresolgte møller bliver enten genopstillet i Danmark eller eksporteret, især til Sverige og Østeuropa. Der henvises til Energi- og miljødatas publikation for flere detaljer.

Hovedårsagen til nedtagningen (regnet i effekt) er altså at opstille mere energieffektive møller på samme sted tilskyndet af afregningen for el. Ifølge oplysninger fra Energiministeriet er der ikke en direkte tilskudsordning, som giver støtte til at nedtage gamle vindmøller og sætte nye op, men der gives favorable afregningsvilkår for el produceret med de nye møller.

I år 2000 blev der bortskaffet ca. 80 vindmøller med samlet ca. 8 MW effekt. Udtrykt i antal møller er det omtrent en fordobling i forhold til de foregående to år. Hvis der regnes med, at der indgår 12-16 tons komposit pr. MW, svarende til møller produceret i 1985, kan det samlede kompositindhold i nedtagne møller estimeres til 100-130 tons. Der må dog regnes med, at der er en større usikkerhed på omregningen fra MW til tons kompositmateriale, og at usikkerheden på dette estimat er større end intervalbredden indikerer. En del af disse møller er blevet genopstillet (som nævnt er omkring halvdelen af alle nedtagne møller genopstillet).

På grundlag af modellen med levetidsfordeling (se bilag B) er de samlede mængder affald af kompositmateriale fra udtjente vindmøller i år 2000 beregnet til 64-320 tons. De faktiske mængder synes således at ligge i den lave ende af modellens forudsigelser, men dog stadig inden for det interval, der beregnes med modellen.

Der findes i dag ingen teknologi til genanvendelse af udtjente kompositprodukter, som er afprøvet i fuldskala, hvorfor vinger og møllehuse deponeres. Som omtalt i afsnit 4.3 er der de seneste år lavet pilotforsøg med alternative bortskaffelsesformer for vindmøllevinger.

## 2.3 Transportsektoren

### 2.3.1 Anvendelser

Inden for transportsektoren anvendes komposit til:

- Togdele
- Paneler til køletrailere, kølevogne, kølecontainere mm.
- Andre lastbiler, fx tankvogne til ørredtransport
- Bildele
- Campingtrailere, hestetrailere, tagbokse m.m.

Kompositmaterialer kan anvendes til hele den udvendige togbeklædning, og indvendigt anvendes materialerne især til førervognspult, trapper, gulve og wc-kabiner.

I togdele produceret i Danmark anvendes hovedsageligt en sandwichkonstruktion i dele til tag og front, hvor der kræves stor styrke. Basispolymeren består af polyester. Som armering anvendes glasfiber, hvis andel varierer fra 20-50% - gennemsnitligt regnes med 30%. Nogle gange anvendes kulfiber som armering. Kernematerialet består af PVC-skum (mest anvendt) eller balsatræ. Der tilsættes ATH (aluminiumtrihydroxyd) som brandhæmmer. I importerede tog kan der eventuelt være anvendt andre brændhæmmere. Det skal bemærkes, at der til indvendige togdele også bruges andre typer af laminater, som ikke er omfattet af denne undersøgelse.

Kompositmaterialer anvendes i stor udstrækning til isolerede paneler til køletrailere, kølevogne, kølecontainere mm. I det følgende vil de samlet omtales



som køletrailere, som vurderes at udgøre hovedparten. Til fremstilling af én køletrailer anvendes i størrelsesordenen 1,4 tons polyesterbaseret komposit, hvoraf 29% er glas. Sandwichkonstruktionen består af en glasfiberarmet polyestermatrix med en kerne af opskummet polyurethan, polystyren eller PVC. Polyurethan anvendes i 90% af tilfældene og PVC kun i få. Desuden bruges gelcoat af polyester og lim af polyurethan. Limen anvendes til bagsektionen til at lime skumblok og laminaer sammen og til at samle kasserne.

Der anvendes også kompositmaterialer i lastbiler med faste sider, men sammenlignet med køletrailerne drejer det sig om få enheder. Der er tale om en lettere isolering end i kølebiler, idet der anvendes stålplader belagt med plast.

Inden for bilbranchen anvendes komposit til blandt andet skærme og kofangere. Det forventes i branchen at stadig flere bildele vil blive udført i komposit. Der er ingen dansk produktion af bildele af komposit, og der er i projektet ikke indhentet oplysninger om sammensætningen af kompositmaterialer i importerede biler. Der er ingen oplysninger om eventuelle additiver som fx brandhæmmere i produkter til biler.

Trailere udføres i helstøbt glasfiber med forstærket polyesterbund, opbygget som sandwichkonstruktion på en stålramme.

### **2.3.2 Produktion og forbrug i Danmark**

Det samlede forbrug af kompositmaterialer til produktion i Danmark og det samlede indhold af kompositmaterialer i færdigvarer inden for transportområdet solgt i Danmark i 2000 fremgår af tabel 2.2. Som det ses, udgør køletrailere den største del af forbruget inden for anvendelsesområdet.

Der er en væsentlig produktion af togdele af kompositmaterialer i Danmark. Hele produktionen af togdele eksporteres til udenlandske togproducenter. Inden for de næste 3 år importeres 50 tog fra Tyskland. Hvert tog indeholder ca. 2,5 tons komposit. Desuden indkøbes 40 IC4 tog fra udlandet, der hver indeholder 1,5 tons komposit. Det svarer til, at der i alt importeres 185 tons komposit eller omkring 60 tons om året de næste tre år. Der er ikke foretaget en specifik opgørelse for år 2000, men forbruget af kompositmaterialer med tog anslås groft til 40-80 tons pr. år. Der har været en stigende tendens til brug af kompositmaterialer i tog.

Der findes én stor producent af isolerede paneler til køletrailere i Danmark, der dækker omkring halvdelen af hjemmemarkedet, mens det øvrige marked dækkes af mindre producenter og import. Indholdet af kompositmaterialer i køletrailere solgt i Danmark i år 2000 er anslået på grundlag af oplysninger fra den førende producent. De importerede køletrailere består af de samme materialer som de dansk producerede undtagen trailere fra én producent, som anvender stålaminat i form af stålplader belagt med plast.

Der er endvidere i Danmark en mindre produktion af andre typer af lastbiler, bl.a. baseret på importerede færdige laminaer.

Kompositmaterialer anvendes især i biler produceret i Frankrig og andre lande i det sydlige Europa. Det har ikke været muligt at lave en detaljeret opgørelse af mængderne af kompositmaterialer i biler solgt i Danmark i år 2000. En opgørelse fra den Europæiske Plastsammenslutning APME viser, at europæiske biler i gennemsnit indeholder 6 kg plastmaterialer i skærme og andre karosseridele (APME 1999). Delene er lavet af umættet polyester, polypropylen (PP)

og polyphenylether (PPE). Det er ikke nærmere oplyst hvor stor en del af dette, der udgøres af umættet polyester. Der blev i år 2000 nyregistreret 113.000 biler. Under antagelse af at de indeholdt 6 kg plastmaterialer i skærme og karrosseridele, svarer det til totalt 680 tons, hvoraf altså kun en del er baseret på polyester. Sammenholdt med uofficielle data om det samlede forbrug af polyester til bilindustrien i Europa er indholdet af kompositmaterialer i biler solgt i Danmark groft anslået til 50-500 tons.

Forbruget af kompositmaterialer til produktion af små trailere i Danmark er anslået ud fra oplysninger fra råvareleverandører. I mangel af præcise oplysninger om import/eksport er salget i Danmark skønnet at svare til produktionen i Danmark.

Tabel 2.2  
Forbrug af kompositmaterialer til produktion af transportmidler samt indhold af kompositmaterialer i færdigvarer solgt i Danmark 2000.

Produkt/komponent	Forbrug til produktion (tons komposit)	Tendens	Salg af færdigvarer i DK (tons komposit)	Tendens
Tog	120-250	Stigende	40-80	Stigende
Køletrailere 1)	1.300-2.200	Stabilt	1.100-1.800	Stabilt
Personbiler	-	-	100-500	Stigende
Tagbokse, trailere mm.	100-200	Stabilt	50-200	Stabilt
I alt (afrundet)	1.500-2.700		1.300-2.600	

1) En mindre mængde af dette anvendes til andre typer lastbiler.

### 2.3.3 Historisk udvikling

Der findes i dag ca. 80 IC3-tog i brug med en samlet mængde kompositmateriale på 80 tons. Indholdet af komposit i andre tog vurderes at være ubetydelige. Disse tog er indkøbt omkring begyndelsen af 1990'erne. Levetiden er mindst 30 år for udvendige togdele. Halvdelen af de indvendige togdele udskiftes ca. hvert 20. år, og levetiden kan nå op på 50 år.

I 1960'erne var der en udbredt brug af kompositmaterialer til karrosseridele til busser, bl.a. HT-busser og visse typer tog. Denne anvendelse faldt bort i løbet af 1970'erne.

Produktionen af køletrailere startede for 25-30 år siden med en produktion svarende til et forbrug på ca. 300 tons komposit pr. år. Udviklingen har fulgt konjunkturerne, og i 90'erne har der været et forbrug til produktion svingende mellem 1.000 og 2.000 tons komposit.

Det er ikke forsøgt at indhente oplysninger om det historiske forbrug med biler og campingtrailere/vogne.

Yderligere oplysninger om det historiske forbrug fremgår af afsnit 3.2.1 og bilag B.

### 2.3.4 Affaldsbortskaffelse

Inden for togbranchen har produktionsaffald i form af afskæring og forme traditionelt været sendt til forbrænding, mens fejlstøb indeholdende PVC er

blevet deponeret. Samlet er 80% blevet sendt til forbrænding og 20% deponeret. Inden for det seneste år har der været flere forsøg med alternativ bortskaffelse af affaldet. Producenterne af togdele møder i stigende grad spørgsmål og krav fra togfabriker i udlandet vedrørende bortskaffelse af udtjente produkter.

Den største producent af køletrailere i Danmark oplyser, at produktionsaffald fra fremstilling af isolerede paneler til kølebiler i form af afskær og fejlproduktion sendes til forbrænding. Forme består af metal og sendes til genanvendelse. I branchen for kølebiler møder man endnu ikke krav fra kunderne, men forventer snart at møde krav bl.a. i forbindelse med afsætning til det tyske marked, hvor der generelt er større krav til genanvendelse.

Levetiden for en køletrailer på de danske landeveje er ca. 15 år. En væsentlig del af de udtjente køletrailere bliver herefter eksporteret til Østeuropa, hvor de kører endnu nogle år. Der er dog en mindre del, som bliver skrottet i Danmark ved at blive neddelte og efterfølgende bortskaffet til forbrændingsanlæggene. Et mindre antal containere genbruges en årrække til noget helt andet, fx hønsehus.

Levetiden for bildele af komposit følger bilens levetid - det vil sige ca. 15 år, med mindre de beskadiges i forbindelse med uheld og udskiftes i utide. Bildele vil i dag langt overvejende ende i shredderaffald, mens skærme der skiftes må formodes at ende i brændbart affald sammen med andet plast fra autoværksteder.

Det er i affaldsprognoserne regnet med, at middellevetiden for hele transportområdet er 15 til 20 år. Der er i prognoserne ikke taget højde for, at en del af de udtjente køletrailere eksporteres, men prognoserne skal læses med dette forbehold for øje.

## 2.4 Den maritime sektor

### 2.4.1 Anvendelser

Produkter inden for den maritime sektor omfatter i det væsentligste:

- Joller, kanoer, kajaker og andre småbåde
- Større sejl- og motorbåde
- Krigsskibe
- Redningsudstyr
- Udstyr til offshore.

For fartøjernes vedkommende består skrog, dæk og overbygning af komposit. Inventar laves af andet materiale.

Der anvendes typisk en sandwichkonstruktion af polyester, glasfiber og en PVC-kerne. På udvalgte områder, som kræver stor styrke, anvendes også kulfiber. Glasindholdet er ca. 40%. En lille del af bådene fremstilles i epoxy-baseret komposit. Det drejer sig typisk om både, som fremstilles enkeltvis eller i små serier.

På basis af oplysninger fra råvareleverandører vurderes offshore at være et relativt lille anvendelsesområde for kompositmaterialer i Danmark, og kompositprodukter til offshore er ikke undersøgt nærmere. En del af de produkter,

der anvendes til offshore er med under profiler i afsnit 2.7. I Norge er offshoreområdet et af de væsentlige anvendelsesområder for kompositmaterialer.

## 2.4.2 Produktion og forbrug i Danmark

Det har vist sig vanskeligt at få detaljerede oplysninger om forbruget af kompositmaterialer i både fra aktører i branchen. Forbruget til produktion er anslået ud fra oplysninger fra råvareleverandører. Som det fremgår af opgørelsen i tabel 2.3 udgør større sejl- og motorbåde langt den største del af produktionen inden for sektoren.

Produktion, import og eksport af både fremgår af opgørelserne fra Danmarks Statistik, men der er tale om et broget marked med usikre statistiske oplysninger, så det har ikke vist sig muligt at anslå salget Danmark på denne baggrund. Hovedparten af de producerede både eksporteres, mens hovedparten af både, der sælges i Danmark, importeres.

Salget af både svinger fra år til år. Det er derfor forsøgt at lave et estimat på grundlag af forbruget til området over en lidt længere tidsperiode. Søsportens Brancheforening skønner, at der findes 55.000 aktive både og 10-15.000 passive både over 7,5 m (med overnatningsmulighed). Det skønnes endvidere at der er 250.000 aktive både og 30-40.000 passive både under 7,5 m (uden overnatningsmulighed). At bådene er passive betyder at de aktuelt ikke anvendes.

En båd på 7,5 m (25 fod) indeholder ca. 650 kg kompositmateriale. På basis af oplysninger fra bådproducenter skønnes den gennemsnitlige vægt af både over 7,5 m at være 0,9-1,4 tons, mens den gennemsnitlige vægt af de små både skønnes til 100-200 kg. Under disse forudsætninger kan den samlede mængde af kompositmateriale i bådene (såvel aktive som passive) anslås til 87.000-156.000 tons. Hvis det indledningsvis antages at disse både repræsenterer forbruget de seneste 35 år svarer det til et forbrug på 1.700-2.800 og 800-1.700 pr. år for henholdsvis store og små både.

Der har været en afmatning i salget af både siden begyndelse af 1990'erne, og det anslås derfor, at forbruget i 2000 har været mindre end gennemsnittet i de 35 år. På den baggrund er forbruget, som fremgår af tabel 2.3, groft anslået.

Forbruget med redningsudstyr, er groft anslået af forfatterne.

Tabel 2.3  
Forbrug af kompositmaterialer til produktion af produkter inden for den maritime sektor samt indhold af kompositmaterialer i færdigvarer solgt i Danmark 2000.

Produkt/komponent	Forbrug til produktion (tons komposit)	Tendens	Salg af færdigvarer i DK (tons komposit)	Tendens
Sejl- og motorbåde > 7,5 m	1.100-1.900	Svingende	600-2.000	Svingende
Joller, kanoer mm. <7,5 m	90-210	Svingende	300-1.000	Svingende
Redningsudstyr	<100	?	<100	?
I alt	1.200-2.200		900-3.100	

I år med leverancer til Søværnet bruges i størrelsesordenen 75-150 tons polyester om året til dette, som altså ikke påvirker det samlede forbrug. Der har ikke været nogen produktion til søværnet i 2000.

### **2.4.3 Historisk udvikling**

Produktionen af joller og sejlbåde startede i slutningen af 60'erne. Fra slutningen af 70'erne indtil kartoffelkuren i slutningen af 80'erne blev der anvendt i størrelsesordenen 2.000-3.000 tons polyester om året til produktion af både i Danmark. Forbruget med solgte både i Danmark var skønsomt det samme. I 1987, da produktionen begyndte at falde, blev der anvendt ca. 1.800 tons polyester, heraf 1.200 tons til produktion af store både.

Det anslåede akkumulerede forbrug til produktion af både i Danmark i perioden 1965-2000, jf. afsnit 3.2.1 og bilag B, er 75.000-118.000 tons, mens den samlede bestand af både, som nævnt ovenfor er estimeret at indeholde 87.000-156.000 tons. Under antagelse af, at der indtil nu kun er kasseret en ubetydelig mængde, er indholdet af kompositmaterialer i den aktuelle stand anvendt som udgangspunkt for at estimere det historiske salg af både, der bruges til beregning af affaldsprognoserne, der omtales nærmere i bilag B.

I år med leverancer til Søværnet bruges i størrelsesordenen 75-150 tons polyester om året til dette. Produktionen af Standard Flex både begyndte i midten af 80'erne og ophørte i starten af 90'erne. Det samlede indhold af kompositmateriale i de producerede både er af producenter skønnet til 1400 tons. I 1996-98 blev der produceret 4 minerydningsfartøjer (MSF'ere), som samlet indeholder 200 tons komposit. Indholdet i disse både er ubetydeligt i forhold til de samlede mængder i sejl- og motorbåde.

### **2.4.4 Affaldsbortskaffelse**

Det har kun været muligt at få meget begrænsede oplysninger om håndteringen af produktionsaffald fra produktion af både.

Levetiden for fartøjerne skønnes at være mindst 30 år. Levetiden forlænges mest muligt gennem reparation og vedligeholdelse, og for store både formodes levetiden at være betydeligt større. Få fartøjer bortskaffes tidligere på grund af brand.

Søsportens Brancheforening skønner som nævnt, at der findes 10-15.000 passive både over 7,5 m og 30-40.000 passive både under 7,5 m. Halvdelen af de passive både skønnes af brancheforeningen at være udtjente og burde skrottes. Bådene, der burde skrottes, indeholder skønsomt 4.500-10.500 tons komposit i store både og 1.500-4.000 tons i små både. Dette kan holdes op mod, at der i prognoserne udarbejdet i dette projekt for både regnes med, at der de næste ti år vil blive bortskaffet 870-8.400 tons kompositmateriale med store både og 2.500-10.100 tons med små både.

Det formodes, at de fleste større fartøjer deponeres efter brug, men det har ikke været muligt at finde konkrete eksempler på bortskaffede større både. Det kan ikke afvises at nogle både bortskaffes ved at blive sænket på havet, men en stor producent af både mener ikke, at denne praksis anvendes. I danske farvande vil sænkede både uvægerligt være til gene for fiskeriet, og det vurderes, at en sådan praksis, som også er ulovlig, næppe vil anvendes i et omfang så det får mærkbar indflydelse på affaldsmængderne.

Der er eksempler på småbåde, der deponeres, og på dele af småbåde, som bortskaffes til forbrænding. Det synes dog, at der indtil nu kun er bortskaffet relativt få både, og at mange både får lov at ligge passive i mange år.

## 2.5 Affalds- og spildevandsområdet

### 2.5.1 Anvendelser

Inden for affalds- og spildevandsområdet anvendes kompositmaterialer til:

- Kloakforinger
- Affaldscontainere
- Beholdere og afdækningsplader til renseanlæg
- Fittings og rør.

Kloakforinger anvendes til at forsyne rørledninger med en indvendig foring af kompositmateriale. Foringen foretages ved at en "strømpe" af polyesterfiber eller glasfiber imprægneret med polyester eller epoxy føres ned gennem den ene brønd og bliver krænget gennem røret frem til den anden brønd ved hjælp af trykluft, som også sørger for, at filtrøret tilpasser sig det gamle rør fuldstændigt. Derpå skal polyestern/epoxyen i strømpen hærde, hvilket for nogle polyestere foregår ved hjælp af varme (via damp eller vand) og for andre ved belysning (stærkt UV-lys). Det har ikke været muligt få præcise oplysninger om, hvor stor en andel fibre udgør af det færdige kompositmateriale, men det anslås groft som gennemsnit at udgøre 25-40%.

Affaldscontainere, herunder igloer til glas og papir, fremstilles af en laminatkonstruktion i en manuel laminering, hvor glasfiber smøres ind i polyester eventuelt i flere lag. Indholdet af glas udgør 33%. Der er tidligere anvendt blychromat til gule, orange og røde containere. Mindre affaldscontainere som anvendes i private husstande er oftest lavet af thermoplast.

Beholdere og fittings fremstilles i en laminatkonstruktion på basis af polyester. Som armering anvendes glasfiber, og glasprocenten udgør 35-60%. Additiver indgår i polyestern. En producent oplyser, at det inden for en 5 års periode forventes, at glas i stigende grad erstattes af hamp.

### 2.5.2 Produktion og forbrug i Danmark

Der foregår i Danmark en produktion af kloakforinger, hvor fiberstrømper præimprægneres med polyester eller epoxy. En del af produktionen eksporteres, mens der samtidig er en import af præimprægnerede fiberstrømper. Baseret på oplysninger fra en førende producent vurderes eksport og import stort set at opveje hinanden.

Der findes i dag en enkelt stor producent af affaldscontainere i Danmark. Forbruget til produktion er anslået ud fra oplysninger fra råvareleverandører. Eksport og import vurderes at være relativt beskedne, og indholdet af kompositmaterialer i produkter solgt i Danmark anses groft regnet at svare til produktionen.

Der er kun en lille produktion af rør, afdækningsplader m.m. i Danmark. Der foregår import fra Polen, Sverige og Finland af udstyr til spildevandsområdet.

Der er tale om mange produkter, og det samlede forbrug til disse andre anvendelser er anslået med meget stor usikkerhed.

Tabel 2.4

Forbrug af kompositmaterialer til produktion af kompositprodukter inden for affalds- og spildevandsområdet samt indhold af kompositmaterialer i færdigvarer solgt i Danmark 2000.

Produkt/komponent	Forbrug til produktion (tons komposit)	Tendens	Salg af færdigvarer i DK (tons komposit)	Tendens
Kloakforinger	2.700-5.000	Stigende	2.400-4.500	Stigende
Affaldscontainere	200-400	Stabilt	200-400	Stabilt
Afdækningsplader, rør mm	30-110	Stabilt	20-140	?
I alt (afrundet)	2.900-5.500		2.600-5.000	

### 2.5.3 Historisk udvikling

Brugen af kloakforinger startede i slutningen af 1970'erne. I midten af 1980'erne anvendtes der i størrelsesordenen 200-300 tons/år polyester til formålet stigende til ca. 500 tons/år ved slutningen af 1980'erne. Forbruget er steget kraftigt i de seneste år.

Produktionen af affaldscontainere startede for 30 år siden. Tidligere har der været flere producenter. Udviklingen i produktionen har fulgt initiativerne til affaldssortering inden for miljøområdet. I forbindelse med krav om sortering af papir og glas er der således udviklet igloer til papir og glas, som er henholdsvis brandsikre og støjdæmpede og farvet med genkendelige farver og symboler.

I starten af 80'erne blev der anvendt 150-250 tons polyester pr. år til produktion af affaldscontainere. Fra midten af 90'erne og frem til i dag er der anvendt 300-500 tons polyester pr. år. Det akkumulerede historiske forbrug på 3000-6000 tons (se bilag B) svarer til 70.000-125.000 affaldscontainere à 50 kg. En førende danske producent vurderer bestanden af affaldscontainere til at være væsentligt større, hvilket indikerer, at det historiske forbrug kan være underestimeret. Det har dog ikke været muligt at få antallet af containere nærmere bekræftet.

Yderligere oplysninger om det historiske forbrug fremgår af afsnit 3.2.1 og bilag B.

### 2.5.4 Affaldsbortskaffelse

Der er meget begrænsede mængder affald fra produktion af kloakforinger. Hovedparten af affaldet bortskaffes til cementproduktion. Produktionsaffald fra fremstilling af de øvrige produkter sendes til forbrænding eller deponeres. En producent oplyser, at fraklip af glas sendes til genanvendelse i Tyskland.

Generelt oplever de kontaktede producenter ikke kunderelaterede krav til bortskaffelse og genanvendelse af affald. Men kommunerne stiller spørgsmål til bortskaffelse af affaldscontainere.

Kloakforinger forventes at holde i mange år og antages ikke at dukke op som affald inden for den tidshorisont, der er dækket af dette projekt. Der er derfor

ikke indhentet oplysninger om eventuelle erfaringer med bortskaffelse af kloakforinger.

Producenter af affaldscontainere vurderer at produkternes faktiske levetid overstiger 25 år. Produkternes levetid forlænges gennem reparation og vedligeholdelse. En stor del af alle affaldscontainere fremstillet 25 år tilbage skulle således stadig være i brug. Dette er lidt i modsætning til vurderinger fra andre i branchen, der anslår at affaldscontainerne formentlig ikke holder meget mere end 10 år. Oplysninger fra affaldsselskaber indikerer, at de firkantede affaldscontainere er begyndt at dukke op som affald, hvorimod "igloerne" stadig ikke ses som affald. Hos nogle affaldsselskaber skæres udtjente affaldscontainere i mindre enheder på under 1 m<sup>2</sup> og sendes til forbrænding, mens jern tages fra til genbrug. Hos andre bliver containerne deponeret uden at blive adskilt.

## 2.6 Polyesterbeton og kunstmarmor

### 2.6.1 Anvendelser

Polyesterbeton og kunstmarmor anvendes til produktion af:

- Foderkrybber
- Rørkoblinger
- Afløbsrender
- Facadekomponenter
- Bordplader, vaske, underlagsplader og parasolfodder.

Polyesterbeton (eller polymerbeton) fremstilles i en konstruktionstype, som af en producent kaldes konglomerat, der består af gennemsnitligt 12-17% (gennemsnit 13%) polyester og fyldstoffer i form af kvarts og kalciumcarbonat. Polyesterbeton har normalt en sandstensagtig eller beige farve. Til facadekomponenter anvendes oftest en gråhvid farve, som kan være glat eller let sandblæst.

Kunstmarmor består af 15-20% polyester, hvori der er indlejret dolomit, granit m.m. som fyldstof. Produkter af kunstmarmor, der anvendes til bordplader, vaske m.m., ligner naturlige stenprodukter og kan have såvel en glat som en ru overflade. Brudstyrken for kunstmarmor er 2½ gange større end for beton.

### 2.6.2 Produktion og forbrug i Danmark

Der findes et større antal mindre producenter af de forskellige produkter. Op mod 1/3 del af det årlige forbrug er importerede produkter, og en tilsvarende andel eksporteres.

Baseret på oplysninger fra råvareleverandører skønnes det, at der årligt anvendes 1.000-1.500 tons polyester til produktion af alle produktgrupperne.

Det årlige forbrug af komposit med produkter solgt i Danmark vurderes samlet set at ligge på omkring 10.000 tons, og forbruget er for øjeblikket relativt stabilt.



Tabel 2.5

Forbrug af kompositmaterialer til produktion af polyesterbeton og kunstmarmor samt indhold af kompositmaterialer i færdigvarer solgt i Danmark 2000.

Produkt/komponent	Forbrug til produktion (tons komposit)	Tendens	Salg af færdigvarer i DK (tons komposit)	Tendens
Polyesterbeton	4.300-7.500	Svagt stigende	5.500-7.000	Svagt stigende
Kunstmarmor	2.300-4.300	Stabilt	2.000-4.000	Stabilt
I alt	6.600-11.800		7.500-11.000	

### 2.6.3 Historisk udvikling

Produktionen af kunstmarmor startede i begyndelse af 1980'erne med produktion af sofaborde, pejseplader og håndvaske. Forbruget toppede i perioden 1985-1995. Forbruget af polyesterbeton har været svagt stigende de seneste 20 år.

En producent skønner, at der samlet de sidste 15 år er blevet omsat 150.000 tons polyesterbeton og kunstmarmor, svarende til et gennemsnit på 10.000 tons om året, hvilket svarer godt til oplysninger om forbruget af polyester til området, som anvendes i estimaterne over det historiske forbrug i afsnit 3.2.1 og bilag B.

### 2.6.4 Affaldsbortskaffelse

En producent oplyser, at alt hærdet produktionsaffald sendes til genbrug, idet affaldet nedknuses og indgår i vejfyld. Det er ikke undersøgt, om det også er praksis hos de øvrige producenter.

Branchen oplever ingen spørgsmål eller krav fra kunder vedrørende affaldsbortskaffelse.

Polyesterbeton forventes at have en levetid på 100 år, dersom det ikke udsættes for mekanisk slid eller særligt aggressive kemikalier. I nogle miljøer er levetiden dog ikke mere end ca. 10 år. Det samme gælder for kunstmarmor, hvor der nærmere er tale om en æstetisk levetid, hvor produkterne bortskaffes, fordi de bliver umoderne.

Udtjente produkter vil typisk deponeres, og ofte sammenblandes de med andet byggeaffald i forbindelse med ombygning eller nedrivning.

## 2.7 Byggesektoren i øvrigt

### 2.7.1 Anvendelser

Kompositmaterialer optræder i byggebranchen - udover produkter af polyesterbeton - i følgende produkter:

- Badeværelser
- Profiler
- Klare tagplader
- Vægbeklædning.

Badeværelser af kompositmaterialer anvendes primært på hoteller, institutioner og i gamle ejendomme. Vægbeklædningen består af keramiske fliser, der er støbt ind i en bagbeklædning af glasfiber. Fliserne holdes på plads af polyester. Som kernemateriale mellem glasfiberpladerne i denne sandwichkonstruktion anvendes kalciumsilicatplader, der er specielt velegnet til vådrum. Andelen af glasfiber i sandwichkonstruktionen udgør ca. 30%.

Profiler anvendes inden for byggesektoren til eksempelvis vinduer i vinduesrammer, men der anvendes også profiler inden for mange andre brancher til opbygning af målerskabe, karosseriopbygning, riste til rensningsanlæg, bjælker til vindmølevinger samt trapper og broer til offshore. Profilerne består af en laminatkonstruktion. En større producent i Danmark anvender pultrudering som produktionsproces, som foregår ved, at mætter af glasfiber vikles omkring kernen af en form, hvorefter polyester pumpes ind i formen. Når produktet er hærdet, trækkes det ud af formen. Der anvendes i mindre grad phenol (ca. 5%), der har bedre brandtekniske egenskaber.

Klare tagplader af fiberarmeret polyester anvendes typisk sammen med bølgeeternit på steder, hvor der ikke er så store krav til klarhed i tagpladerne. Klare tagplader til terrasser og havestuer og klare kupler til ovenlys er i dag typisk lavet af PVC eller acrylplast.

Vægbeklædninger anvendes muligvis i et vist omfang, men der er tale om importerede produkter, der ikke er hentet nærmere oplysninger ind om.

## 2.7.2 Produktion og forbrug i Danmark

Omsætningen af badeværelser på det danske marked skønnes at være 50 tons pr. år. En stor producent af badeværelser oplyser, at 50% eksporteres. Der sker ingen import.

Forbruget af komposit til profiler og forbruget med færdigvarer er groft skønnet ud fra oplysninger fra råvareleverandører og producenter. Det oplyses, at der importeres meget små mængder inden for denne produktgruppe.

Der er ingen dansk produktion af klare tagplader af komposit, men en begrænset import, som er anslået ud fra oplysninger fra en førende importør.

Tabel 2.6  
Forbrug af kompositmaterialer til produktion af produkter inden for byggesektoren (ekskl. polyesterbeton) samt indhold af kompositmaterialer i færdigvarer solgt i Danmark 2000.

Produkt/komponent	Forbrug til produktion (tons komposit)	Tendens	Salg af færdigvarer i DK (tons komposit)	Tendens
Badeværelser og andre bygningsdele	300-600	Varierende	30-70	Varierende
Profiler	1.200-2.300	Stigende	480-1.150	Stigende
Klare tagplader	-	-	50-150	Stabilt
Vægbeklædning	?	?	?	?
I alt (afrundet)	1.500-2.900		560-1.400	

### **2.7.3 Historisk udvikling**

I 60'erne og 70'erne blev der fremstillet ca. 5.000 badeværelser med ca. 250 kg komposit i hver, svarende til en samlet mængde på 1.250 tons.

Produktionen af profiler har fundet sted i mere end 20 år. Det har ikke været muligt at få oplyst mængder omkring den historiske udvikling, men det skønnes, at forbruget før 1990 var ret beskedent.

I opgørelserne over det historiske forbrug, som fremgår af afsnit 3.2.1, er forbruget til bygning og sanitet (ekskl. ovenlys, som er opgjort for sig) i mangel af mere præcise oplysninger slået sammen til én kategori.

Produktionen af ovenlysvinduer og klare kupler af glasfiberarmeret polyester toppede i 1970'erne. Senere er en stor del af anvendelserne blevet erstattet af produkter af PVC og acryl.

Der har tidligere været en produktion af ventehuse til busstoppesteder. Produktionen toppede i 1970'erne, men husene ses stadig mange steder i landet. Se i øvrigt afsnit 3.2.1 og bilag B.

### **2.7.4 Affaldsbortskaffelse**

Et badeværelse regnes for at have en levetid på 30 år, idet kundesegmentet er mindre modfikseret. Badeværelset kan moderniseres ved at klæbe nye fliser uden på de eksisterende.

Produktionsaffald fra fremstilling af profiler forbrændes, og større emner over 1 m<sup>2</sup> samt glasfiber og udhærdet polyester deponeres. Forme genbruges. Andelen af affald til forbrænding kan øges ved forudgående nedknusning. Der forsøges med formaling af nedknust materiale med henblik på at genanvende det som fyldstof i nye produkter.

Kunderne stiller i dag ingen spørgsmål eller krav til genanvendelse af udtjente profiler. Profilernes levetid er ca. 25-30 år. Levetiden kan forlænges ved overfladebehandling. Andre produkter har en levetid på mellem 10-15 år.

## **2.8 Andre anvendelser**

### **2.8.1 Anvendelser**

Der findes en lang række andre anvendelser af kompositmaterialer, hvoraf skal nævnes:

- Industritanke, jordtanke og landbrugssiloer
- Flagstænger
- Svømmebassiner, spabade, legeredskaber m.m.
- Tagdækning og redekasser til minkfarme
- Skorstensforinger
- Diverse militære anvendelser
- Småanvendelser som stolesæder, hjelme, bandager m.m.

Som tidligere omtalt anvendes der også kompositmaterialer i elektroniske og elektriske produkter, men disse anvendelser er ikke dækket af denne kortlægning.

Industritanke anvendes til opbevaring af kemikalier. Jordtanke bruges som oftest til olie og landbrugssiloer til opbevaring af foder.

Tanke, siloer, skorstensforinger og stolesæder produceres i en laminatkonstruktion bestående af polyester og glasfiber. Glasprocenten varierer mellem 40 og 50% for tanke og siloer. Andelen af glasfiber i stolesæder er ca. 25%, og der indgår kridt som fyldstof.

Stolesæder af kompositmateriale har været udbredt på stadions, men er på vej ud af markedet til fordel for sprøjtetøbte emner.

Kompositmaterialer kan anvendes til forskellige militære formål, eksempelvis i form af raketrør. Disse anvendelser (bortset fra flådefartøjer i afsnit 2.4) er ikke nærmere undersøgt, og det er ikke forsøgt at estimere, hvor store mængder der omsættes med disse anvendelser.

### **2.8.2 Produktion og forbrug i Danmark**

Forbruget til produktion inden for de forskellige anvendelsesområder er skønnet på baggrund af oplysninger fra råvareleverandører.

Tanke, siloer m.m. produceres hos én større producent og flere mindre (eller producenter, hvor dette produktområde udgør en mindre del). Der er en væsentlig import hovedsageligt fra Italien. Udviklingen i produktionsvolumen forventes at være uændret.

Produktion og forbrug af flagstænger har været relativt stabilt i en årrække. Der er en mindre import og eksport, som antages i store træk at opveje hinanden.

Inden for skorstensforinger er markedet mindre gennemskueligt, og der importeres en del produkter. Det samlede forbrug vurderes dog at være relativt lille og indgår i tabellen under "andet".

Der er en række producenter i Danmark af spabade, legeredskaber m.m. Import og eksport er ikke undersøgt nærmere, men antages for den samlede gruppe at opveje hinanden. For "andet" er import/eksport heller ikke undersøgt nærmere. For at tage højde for anvendelser som ikke er beskrevet er salget af andre varer anslået med relativ stor usikkerhed.

Tabel 2.7

Forbrug af kompositmaterialer til produktion af kompositprodukter under "andre anvendelser" samt indhold af kompositmaterialer i færdigvarer solgt i Danmark 2000.

Produkt/komponent	Forbrug til produktion (tons komposit)	Tendens	Salg af færdigvarer i DK (tons komposit)	Tendens
Tanke og siloer	480-810	Stabilt	300-900	Stabilt
Flagstænger	270-430	Stabilt	270-430	Stabilt
Legeredskaber, svømmehaller mm	30-70	Stabilt	30-70	?
Udstyr til minkfarme	10-30	Stabilt	10-30	?
Andet	70-200	?	70-500	?
I alt (afrundet)	860-1.500		680-1.900	

### 2.8.3 Historisk udvikling

De første tanke og siloer blev produceret i Danmark i starten af 70'erne. Produktionen har gennemsnitligt ligget på 500 enheder om året. Produktionen af landbrugssiloer er konjunkturafhængig og har således været faldende i 80'erne og stigende i 90'erne. I begyndelsen af 1970'erne var der et boom i forbruget til belægning af olietanke grundet lovkrav om belægning af udendørs olietanke med glasfiberarmeret polyester. Denne anvendelse er ganske beskeden i dag, hvor den hovedsageligt udgøres af belægning af tanke til tankstationer. Der skønnes af en førende producent, at der findes 20-25.000 tanke og siloer i Danmark. Heraf er der ca. 1.500 store enheder, der hver vejer ca. 2 tons, og resten er små enheder med en vægt på ca. 300 kg. Desuden skønnes der at være ca. 20.000 jordtanke. Dette svarer i runde tal til 20.000 tons. Det akkumulerede historiske forbrug, jf. bilag B, er estimeret til 15.000-36.000 tons.

Produktion og brug af flagstænger af kompositmaterialer startede i 1960'erne, og forbruget har været relativt stabilt de seneste 20 år.

Produktionen af stolesæder har fundet sted siden 60'erne. Det er ikke muligt at sige noget om, hvordan produktionen til det danske marked har udviklet sig.

I opgørelserne af det historiske forbrug i afsnit 3.2.1 og bilag B er en lang række af disse produkter slået sammen i én kategori.

### 2.8.4 Affaldsbortskaffelse

For de undersøgte produkter gælder, at alt produktionsaffald forbrændes. De kontaktede producenter oplever ingen krav fra kunder vedrørende bortskaffelse og genanvendelse af affald.

For tanke og siloer er levetiden ifølge producenter 30-40 år. Produkternes levetid forlænges gennem reparation og vedligeholdelse. Det er almindeligt, at brugte tanke og siloer, der er over 20 år gamle, sælges videre til forholdsvis høje priser og genbruges direkte. Som følge af stormskader eller andre ulykker bortskaffes årligt ca. 5 siloer. Udtjente produkter bortskaffes ved at skære dem i stykker til enheder på under 1 m<sup>2</sup> og sende dem til forbrænding. Desuden må det formodes, at mindre tanke bliver deponeret. Efter endt brug er det almindelig procedure, at jordtankene fyldes med sand og forbliver i jorden.

For stolesæder er levetiden over 30 år. Der findes stadig produkter i brug, som blev produceret i 60'erne.

Affaldsbortskaffelse af de øvrige produkter er ikke nærmere undersøgt.

## 3 Affaldsmængder 2000-2020

I det følgende estimeres de aktuelle og fremskrevne mængder af kompositaffald fra produktionen af kompositprodukter i Danmark. Disse mængder sammenholdes med de forventede mængder af kompositaffald fra udtjente produkter i perioden 2000-2020.

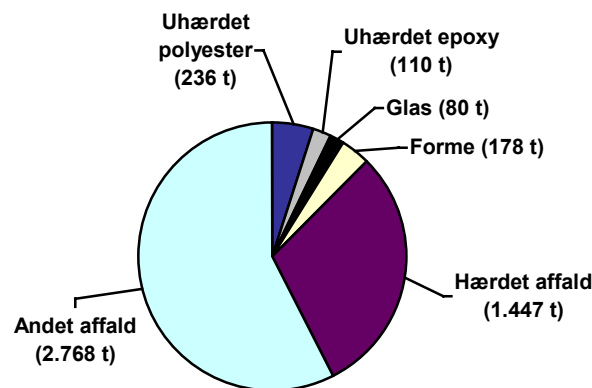
Det skal bemærkes, at såvel affald af udtjente produkter som produktionsaffald er meget heterogent, og at der derfor ikke nødvendigvis kan anvendes samme bortskaffelsesmetoder for alle affaldsfraktioner. Ved en vurdering af de potentielle mængder af affald, der kan bortskaffes med en given metode, er det derfor nødvendigt at se nærmere på sammensætningen af de enkelte affaldsfraktioner.

### 3.1 Produktionsaffald

Plastindustrien i Danmark har i 1998 lavet en indgående analyse af, hvor store mængder produktionsaffald der dannes ved produktion af kompositprodukter, og hvorledes dette affald bortskaffes. Undersøgelsen har omfattet medlemsvirksomhederne, som repræsenterer omkring 80% af produktionen af kompositmaterialer i Danmark. Mængderne af affald fremgår af figur 3.1. Gruppen "Andet affald" omfatter emballage m.m. Det skal bemærkes, at også affald fra produktion af elektriske og elektroniske komponenter indgår i opgørelsen.

Figur 3.1

Affald fra produktion af kompositmaterialer i 1998. I opgørelsen indgår også affald fra produktion af elektriske og elektroniske produkter.



Undersøgelsen er som nævnt tre år gammel og omfatter ikke alle producenter i Danmark. I forbindelse med denne undersøgelse er der derfor for at opdatere opgørelsen indhentet nye oplysninger fra syv af de største producenter i Danmark.

Det har ved opdateringen vist sig vanskeligt at få oplysninger der passer direkte ind i den opdeling, som blev anvendt ved den tidligere undersøgelse.

Det er endvidere fundet hensigtsmæssigt at opdele kompositaffaldet i lidt andre fraktioner.

Da de udarbejdede opgørelser af affald ikke dækker alle producenter er det valgt på grundlag af opgørelserne at skønne de samlede mængder af kompositaffald fra produktionen i år 2000 som følger:

- Ca. 2.400 tons hærdet affald inkl. forme (ekskl. epoxy prepreg og polyesterbeton/kunstmarmor)
- 610 tons epoxy prepreg (delvist hærdet)
- Ca. 500 tons polyesterbeton og kunstmarmor.

I alt drejer det sig således om ca. 3.500 tons. Af de 2.400 tons hærdet affald er der kun specifikke oplysninger om omkring 1.950 tons, mens det groft er skønnet, at der herudover vil kunne være omkring 450 tons fra virksomheder, der ikke er oplysninger om.

Hertil kommer - som i 1998 undersøgelsen - en mindre mængde glas og uhærdet polyester og epoxy.

Uhærdet polyester/epoxy og rent glas indgår ikke i sammenligningen, da det formodes, at bortskaffelsen af disse fraktioner i højere grad vil følge sine egne veje. Disse affaldsfraktioner er dog også vigtige at have for øje, når man samlet ser på mulighederne for nye måder at bortskaffe produktionsaffald på.

Mængden af produktionsaffald af polyesterbeton er på grundlag af oplysninger fra en enkelt større producent beregnet som 5% af den mængde, der anvendes i produktionen.

Det er vanskeligt at forudsige udviklingen i mængderne af kompositaffald, fordi affaldsmængderne ikke kun er afhængig af produktionsvolumen, men også de anvendte produktionsmetoder. Der er således en tendens til, at der produceres mindre affald af hærdet komposit, når der bruges lukkede vakuforme fremfor åbne forme. Da der er en tendens hen imod brug af lukkede forme, må der derfor forventes, at de relative affaldsmængder vil være faldende. Da der samtidig forventes en stigning i produktionsvoluminet, er der i prognoserne i afsnit 3.3 regnet med en stigning i affaldsmængderne på 5% om året de kommende 5 år. Herefter er det ikke muligt at sige noget om, hvorledes udviklingen vil gå, og mængden af produktionsaffald regnes derfor groft at stagnere.

I de udarbejdede prognoser i afsnit 3.3 er der for perioden 1990 til 1998 i mangel af mere præcise oplysninger taget udgangspunkt i opgørelsen fra 1998 og regnet med, at forholdet mellem mængder af produktionsaffald har fulgt udviklingen i produktionsvoluminet gennem perioden.

Det skal bemærkes, at det hærdede affald er meget inhomogent og omfatter mange typer af affald fra små stumper af afskær til hele vindmøllevinger. I forbindelse med mere præcise vurderinger af, hvor store mængder affald der vil være til rådighed for forskellige former for alternativ bortskaffelse, vil det være nødvendigt at lave mere præcise opgørelser af enkeltfraktioner som eksempelvis kan være "mindre stykker afskær af hærdet glasfiberarmeret polyester".



## 3.2 Udtjente produkter

For at kunne beregne, hvor store affaldsmængder der kan forventes at dukke op de kommende år, er det nødvendigt for hvert anvendelsesområde at kende det historiske forbrug i Danmark og produkternes forventede levetider.

### 3.2.1 Historisk forbrug

Til brug for affaldsprognoserne er indholdet af kompositmaterialer i produkter solgt i perioden 1965-2000 anslået. Der findes ikke noget statistik materiale, hvoraf det historiske salg af kompositprodukter i Danmark sikkert kan udledes.

Indholdet i færdigvarer er derfor skønnet i tre trin:

- Forbruget af plastråvarer til produktion i Danmark er skønnet ud fra oplysninger fra råvareleverandører.
- Forbruget af komposit til produktion er skønnet ud fra forbruget af plastråvarer ved at skønne, hvor meget plastråvarerne udgør af det samlede kompositmateriale.
- Indholdet af kompositmaterialer i produkter solgt på det danske marked (kan også betegnes "forbruget med færdigvarer") er skønnet ud fra oplysninger om produktionen, ved at skønne hvor stort hjemmemarkedet er sammenlignet med produktionen.

#### ***Forbrug af plastråvarer til produktion***

Forbruget af polyester er skønnet på baggrund af oplysninger fra tre personer (fra tre forskellige leverandører), som har leveret råvarer til branchen i 25-35 år. Forbruget af epoxy er skønnet ud fra oplysninger fra en enkelt producent, der udgør langt hovedparten af forbruget, samt oplysninger fra én leverandør af epoxyråvarer.

Opdelingen i undergrupper er ikke så detaljeret som i det foregående kapitel, da der for flere produktgrupper kun har kunnet opnås oplysninger om samlede grupper. Opdelingen er således bestemt af, hvilke grupper det har været muligt at få oplysninger om. I opgørelsen indgår således enkelte produktgrupper, der mængdemæssigt ikke er af den store betydning, men som der er indhentet oplysninger om i den forventning, at de mængdemæssigt var af større betydning.

De tre leverandører har for udvalgte år - 1965, 1975 osv. - givet et bud på det totale forbrug af polyester, og hvorledes dette forbrug fordelte sig på de forskellige anvendelsesområder. Det totale forbrug af polyester er tidligere vist i figur 2.1 i afs. 2.1.1. Oplysningerne blev suppleret med oplysninger om udviklingen i produktionen inden for de enkelte anvendelsesområder, eksempelvis ved at indhente oplysninger om udviklingen i forbruget til kølecontainere fra en førende producent.

På basis af alle disse oplysninger er forbruget til produktion skønnet for hvert 5. år ved at sammenholde oplysningerne og vurdere, hvordan alle oplysninger bedst passer sammen. Forbruget i de mellemliggende år er for alle anvendelser - på nær vindmøller - beregnet med simpel interpolation. For vindmøller er der, som det fremgår af bilag B, taget udgangspunkt i statistisk materiale med

opgørelser for hvert år. For at tage højde for den usikkerhed, der er på vurderinger, er alle mængder angivet som et interval mellem en skønnet minimum- og en maksimumværdi. De underliggende data fremgår af samlede tabeller i bilag B.

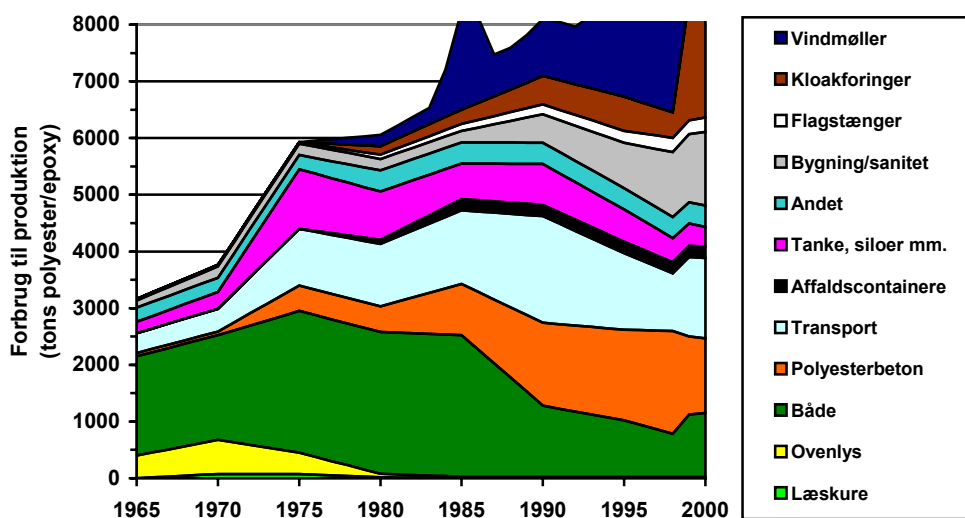
Det samlede forbrug af plastråvarer (polyester og epoxy) opdelt på anvendelsesområder fremgår af figur 3.2. For bedre at kunne se udviklingen for de mindre anvendelsesområder og samtidig sammenligne med figur 3.3, der viser forbruget af kompositmaterialer, er det valgt at vise figuren i to versioner. I den ene figur er det øverste af figuren beskåret, for at de mindre anvendelsesområder bedre ses.

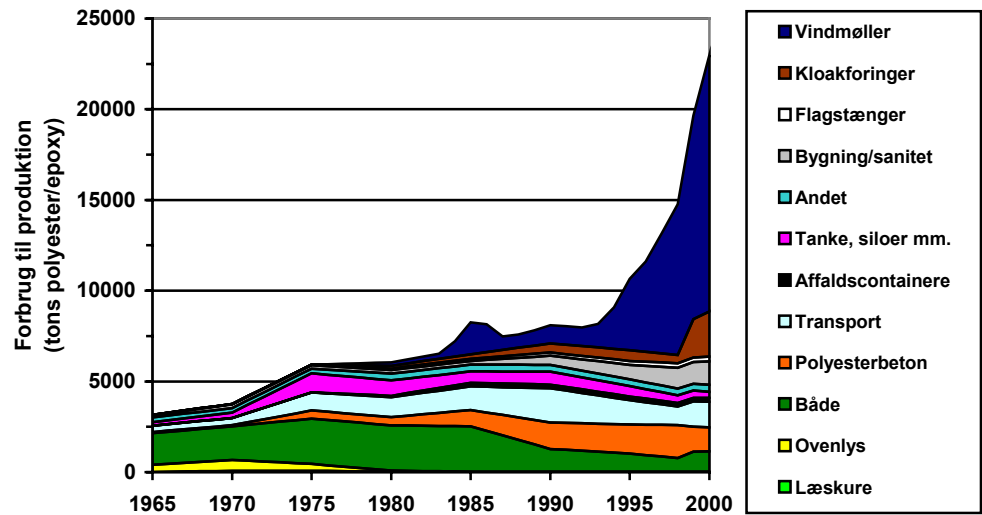
### **Forbrug af kompositmaterialer til produktion**

I figur 3.3 er det samlede forbrug af kompositmaterialer til produktion i Danmark angivet. På alle figurerne dækker "polyesterbeton" også kunstmarmor.

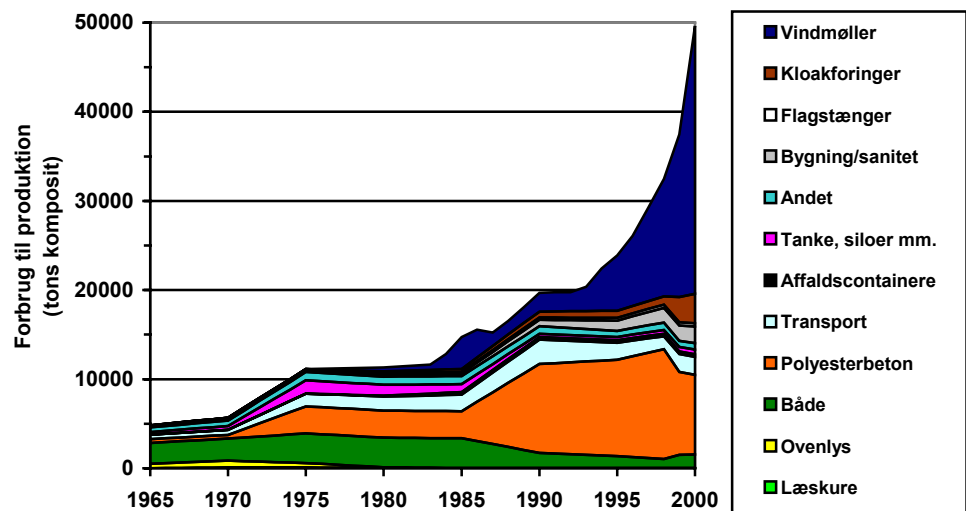
Mellem de to figurer er der lavet en omregning fra plastråvare til kompositmateriale, som er baseret på vurderinger af, hvor stor en del plastråvaren udgør af det samlede materiale. Vurderingen er baseret på oplysninger fra råvareleverandører og nuværende producenter af kompositprodukter i Danmark. De anvendte estimater for det gennemsnitlige indhold af plastråvarer i kompositmaterialerne fremgår for hvert anvendelsesområde af bilag B.

Figur 3.2  
Forbrug af plastråvarer til produktion af kompositprodukter i Danmark 1965-2000 (middelværdier i det anslåede interval). To figurer med forskellig skala.





Figur 3.3  
Forbrug af kompositmaterialer til produktion i Danmark 1965-2000 (middelværdier i det anslåede interval).



### ***Indhold i færdigvarer solgt i Danmark***

Da der sker import og eksport af produkter indeholdende kompositmaterialer, vil der være en forskel mellem mængden af kompositmaterialer, der indgår i produktion i Danmark, og den mængde, der indgår i færdigvarer solgt og brugt i Danmark (forbruget med færdigvarer).

Det er dette indhold af kompositmaterialer i færdigvarer solgt i Danmark, som skal bruges til at lave affaldsprognoser, og som derfor er det mest interessante. Til gengæld er det også vanskeligere at få data om omsætningen af kompositmaterialer med færdigvarer, fordi der er tale om et meget stort antal forskellige produkter, og der er mange aktører på markedet.

Indholdet af kompositmaterialer i færdigvarer solgt i Danmark er derfor - med undtagelse af produkter nævnt neden for - groft skønnet ud fra ovenstående oplysninger og oplysninger fra producenter af produkterne i Danmark. Producenter i Danmark har i et vist omfang kunnet skønne størrelsen af hjemmemarkedet i forhold til produktion. Eksempelvis skønnes det, at salget af produkter af polyesterbeton stort set svarer til produktionen i Danmark. Det betyder, at importen svarer til eksporten, men der er ikke nærmere taget stilling til, hvor stor importen og eksporten er. Generelt har det ikke været muligt at få præcise historiske oplysninger om importens og eksportens størrelse.

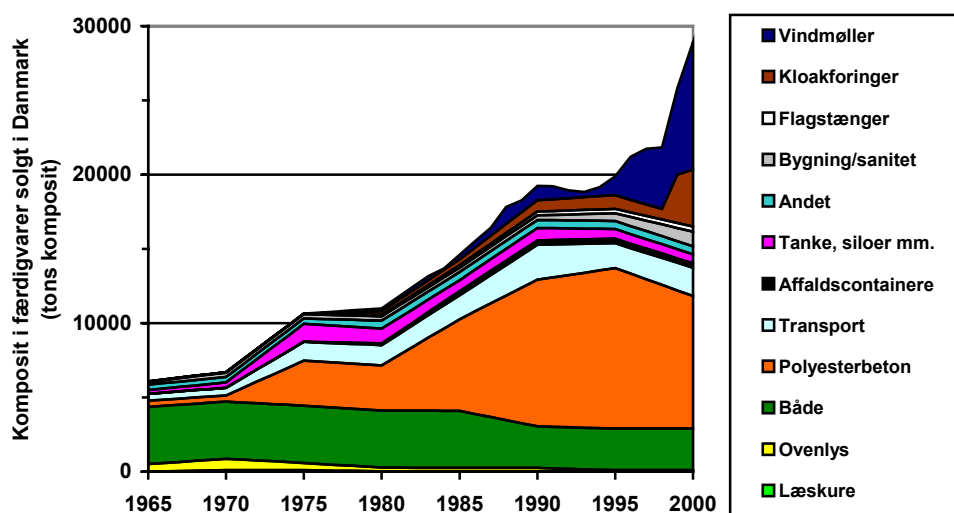
Mængden af kompositmaterialer i vindmøller solgt i Danmark er estimeret ud fra statistisk materiale om salget af vindmøller (se afsnit 2.2.3), mens salget af både er estimeret på grundlag af oplysninger om den nuværende bestand af både (se afsnit 2.4.3).

I figur 3.4 er den estimerede mængde vist (som middelværdier). Forudsætninger og underliggende talmateriale med angivelse af den skønnede usikkerhed fremgår for hver anvendelsesområde af bilag B.

Forbruget vil naturligvis være svingende fra år til år, men da produkterne har lang levetid og relativt flade levetidsfordelinger, vil årlige udsving ikke kunne ses på det samlede resultat. Det som har betydning for affaldsprognoserne er, at de samlede forbrugsmængder over ti-års perioder er nogenlunde rigtige. Det er derfor ikke bestræbt at gøre figurerne pæne og afrundede, men lade estimerterne fremstå lige så grove, som de er.

På grund af produkternes lange levetid får forbruget af kompositprodukter i perioden 2000-2020 ikke nogen væsentlig indflydelse på mængderne af affald fra udtjente produkter i samme periode. Det er derfor ikke forsøgt at lave mere præcise prognoser for udviklingen i salg af færdigvarer. Salget er derfor for alle produkter holdt på 2000-niveauet gennem hele perioden.

Figur 3.4  
Kompositmaterialer i færdigvarer solgt i Danmark 1965-2000 (middelværdier i det årlige interval).



### 3.2.2 Levetidsfordelinger

Produkter af kompositmaterialer har en meget lang levetid, og for mange anvendelsesområder er der endnu ikke kasseret produkter i nævneværdig grad. Der findes derfor ikke noget statistisk materiale, som de samlede levetidsfordelinger vil kunne baseres på.

Levetiden af et produkt er afhængig af en række faktorer:

- Den fysiske levetid af centrale komponenter
- Muligheder og incitament for at reparere eller genbruge produktet
- Udvikling i produkternes design og brugernes smag
- Udvikling i produkternes teknik og formåen.

Den fysiske levetid af kompositmaterialer er meget lang, og da materialerne er relativt nemme at reparere, vil det for en lang række af de produkter, hvor kompositmaterialerne indgår, ikke være kompositmaterialerne, der vil være bestemmende for produktets samlede levetid. Som eksempel vil levetiden af sofaer af kunstmarmor være stærkt afhængig af udviklingen i brugernes smag, mens levetiden af vindmøller til dels vil afhænge af udvikling i produkternes teknik og formåen, som påvirker incitamentet for at udskifte en gammel mølle med en nyere og mere effektiv.

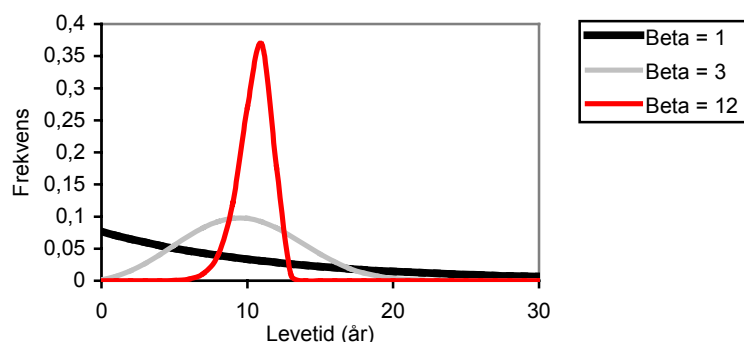
Som udgangspunkt for beregninger af levetidsfordelinger er der på baggrund af oplysninger fra producenter og leverandører af produkter skønnet hhv. 0,1, 0,5 og 0,9-fraktilen i levetidsfordelingerne, hvilket vil sige:

- 0,1-fraktilen er den alder, hvor de første 10% af produkterne er kasseret
- 0,5-fraktilen er hvad man vil betragte som den typiske levetid for produkterne
- 0,9-fraktilen er den alder, hvor der stadig er 10% af produkterne tilbage

På basis af skønnene for disse fraktiler er der lavet en kontinuær levetidsfordeling.

Som model for levetidsfordelinger for enkeltkomponenter eller apparater anvendes ofte den såkaldte Weibulfordeling. Weibulfordelingen er bestemt af to parametre:  $\alpha$  og  $\beta$ . Parameteren  $\alpha$  anvendes indirekte til at angive den typiske levetid, idet  $\alpha$  altid er 0,632-fraktilen i fordelingen, mens formparameteren  $\beta$  bestemmer om fejlraten er stigende, konstant eller faldende samt hvor stejl levetidsfordelingen vil være omkring den typiske levetid. Fordelinger med samme  $\alpha$  og tre forskellige formparametre er vist i figur 3.5.

Figur 3.5  
Levetidsfordelinger med  $\alpha = 12$  år og formparameteren  $\beta$  på hhv. 1, 3 og 12.

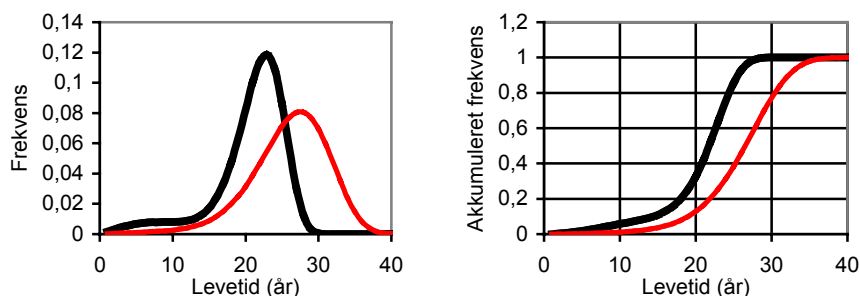


Som det fremgår, ligner Weibulfordelingen - når formparameteren er over 1 - på mange måder en normalfordeling. Weibulfordelingen har modsat normalfordelingen dog de egenskaber, at den ikke antager negative værdier og er asymmetrisk omkring middelværdien, hvilket giver mulighed for en lang "hale" som repræsenterer produkter, som har en meget længere levetid end den typiske levetid. Til visse produkttyper, hvor levetidsfordelingen skønnes at være mere asymmetrisk, er det valgt at anvende en model, hvor levetidsfordelingen fremkommer som en sum af to Weibulfordelinger.

For at tage højde for den usikkerhed, der er på levetidsfordelingerne, er der for hver produkttype anslået to fordelinger (min. og maks.) mellem hvilke den rigtige fordeling antages at befinde sig. Yderligere detaljer omkring beregningen fremgår af Bilag B.

De anvendte minimums- og maksimumslevetidsfordelinger for vindmøller er vist i figur 3.6. Baggrunden for fordelingerne fremgår af bilag B. I den venstre figur, der viser frekvensen, kan man aflæse, hvor stor en del af møllerne der vil bortskaffes i de enkelte leveår. Eksempelvis topper fordelingen omkring det 22. år, hvor 12% tages ud af drift. I den højre figur kan man læse den akkumulerede frekvens, dvs. hvor stor en del af møllerne der samlet er taget ud af drift før det pågældende år. Begge levetidsfordelinger er sammensat af to Weibulfordelinger. Hovedparten af møllerne antages at have en levetid relativt tæt på den typiske levetid, men der vil erfaringsmæssigt være enkelte møller som af forskellige grunde nedtages selv efter kort levetid, fx pga. havari. Usikkerheden med hensyn til levetidsfordelingen er således dels knyttet til spørgsmålet om, hvor længe møllerne typisk vil være i drift, dels til spørgsmålet om hvor mange af møllerne, der af usædvanlige grunde tages ud af drift.

Figur 3.6  
Anvendte levetidsfordelinger for vindmøller.



Levetidsfordelinger for de øvrige produktgrupper fremgår af Bilag B.

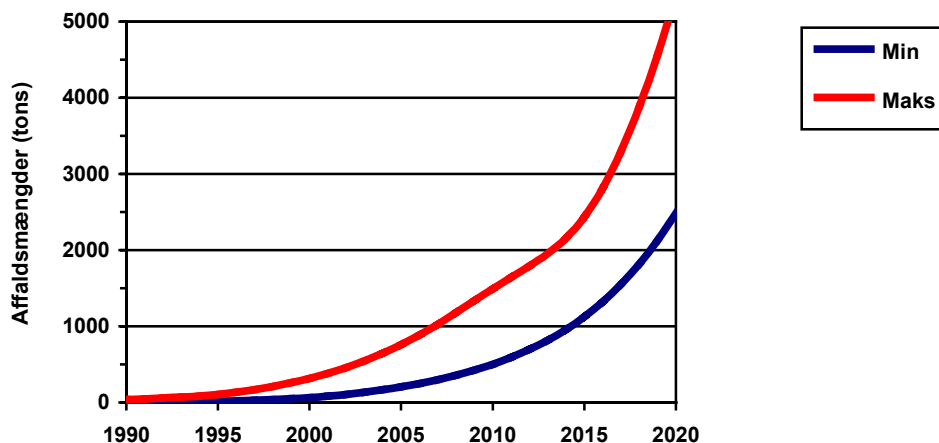
### 3.2.3 Affald af udtjente produkter 2000-2020

Prognoser for mængder af kompositaffald er beregnet ved at gange det historiske forbrug med levetidsfordelingerne. Detaljerne omkring beregningen fremgår af bilag B.

Der er ved prognoserne ikke taget stilling til, hvordan affaldet faktisk bortskaffes. Dvs. både der sænkes på havet, eller tanke der efterlades i jorden, indgår også i de angivne mængder.

Som eksempel er den estimerede minimum og maksimum prognose for vindmøller vist i figur 3.7.

Figur 3.7  
Kompositaffald fra udtjente vindmøller 2000 - 2020.



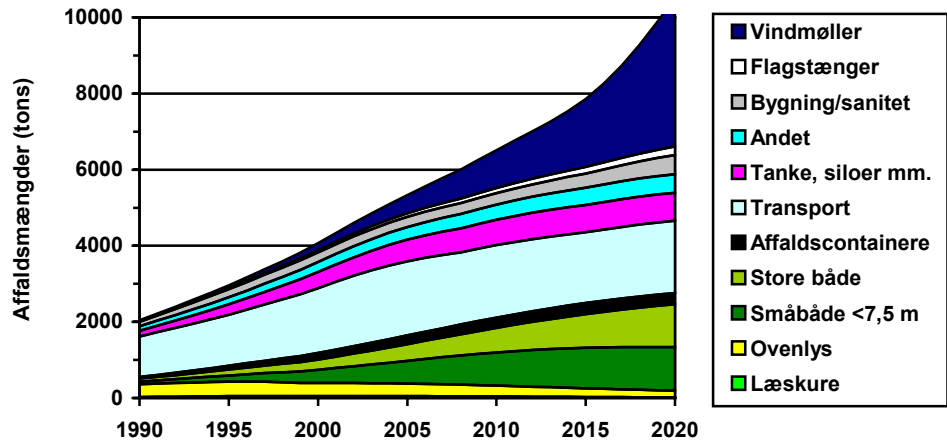
### 3.3 Samlede affaldsmængder 2000-2020

Prognosen for de samlede affaldsmængder fra udtjente produkter fremgår af figur 3.8, der er baseret på middelprognerne (dvs. værdien midt mellem min. og maks.). Affald af polyesterbeton og kunstmarmor er ikke med i opgørelsen, da dette affald er forskelligt fra affaldet fra de øvrige produkter. På grund af det lille indhold af polyester er brændværdien af polyesterbeton/kunstmarmor væsentligt mindre end af de andre kompositmaterialer. Samtidig anvendes der i polyesterbeton/-kunstmarmor sten som armering i stedet for fibre. Det vurderes derfor, at det er hensigtsmæssigt at betragte disse materialer særskilt, uden at det dermed udelukkes, at der vil kunne findes bortskaffelsesmuligheder, der både omfatter polyesterbeton/kunstmarmor og fiberarmerede kompositmaterialer. Prognoser for polyesterbeton og kunstmarmor fremgår af bilag B.

For bedre at kunne se detaljerne på figuren er det valgt at skære figuren, så affald af vindmøller kun ses delvist. Som det fremgår af prognoserne for de enkelte produktgrupper i bilag B, er der en ganske stor usikkerhed på prognoserne. Den samlede mængde affald af udtjente produkter i år 2000 er således beregnet til at ligge inden for intervallet 1.700-6.400 tons. Det største bidrag synes at komme fra transportsektoren. Dette skyldes, at der gennem mange år har været et væsentligt forbrug til dette formål. Grundet produkternes relativt korte levetid vil de komme som affald før andre produktgrupper som fx små og store både. Kompositdele i biler ender i shredderaffald og ses ikke direkte i affaldssektoren. Der er i modellen ikke taget højde for, at hovedparten af de udtjente køletrailere eksporteres og ikke bliver skrottet i Danmark. Når de alligevel er taget med i prognosen, er det fordi de repræsenterer en potentiel affaldsmængde, som med en ændret praksis vil skulle bortskaffes her i landet.

Prognoserne viser, at der i de kommende 20 år må forventes en stigning i de samlede mængder af kompositaffald fra udtjente produkter på omkring mellem 3 og 6 gange i forhold til mængderne i dag (henholdsvis maksimum- og minimumprognose). De største bidrag til denne stigning formodes at komme fra udtjente vindmøller, tanke og siloer samt både.

Figur 3.8  
 Prognose for af udtjente kompositprodukter 2000 - 2020 (middel prognose).



For at kunne sammenligne med de forventede mængder af produktionsaffald er minimum- og maksimumprognoserne vist sammen med det forventede kompositaffald fra produktionen i figur 3.9 og figur 3.10.

Mængderne af kompositaffald fra produktionen udgøres for år 2000 af "hærdet affald", forme af kompositmaterialer og "prepreg af epoxy" ekskl. affald fra produktionen af polyesterbeton/kunstmarmor. Der er regnet med en stigning i mængden af produktionsaffald på 5% for perioden 2000-2005, hvorefter mængden i mangel af realistiske udviklingsmodeller er sat til at stagnere. Det skal bemærkes, at det ikke er sikkert at mængderne af produktionsaffald følger udviklingen i produktionsvolumen fordi nye produktionsmetoder resulterer i mindre mængde affald.

Produktionsaffaldet består ligesom affaldet af udtjente produkter af mange forskellige affaldstyper varierende fra afklip og afskær til hele vindmøllevinger. Der vil således være dele af produktionsaffaldet (fx vindmøllevinger) der håndteringsmæssigt er mere sammenligneligt med de udtjente produkter end med andre dele af produktionsaffaldet.

Det er ret usandsynligt at enten minimum- eller maksimumprognosen skulle være den rette for alle produktgrupper, og det må forventes, at den virkelige udvikling i affaldsmængderne bedst beskrives med noget ind imellem de to prognoser. Det bemærkes, at forholdet mellem de forskellige anvendelsesområder godt kan være væsentligt forskelligt fra begge fordelinger vist her, idet minimumprognosen eksempelvis kan være den rette for et anvendelsesområde, mens maksimumprognosen er den rette for et andet.

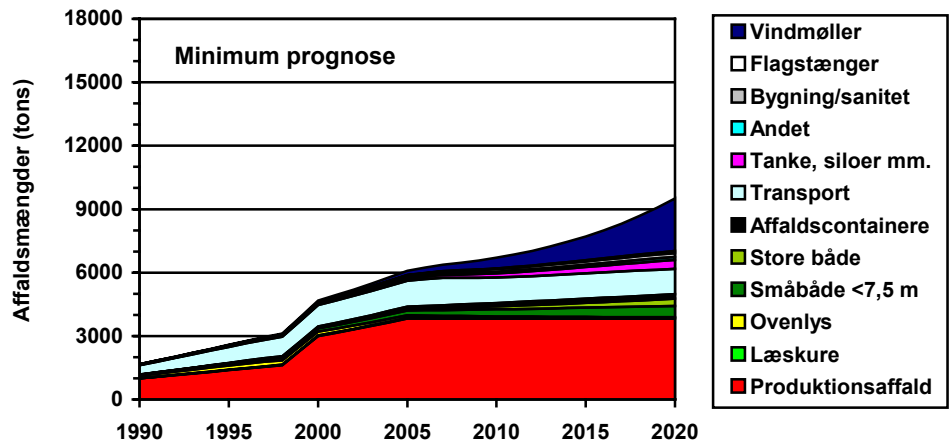
For år 2000 er der samlet for alle områder - på nær transport - næsten en faktor 10 mellem minimum- og maksimumprognosen.

De samlede mængder af affald af udtjente produkter er for hhv. 2000, 2010 og 2020 beregnet til hhv. 1.700-6.400, 2.900-10.100 og 5.700-15.300 tons kompositmaterialer.



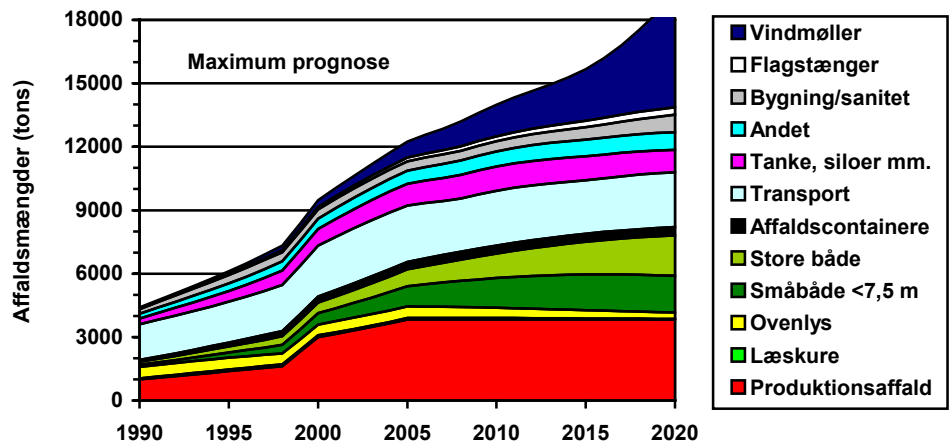
Figur 3.9

Prognose for samlede mængder af kompositaffald 2000-2020 (minimum prognose for udtjente produkter). Der er antaget en stigning i mængderne af produktionsaffald på 5% pr. år i perioden 2000-2005.



Figur 3.10

Prognose for samlede mængder af kompositaffald 2000-2020 (maksimumprognose for udtjente produkter). Der er antaget en stigning i mængderne af produktionsaffald på 5% pr. år i perioden 2000-2005.





# 4 Håndtering af kompositaffald

## 4.1 Bortskaffelse af produktionsaffald

Kompositaffald fra produktionen af kompositprodukter bliver i dag - med få undtagelser - deponeret eller bortskaffet til forbrænding.

Hærdet affald af glasfiberarmeret polyester bliver afhængig af teknologien i de lokale affaldsforbrændingsanlæg forbrændt eller deponeret.

Affald på basis af epoxy "prepreg" bliver alt sammen deponeret, da det aktuelt ikke kan håndteres i forbrændingsanlæggene.

Affald fra produktionen af polyesterbeton, som for mere end 80%'s vedkommende består af sand og sten, bliver i et vist omfang nedknust og anvendt som vejfyld.

En lille mængde kompositaffald indgår i de igangværende forsøg med alternative bortskaffelsesformer, som omtales i det følgende.

## 4.2 Bortskaffelse af udtjente produkter

Udtjente produkter af kompositmaterialer er så småt begyndt at dukke op i affaldssektoren.

En rundspørge til seks affaldsselskaber har bekræftet tilstedeværelsen af følgende produkter i affaldet: Udtjente vindmølevinger, affaldscontainere, joller eller dele af joller, klare tagplader og plastkupper, vægbeklædning, tagbokse, bildele som skærme og frontplader, bokse til redningsbåde, campingvogne og campingtrailere. Der har ikke været eksempler på tanke, siloer eller læhuse, men det kan være, fordi disse bortskaffes direkte til deponi og ikke får samme opmærksomhed som produkter, der bortskaffes til affaldsforbrænding. Polyesterbeton og kunstmarmor, som umiddelbart fremstår som sten, må formodes at blive bortskaffet med byggeaffald eller ikke-brændbart storskrald til deponi. Det generelle indtryk er, at der kun ses få af de store kompositprodukter.

Ingen af de adspurgte affaldsselskaber har udarbejdet særlige retningslinier for kompositmaterialer.

Hos nogle af affaldsselskaberne sendes mindre kompositprodukter som vægbeklædning og tagplader sammen med andet affald gennem en balleteringsmaskine og kompositprodukterne forbrændes efterfølgende. Der har ikke været problemer med at presse kompositmaterialerne. På ét anlæg knuses kompositprodukterne til stykker på 30-50 cm, inden de indføres i ovnen. Hos andre selskaber frasorteres og deponeres de kompositprodukter, som man bliver opmærksom på. Mindre dele kan dog sammen med blandet affald følge med til forbrænding. Vindmølevinger bliver i alle tilfælde deponeret.

Kompositmaterialer i biler og andre mindre køretøjer vil ved fragmenteringen af køretøjerne i dag ende i shredderaffald, som deponeres. Ved udskiftning af

skærme eller andre dele af kompositmaterialer, vil kompositmaterialerne bortskaffes sammen med andet brændbart affald.

Der er fundet eksempler på mindre både, som deponeres, og at dele af både er blevet bortskaffet til forbrænding. Der er ikke fundet eksempler på bortskaffelse af større både, som må forventes enten at skulle deponeres eller knuses i mindre dele. Både vil eventuelt kunne blive sænket på havet ved at fylde sten i båden og lave et hul i bunden, men denne bortskaffelsesform formodes ikke at finde sted for større både i danske farvande.

Olietanke med skal af kompositmateriale bliver ofte, når de tages ud af brug, fyldt med sand og efterladt i jorden.

Ét affaldsforbrændingsanlæg har erfaringer med at kul fibre, som er elektrisk ledende, kan give problemer, ved at de sætter sig i det elektrostatiske filter og kortslutter det. Erfaringerne er gjort med afbrænding af produktionsaffald indeholdende kul fibre. Kul fibre fremstilles ved temperaturer omkring 3.000°C, hvor der sker en grafitisering af fibrene (Jensen et al. 2000), hvilket indikerer at fibrene ikke vil brænde væk ved de temperaturer, som findes i et forbrændingsanlæg. Problemer med kul fibrenes ledende egenskaber kendes også fra håndtering af fibrene i produktion, hvor man skal være opmærksom på ikke at få støv indeholdende fibre i elektrisk og elektronisk udstyr. Erfaringerne peger på, at tilstedeværelsen af kul fibre skal indgå i overvejelserne ved undersøgelser af mulighederne for alternativ genanvendelse.

Videncenter for Affald og Genanvendelse har på grundlag af henvendelser fra affaldsselskaber udarbejdet et notat vedrørende forbrænding af kompositprodukter (RenViden 2001). I notatet vurderes brændværdien af kompositmaterialerne at ligge på 15-20 MJ/kg, hvilket er højere end den gennemsnitlige brændværdi for forbrændt affald i Danmark, som ligger på 10-11 MJ/kg. På grund af den høje temperatur, som kan opstå, hvis store kompositdele brændes, vil neddeling og blanding med andet affald være påkrævet ved forbrænding i konventionelle anlæg. Neddelingen er således ikke kun et spørgsmål om at få produkterne transporteret ind i ovnen, men også at få fordelt det brændbare materiale og dermed undgå, at der opstår for høje temperaturer i dele af ovnen.

Ved forbrændingen ender glasset i slaggen. Målt i forhold til den indfyrede mængde er slaggeandelen relativt høj, 0,5 kg slagge pr. kg komposit (i forhold til typisk 0,2 kg/kg affald). Målt i forhold til indfyret effekt (RenViden 2001) er slaggeandelen dog kun lidt over gennemsnittet. Glasset har muligvis en positiv effekt på slaggen ved at øge stabiliteten af slaggen og mindske udvaskningsraterne for tungmetaller og andre stoffer. Det har af personer i affaldsbranchen været påpeget, at et fald i affaldets relative indhold af glas har resulteret i mindre stabile slagger. Den glastype, der anvendes til fibre, har en smeltetemperatur på ca. 1400°C (Jensen et al. 2000), hvilket muligvis indebærer at fibrene ikke smelter under forbrændingen. Dette skal dog undersøges nærmere, inden der drages sikre slutninger.

#### 4.3 Alternative bortskaffelsesmuligheder

Der er foreslået en række muligheder for alternativ bortskaffelse af kompositaffald. For flere af disse muligheder har der været foretaget indledende forsøg i Danmark og i udlandet. Kun de danske erfaringer vil blive kort beskrevet i det følgende.

De foreslåede muligheder kan groft opdeles i tre kategorier:

- Nedknusning samt genanvendelse af det nedknuste kompositmateriale
- Termisk genanvendelse med direkte udnyttelse af fibrene i et nyt produkt
- Pyrolyse med efterfølgende udnyttelse af fibrene i nye produkter.

#### **4.3.1 Anvendelse af nedknust kompositmateriale**

Der er foreslået flere muligheder for at genanvende nedknust kompositmateriale.

##### ***Kerne- og pladematerialer***

Indledende forsøg har vist at nedknust kompositmateriale muligvis kan anvendes som funktionelt kernemateriale i kompositprodukter i stedet for PVC-skum eller balsatræ. Der har været foretaget de første forsøg med anvendelse af plader af nedknust kompositmateriale som kernemateriale i kølecontainere (Andersen 2001). Plastindustrien har primo 2001 i forbindelse med et forprojekt om fremstilling af miljømæssigt bedre plastprodukter foreslået igangsættelse af et udviklingsprojekt, som har til formål at udvikle konkrete anvendelser af nedknust komposit som kernemateriale. Det vil i projektet i første omgang forsøges at anvende dette kernemateriale til mindre krævende konstruktioner, som fx maskinhuse til vindmøller. Resultater fra et større nordisk projekt med at undersøge de fysiske/tekniske egenskaber af sandwichkonstruktioner med nedknust komposit som kernemateriale er bl.a. for nylig sammenfattet i en artikel i den norske plastbrancheforenings blad (Nilsen & Remlo 2001).

Der findes i dag plader produceret af genanvendt polyurethan, som bl.a. også kan indeholde glasfibre, som anvendes til en række formål. Lignende pladematerialer vil formentlig kunne produceres af nedknust kompositmateriale. Pladematerialerne af polyurethan kan ifølge produktanvisninger anvendes til en lang række formål: Lastbilopbygninger, køletrailere, bæreplader til parketgulve, sandwichpaneler, udvendige og indvendige beklædninger i byggeriet m.m. (Andersen 2001).

Kompositprodukter, der indeholder stål og træ, vil ikke kunne anvendes til sådanne plader, da stål vil kunne ruste og træ rådne.

##### ***Transportørslag***

Der har været foretaget forsøg med at anvende nedknust komposit ved at indkapsle det mellem 2 tekstillag som erstatning for transportørslag. Transportørslag er ca. ½ mm tykke porøse lag som ved vakuumformning af kompositprodukter sikrer, at polyesteren bliver fordelt over hele produktet.

##### ***Polyesterbeton***

En foreslået mulighed er at anvende det nedknuste materiale i polyesterbeton.

##### ***Andre anvendelser***

Der er en række udenlandske erfaringer med anvendelse af nedknust materiale, bl.a. til afstivende ribbeforstærkningsbånd til siloer af kompositmateriale.

### 4.3.2 Pyrolyse med efterfølgende udnyttelse af fibre

Pyrolyse er en termisk proces, hvor der ikke sker en umiddelbar forbrænding af materialet, men i stedet en forgasning ved omkring 500°C med efterfølgende afbrænding af gassen. Da gassen er relativt ren, er der generelt mindre udgifter til røggasrensning end ved konventionel forbrænding af affald. Ved de temperaturer som pyrolysen foregår ved, vil glasfibre i kompositmaterialer ikke smelte. Pyrolyse har endvidere den fordel, at der til processen kan anvendes relativt små anlæg.

Der er flere forsøg i gang med pyrolyse af kompositaffald i Danmark.

#### ***Pyrolyse af vindmølevinger***

Firmaet Nordisk AeroForm ApS gennemfører med støtte fra Energistyrelsen for øjeblikket et udviklingsprojekt, der bygger på pyrolyse af glasfibre-materialets polymer-plast, med efterfølgende forbrænding af pyrolysegassen og udnyttelse af varmeenergien (Grove-Nielsen 2001). Der er udført pilotforsøg i muffelovn og bestemt brændværdier for de pågældende plasttyper. En 6 meter lang forsøgsovn er nu færdigbygget, hvori en hel 5 meter vinge skal pyrolyseres i sommeren 2001.

Med metoden kan mindre vinger behandles i fuld længde, mens større vinger evt. skal opskæres i mindre stykker. Større rustfri ståldele i rod- og tipdel fjernes inden pyrolysen. Under processen undergår glasfibrene ingen fysiske forandringer, og de smelter ikke. Derfor kan glas materialet mekanisk separeres effektivt fra fyldstoffer, farvepigmenter og andre materialer. Glasrettes forventes af firmaet at kunne indgå som lødigt råmateriale i produktion af nye glasfibre.

#### ***Pyrolyse af produktionsaffald***

I et andet projekt, der udføres af NLM-Combineering Aps i samarbejde med flere producenter af kompositprodukter, er det planen i efteråret 2001 at gennemføre forsøg med pyrolyse af forskellige former for produktionsaffald. Der vil blive udført forsøg med både hærdet kompositaffald og uhærdet epoxy prepreg. Den anvendte metode er udviklet af firmaet Organic Power Technology, hos hvem forsøgene skal udføres (Jørgensen 2001). Forud for forgasningen skal affaldet presses i baller af omkring 1 meters størrelse. Det er planen at undersøge mulighederne for at kunne bruge glasresten (glasbruddet) som råvare til produktion af glasuld.

### 4.3.3 Termisk genanvendelse med direkte udnyttelse af fibre

Med henblik på at kunne kombinere termisk genanvendelse med en direkte udnyttelse af glasfibrene som sekundær råvare for et produkt er der inden for det seneste år gjort forsøg med at anvende kompositaffald til produktion af cement.

#### ***Cementproduktion***

Der er gennemført en række forsøg med anvendelse af kompositaffald til produktion af cement. Erfaringer fra Aalborg Portland A/S viser, at kompositmaterialerne skal granuleres til stykker på 20-25 mm, som blæses ind i cementovnen (Christensen 2001). Neddelt til denne størrelse er der ingen problemer med at udnytte kompositmaterialerne. Kernemateriale af PVC er for øjeblikket ikke ønsket, fordi det kan give problemer med for høje klor-koncentrationer ved produktionen. I løbet af et års tid vil der blive installeret et såkaldt klor-

bypass-system, som mindsker niveauet af klor på gasform ved at suge støv, hvortil klorret er bundet, ud af ovnen. Når dette system er installeret, skulle der ikke være problemer med kernematerialer med PVC. Der er ingen problemer med balsatræ.

Kompositmaterialer vil skulle anvendes som råvare til produktion af "grå cement", og der forventes ikke at være problemer med et eventuelt indhold af pigmenter. Der forventes heller ikke særlige problemer med udnyttelse af kompositmateriale fra udtjente produkter.

Det er materialernes energiindhold som er interessant i produktionen. Glasset indgår i det færdige produkt, hvor det substituerer strandsand. Strandsand betragtes dog ikke som en begrænset ressource for produktionen.

Forsøgene med brug af kompositmateriale har vist, at det især er neddelingen af materialet, som umiddelbart volder problemer. Nogle forsøg med at bruge Aalborg Portlands eget neddelingsanlæg faldt dårligt ud, og på nuværende tidspunkt påhviler det producenterne af affaldet at få det neddelt.

### ***Mineraluldsproduktion***

Udover produktion af cement har det været foreslået at anvende kompositaffald til produktion af isoleringsmateriale af mineraluld, men der har endnu ikke været foretaget forsøg med at udnytte kompositmaterialerne til produktion af mineraluld. Hos Rockwool A/S har man ingen erfaringer med at udnytte kompositmaterialer, men udnytter eget produktionsaffald og visse typer industriaffald, eksempelvis støbesand (Lambertsen 2001). Produktionsaffald neddeles og formes til briketter med ler eller cement som bæremateriale (til at holde briketterne sammen). Hvis kompositmaterialer skal anvendes på en lignende måde, skal det formentlig neddeles til en kornstørrelse svarende til grus eller finere.

PVC kan som bekendt være et problem i relation til dioxin dannelse, men der er i forvejen klorkilder i virksomhedens råvarer og opmærksomhed på dioxindannelse, og PVC vil derfor skulle vurderes konkret i forhold til andre klorkilder. For ikke at risikere usikkerheder i forhold til at holde produktets specifikationer og holde styr på emissioner fra processen vil det i første omgang formentlig kun være relevant at anvende veldefineret produktionsaffald.

# Referenceliste

- Andersen, Poul Erik, Barsmark A/S, Aalborg. Personlig oplysning, juni 2001.
- APME 1999. Plastics. ***A material of choice in the automotive industry.***
- Tommy Christensen, Aalborg Portland A/S, Aalborg. Personlig oplysning, maj 2001.
- DS 1980-2000. ***Varestatistik for industrien*** og ***Udenrigshandelen fordelt på varer og lande***. Danmarks Statistik, København.
- Energi- og miljødata 2000. ***Nedtage vindmøller***. Upubliceret notat.
- Grove-Nielsen, Erik, Nordisk AeroForm ApS, Roslev. Personlig oplysning, juni 2001.
- Jensen, B., J. Johansen, K. Karbæk, P. Kjærsgård, A.B. Rasmussen & T.B. Rasmussen. 2000. ***PlastTehnologi***. Erhvervsskolernes Forlag, Odense.
- Jørgensen, P.E., NLM-Combineering Aps., Eskilstrup. Personlig oplysning, juni 2001.
- Lambertsen, Elin, Rockwoll A/S, Hedehusene. Personlig oplysning, maj 2001.
- Nilsen R. & H. Remo. 2001. ***Resirkulert herdeplast som tilsetning i sandwich-opbygte produkter***. Plastforum nr. 3, 2001 : 24-27.
- RenViden 2001. Forbrænding af glasfiber. Interview med T. Hulgård, Viden-center for Affald og Genanvendelse. RenViden 2:2001.
- Vindmølleindustrien. 1999. Windpower Note no. 22. Vindmølleindustrien, København.



# Bilag A

## Kontaktede virksomheder og organisationer

Virksomheder, som indgår i Plastindustriens opgørelse af produktionsaffald fra 1998, men som ikke er kontaktet i dette projekt, er ikke nævnt.

Affaldskraftvarmeværket, Kolding	Monomex A/S, Ringsted
Affaldsregion Nord I/S, Vojens	NEW-COAT A/S, Lyngø
Amagerforbrænding I/S, København	NLM-Combineering Aps, Eskilstrup
Ashland Danmark A/S, Kolding	Nordisk AeroForm Aps, Roslev
Arla/Viking A/S, Esbjerg	Per Aarsleff A/S, Åbyhøj
BACH Glasfiber ApS, Hurup Thy	Plastindustrien i Danmark, København
Barsmark A/S, Aalborg	Poca Glasfiber A/S, Hedensted
CBI Engineering A/S, Frederikssund	Polysan A/S, Ringe
CEFIC, Bruxelles	R.B. Container Viborg A/S, Viborg
Dansk Eternit A/S, Aalborg	Reichhold Danmark A/S, Kolding
Dansk Sejlunion, København	Reno-Fyn, Nyborg
Danyard Aalborg A/S, Aalborg	Renordvest I/S, Lemvig
DKI Plast A/S, Glumsø	Rockwool A/S, Hedehusene
EM Fiberglas A/S, Hornslyd	R 98, København S
Energi- og Miljødata, A/S, Aalborg	Scandi-Aqualine A/S, Varde
ESØ90 I/S, Tarm	Siplast A/S, Svendborg
Fiberline Composites A/S, Kolding	Søsportens Brancheforening, København
Haahr Industriplast A/S, Gesten	TubeTec Glasfiber A/S, Støvring
Hallkvist Trading ApS, Hellebæk	Vestas Wind Systems A/S, Ringkøbing
Icom Composites A/S, Kolding	Videncenter for Affald og Genanvendelse, Virum
Jupiter Plast A/S, Bogø By	Vindmølleindustrien, København
Krone-Wabash A/S, Kjellerup	X-Yachts Produktion ApS, Lunderskov
LM Glasfiber A/S, Lunderskov	Aalborg Portland A/S, Aalborg
Monofiber A/S, Herlev	



# Bilag B

## Datablade med baggrundsdata for prognoser af affaldsmængder

I det følgende bilag præsenteres baggrundsdata for de udarbejdede prognoser for affaldsmængder.

Dataene er hovedsageligt præsenteret som figurer. For den interesserede læser er det muligt at se dataene bag figurerne ved i den elektroniske Microsoft WORD version af rapporten at klikke på figurerne (kræver at Microsoft Graph er installeret på maskinen).

Her følger en samlet gennemgang af beregningsprincippet. En del står også i hovedrapporten, men er gentaget her for at lave en samlet beskrivelse.

Som omtalt i hovedrapporten anvendes der Weibulfordelinger som model for levetidsfordelingerne. Se nærmere forklaring i hovedrapporten.

For nogle af produkterne er levetidsfordelingen sammensat af to fordelinger, som i de følgende tabeller angives som Type 1 og Type 2. Hvor meget de to fordelinger vægter i den samlede fordeling er i tabellen angivet med "Andel", mens parametrene i Weibulfordelingerne er angivet som "alpha" ( $\alpha$ ) og "beta" ( $\beta$ ). De sammensatte fordelinger fremgår for hver anvendelse af den første figur, figur B.x.1 (hvor x er det pågældende afsnit i dette bilag).

Som udgangspunkt for levetidsfordelingerne er 0,1, 0,5 og 0,9-fraktilen i fordelingen anslået. Disse fraktiler fremgår af tabellen for hver anvendelse. Parametrene  $\alpha$  og  $\beta$  er bestemt ud fra disse fraktiler ved at finde den Weibulfordeling der bedst passer (fitter) til disse parametre. De bedste parametre er fundet ved den metode som betegnes "kvadraternes mindste sum" udtrykt som:

$$\text{kvadraternes sum} = (W_{0,1}-s_{0,1})^2 + (W_{0,5}-s_{0,5})^2 + (W_{0,9}-s_{0,9})^2$$

hvor  $W_{0,1}$  er 0,1-fraktilen i Weibulfordelingen, mens  $s_{0,1}$  er den skønnede 0,1-fraktil, der er brugt som udgangspunkt. Til beregning af Weibulfordelingen er benyttet funktionen "Weibul" i Microsoft EXCEL.

Det historiske forbrug af kompositmaterialer er som omtalt i hovedrapporten i høj grad skønnet ud fra oplysninger om forbruget af plastråvarer til produktion i Danmark. Datamaterialet bag hovedrapportens figur 3.2 og 3.3 fremgår af to tabeller sidst i dette bilag.

Den historiske udvikling i forbruget (indhold i solgte færdigvarer) og prognoser for affaldsmængder fremgår for hvert anvendelsesområde af figur B.x.2 og B.x.3. Som omtalt i hovedrapporten bliver mængder angivet som det interval (min.-maks.) inden for hvilket forfatterne skønner den rigtige værdi vil finde sig med 90% sandsynlighed. I angivelserne af det historiske forbrug skal intervallerne fortolkes således, at de angiver usikkerheden over 10-års perio-

der. Da forbruget kan være meget svingende, må det forventes at forbruget i enkeltår vil være uden for intervallerne i mere end 10% af tilfældene.

Prognoser for mængder af kompositaffald er beregnet ved at gange det historiske forbrug med levetidsfordelingerne. Den samlede affaldsmængde i år  $b$  kan således beregnes ved hjælp af udtrykket:

$$\text{Samlet affaldsmængde}_b = \sum_{a=1965}^b f_a * L_{b-a}$$

Hvor  $f_a$  er forbruget (salget i Danmark) i år  $a$ , mens  $L_{b-a}$  er levetidsfordelingens værdi for år  $b-a$ . Affaldsmængden beregnes således som en sum af bidrag fra produkter produceret siden 1965. Eksempelvis er bidraget fra vindmøller produceret i 1985 ( $a = 1985$ ) til affaldsmængderne i år 2001 ( $b = 2001$ ) lig med forbruget i 1985 ganget med andelen af vindmøller, der tages ud af drift i deres 16. leveår ( $L_{2001-1985}$ ).

Såvel det historiske forbrug som levetidsfordelinger er angivet med minimum- og maksimumfordelinger. For at tage højde for den samlede usikkerhed ganges alle fordelinger med hinanden, dvs. for hver værdi udføres 4 beregninger: min.\*min., maks.\*maks., min.\*maks., maks.\*min. Den mindste og største af de 4 værdier anvendes til at angive minimum og maksimum i den beregnede affaldsprognose.

Som resultat af denne beregningsmetode kan prognoserne for produkter, hvor forbruget har været faldende, have en lidt underlig form. Dette skyldes at affaldsmængderne, der beregnes for ét år, ikke er uafhængig af mængderne i de andre år. Det betyder at det eksempelvis er meget usandsynligt, at affaldsmængderne skulle befinde sig i den øverste ende af det anslåede interval gennem hele perioden.

For at kunne omregne fra forbruget af plastråvarer (polyester eller epoxy), der anvendes til produktion i Danmark, til mængden af kompositmaterialer i de producerede produkter, er det nødvendigt at vide, hvor meget polyester eller epoxy udgør af de producerede kompositmaterialer. Da dette indhold kan variere, kan det gennemsnitlige indhold for hele produktgruppen kun estimeres med en vis usikkerhed. For at tage højde for denne usikkerhed er der regnet med to gennemsnitsværdier betegnet henholdsvis 'minimum' og 'maksimum'. Disse gennemsnitsværdier er for hver produktgruppe angivet i figurteksten til figur b.x.2.

## 1. Vindmøllesektoren

Se indledningen af bilaget for nærmere forklaring af metode, parametre og figurer.

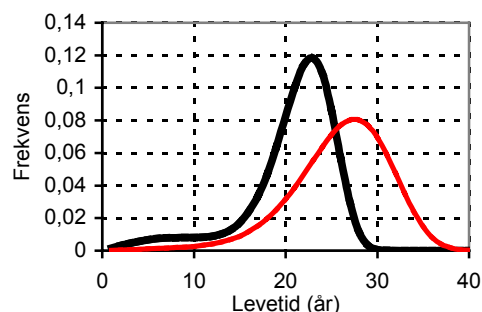
Minimumlevetiden af vindmøller er bestemt ud fra, at der for møllerne er en garanteret levetid på 20 år. I dag er i størrelsesordenen 25-30% af møllerne, der er opstillet for 20 år siden nedtaget. Omkring halvdelen af disse er genopsat. Det er derfor rimeligt at antage at 0,5-fraktilen som minimum må være lidt højere end 20 år og er derfor sat til 22 år. Som maksimum sættes den til 26 år. Analysen af nedtagne møller - refereret i hovedrapporten - viser, at der er en mindre del af møllerne, der af forskellige grunde tages ned allerede efter få år. For at kunne få denne del med i levetidsfordelingen, antages at 90% af møllerne i minimumfordelingen (97% i maksimumfordelingen) følger det generelle mønster med en ret snæver fordeling omkring 0,5-fraktilen, mens 10% (3% i maks.) af møllerne skrottes på forskellige tidspunkter og derfor regnes som en relativt flad fordeling omkring en 0,5-fraktil på 11 år. Det skal bemærkes, at denne andel er baseret på erfaringerne vedrørende de eksisterende møller, som til dels stammer fra en pionertid, hvor der må forventes at der er flere møller, der pga. tekniske fejl nedtages relativt tidligt i deres livsforløb.

Den historiske udvikling i forbruget er baseret på statistikken fra Vindmøllebranchen omtalt i hovedrapporten (angivet i MW), omregnet til mængdekomposit baseret på oplysninger fra leverandører af plastråvarer.

Tabel B.1.1  
Anvendte levetidsfordelinger for vindmøller.

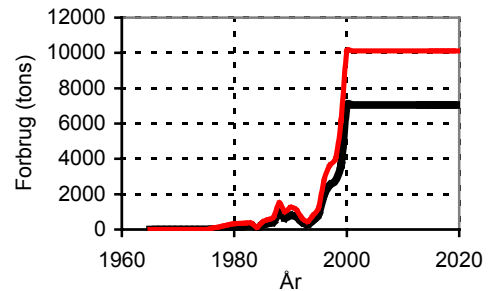
	Minimum		Maksimum	
	Type 1	Type 2	Type 1	Type 2
Andel	0,9	0,1	0,97	0,03
Alpha	23,2	11	28,3	15,1
Beta	8,2	2	6,3	2,2
Fraktil	År	År	År	År
0,1	18	2	22	2
0,5	22	11	26	13
0,9	26	18	34	22

Figur B.1.1  
Levetidsfordelinger for vindmøller beregnet ud fra ovenstående parametre (minimum og maksimum).

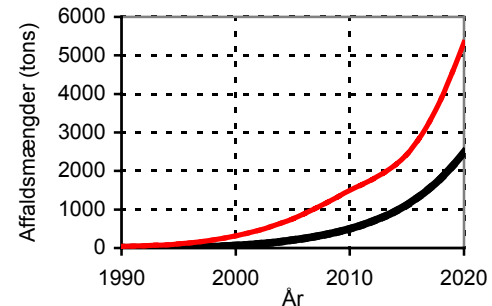


Figur B.1.2  
Estimeret historisk forbrug af  
kompositmaterialer (minimum og  
maksimum).

Ved beregningen er der regnet  
med at plastråvaren som gennem-  
snit udgør 45/55% (mini-  
mum/maksimum)



Figur B.1.3  
prognose for affaldsmængder  
(minimum og maksimum)



## 2. Transportsektoren

Se indledningen af bilaget for nærmere forklaring af den anvendte metode og forklaring af parametre og figurer.

Forbruget inden for transportsektoren skønnes primært at udgøres af kølecontainere og ved fastsættelse af levetidsfordelinger er der derfor taget udgangspunkt i de skønnede levetider for køletrailere.

Det historiske forbrug med solgte produkter er i mangel af mere præcise oplysninger antaget stort set at følge produktionen. Med udgangspunkt i forbruget i 2000 er det dog antaget, at forbruget med solgte produkter kan være mindre end produktionen, og minimumværdierne er derfor for hele perioden ganget med 0,7. Mængderne dækker ikke kun køletrailere men hele transportområdet.

Levetiden for en køletrailer på de danske landeveje er ca. 15 år. En væsentlig del af de udtjente køletrailere bliver herefter eksporteret til Østeuropa, hvor de kører endnu nogle år. Der er dog en mindre del, som bliver skrottet i Danmark ved at blive neddelte og efterfølgende bortskaffet til forbrændingsanlæggene. Et mindre antal containere genbruges en årrække til noget helt andet fx hønsehus.

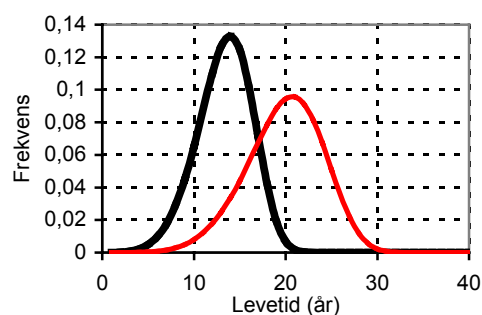
Levetiden for bildele af komposit følger bilens levetid - det vil sige ca. 15 år, med mindre de beskadiges i forbindelse med uheld og udskiftes i utide. Bildele vil i dag langt overvejende ende i shredderaffald, mens skærme der skiftes må formodes at ende i brændbart affald sammen med andet plast fra autoværksteder.

Det er i affaldsprognoserne regnet med at middellevetiden for hele transportområdet er 15 til 20 år. Der er i prognoserne ikke taget højde for at en del af de udtjente køletrailere eksporteres, men prognoserne skal læses med dette forbehold for øje.

Tabel B.2.1  
Anvendte levetidsfordelinger for transportsektoren.

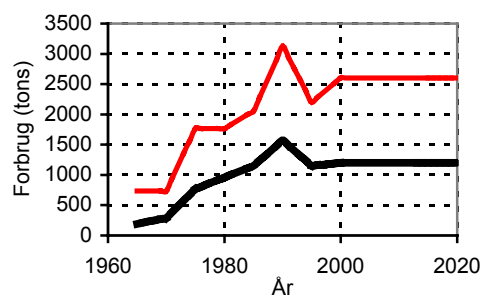
	Minimum		Maksimum	
	Type 1	Type 2	Type 1	Type 2
Andel	1	0	0,7	0
Alpha	15,5	-	21,5	-
Beta	5,5	-	5,5	-
Fraktil	År	År	År	År
0,1	12	-	15	-
0,5	15	-	20	-
0,9	20	-	25	-

Figur B.2.1  
Levetidsfordelinger for transportsektoren beregnet ud fra ovenstående parametre (minimum og maksimum).

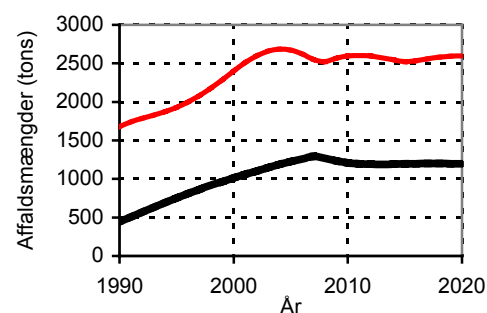


Figur B.2.2  
Estimeret historisk forbrug af kompositmaterialer (minimum og maksimum).

Ved beregningen er der regnet med at plastråvaren som gennemsnit udgør 68/73% (minimum/maksimum)



Figur B.2.3  
prognose for affaldsmængder (minimum og maksimum)



### 3. Den maritime sektor

Se indledningen af bilaget for nærmere forklaring af den anvendte metode og forklaring af parametre og figurer.

Forbruget inden for den maritime sektor udgøres primært af både, mens andre anvendelser er ubetydelige, og i affaldsprognoserne medregnes derfor kun både. Både er jf. opgørelsen af bestanden af både i afsnit 2.4 opdelt i små både under 7,5 m og store både over 7,5 m.

Det har ikke været muligt at få meget præcise oplysninger om det historiske forbrug og der er derfor taget udgangspunkt i opgørelsen af bestanden af både i afsnit 2.4 (inklusive passive både). Alternativt kunne man tage udgangspunkt i en opgørelse af aldersfordelingen af bådene, som anvendes i dag, men et sådant statistisk materiale har ikke været muligt at få. På baggrund af bestanden anslås det samlede indhold af kompositmaterialer til 58.500-98.000 tons i store både og 28.000-58.000 tons i små både. Det antages, at disse både repræsenterer salget de seneste 35 år, idet det antages, at den mængde, der indtil nu er taget ud af brug, er meget begrænset. Den samlede mængde på 87.000-156.000 tons er lidt større end det estimerede forbrug til produktion af både i Danmark 1965-2000 på 75.000-118.000 tons. De to beregninger er foretaget uafhængigt af hinanden, og da de to intervaller kraftigt overlapper hinanden, er det ikke muligt at sige om der har været en nettoimport eller eksport. Fordelingen af det historiske salg er groft lavet ved at fordele de henholdsvis 58.500-98.000 og 28.000-58.000 tons over perioden, og at antage et stabilt forbrug indtil 1985, som derefter falder væsentligt.

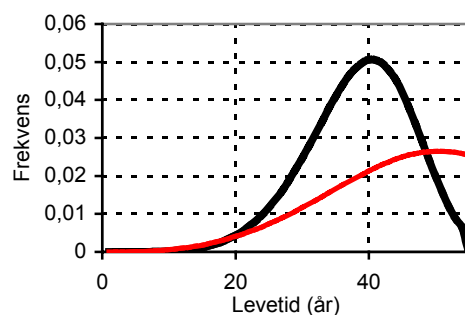
Da hovedparten af bådene stadig er i brug, må levetidsfordelinger baseres på forventninger. Det antages, at levetiden af store både er noget længere end af små både, fordi der vil være en større motivation for reparation og vedligeholdelse af de store både. Minimumlevetiden af de små både kan synes at været sat noget højt, men skal ses i lyset af at passive både tilsyneladende får lov at ligge meget længe, inden de bortskaffes. Der er endvidere ved fastsættelse af levetiderne skelet til brancheforeningens skøn på hvor mange passive både, der findes i dag, som burde bortskaffes (se sammenligning i afsnit 2.4).

Tabel B.3.1  
Anvendte levetidsfordelinger for både <7,5 m.

	Minimum		Maksimum	
	Type 1	Type 2	Type 1	Type 2
Andel	1	0	0,7	0
Alpha	42,8	-	54,7	-
Beta	5,8	-	3,8	-
Fraktil	År	År	År	År
0,1	20	-	30	-
0,5	30	-	50	-
0,9	40	-	70	-

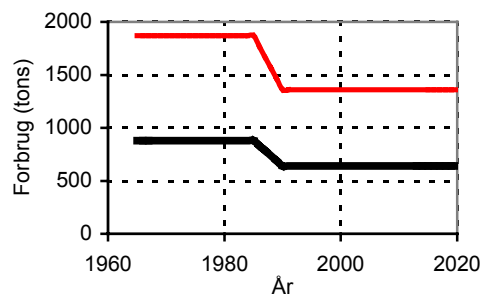


Figur B.3.1  
Levetidsfordelinger for både <7,5 m beregnet ud fra ovenstående parametre (minimum og maksimum).

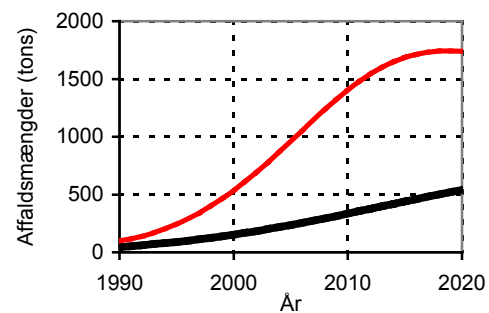


Figur B.3.2  
Estimeret historisk forbrug af kompositmaterialer (minimum og maksimum).

Ved beregningen er der regnet med at plastråvaren som gennemsnit udgør 68/73%. (minimum/maksimum)



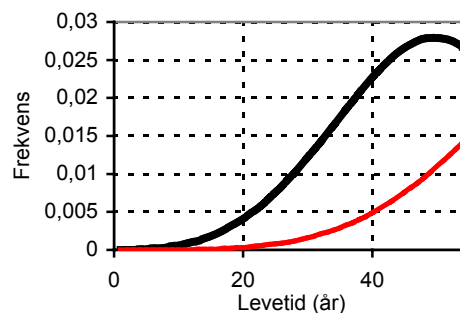
Figur B.3.3  
prognose for affaldsmængder (minimum og maksimum)



Tabel B.3.2  
Anvendte levetidsfordelinger for både > 7,5 m.

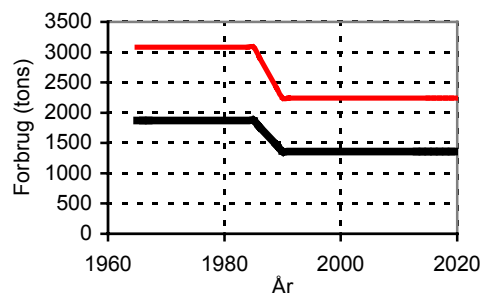
	Minimum		Maksimum	
	Type 1	Type 2	Type 1	Type 2
Andel	1	0	0,7	0
Alpha	54,5	-	75,9	-
Beta	4	-	5	-
Fraktil	År	År	År	År
0,1	35	-	50	-
0,5	50	-	70	-
0,9	65	-	90	-

Figur B.3.4  
Levetidsfordelinger for både >7,5 m beregnet ud fra ovenstående parametre (minimum og maksimum).

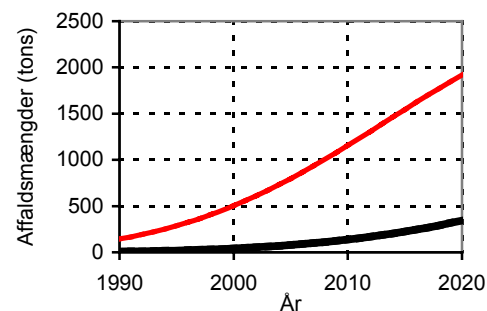


Figur B.3.5  
Estimeret historisk forbrug af kompositmaterialer (minimum og maksimum).

Ved beregningen er der regnet med at plastråvaren som gennemsnit udgør 68/73%. (minimum/maksimum)



Figur B.3.6  
prognose for affaldsmængder (minimum og maksimum)



#### 4. Affalds og spildevandsområdet

Se indledningen af bilaget for nærmere forklaring af den anvendte metode og forklaring af parametre og figurer.

Det største forbrug inden for affalds- og spildevandsområdet udgøres aktuelt af kloakføringen, men disse antages ikke at komme som affald inden for den periode, som betragtes og indgår derfor ikke i prognoserne.

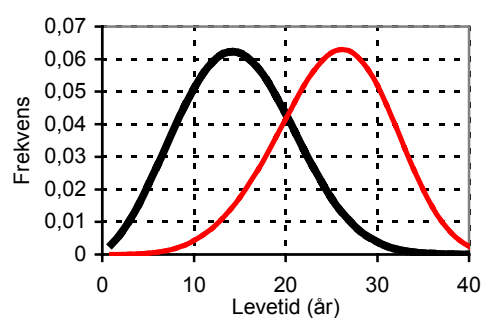
Affaldsområdet vurderes derudover primært at udgøres af affaldscontainere. Det antages at salget af containere i Danmark i store træk har svaret til produktionen.

Fra aktører i branchen er der kommet noget forskellige bud på den typiske levetid for affaldscontainere, hvilket meget vel kan skyldes at levetiden er forskellig for forskellige typer af containere. Fordelingerne er derfor groft skønnet af forfatterne. Lige som for mange andre produkter af komposit er levetiden afhængig af motivationen for at reparere på produkterne. Affaldscontainere har været produceret i 30 år, og affaldscontainere er begyndt at dukke op som affald.

Tabel B.4.1  
Anvendte levetidsfordelinger for affaldscontainere.

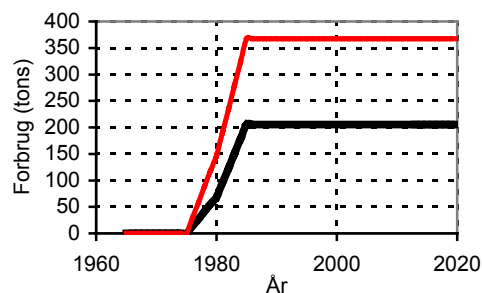
	Minimum		Maksimum	
	Type 1	Type 2	Type 1	Type 2
Andel	1	0	0,7	0
Alpha	17,8	-	27,6	-
Beta	2,8	-	4,6	-
Fraktil	År	År	År	År
0,1	8	-	18	-
0,5	16	-	25	-
0,9	30	-	33	-

Figur B.4.1  
Levetidsfordelinger for affaldscontainere beregnet ud fra ovenstående parametre (minimum og maksimum).

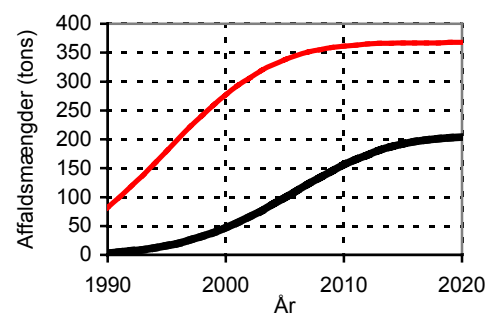


Figur B.4.2  
Estimeret historisk forbrug af kompositmaterialer (minimum og maksimum).

Ved beregningen er der regnet med at plastråvaren som gennemsnit udgør 65/70%. (minimum/maksimum)



Figur B.4.3  
prognose for affaldsmængder (minimum og maksimum)



## 5. Polyesterbeton og kunstmarmor

Se indledningen af bilaget for nærmere forklaring af den anvendte metode og forklaring af parametre og figurer.

Salget af polyesterbeton/kunstmarmor antages på basis af vurderinger fra en førende producent i store træk at have svaret til produktionen i Danmark. Det har ikke været muligt at få oplysninger, der tillod en mere detaljeret opdeling af produktområdet. Levetiden af produkter af henholdsvis polyesterbeton og kunstmarmor vurderes at være forskellig, fordi levetiden af produkter af kunstmarmor i højere grad end produkter af polyesterbeton vurderes at være bestemt af smag og mode.

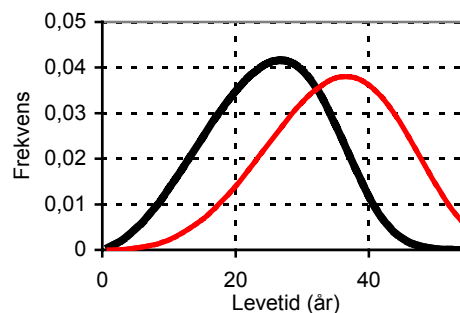
Den samlede levetidsfordeling er derfor sammensat af to fordelinger, hvor produkter af polyesterbeton repræsenteres af Type 1 og kunstmarmor af Type 2. Kunstmarmor antages groft - på basis af fordelingen mellem produktgrupperne de seneste år - at udgøre 40% af totalen.

Tabel B.5.1

Anvendte levetidsfordelinger for polyesterbeton og kunstmarmor.

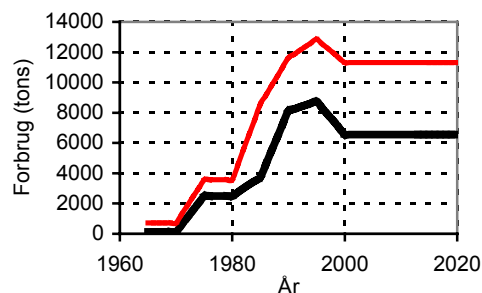
	Minimum		Maksimum	
	Type 1	Type 2	Type 1	Type 2
Andel	0,6	0,4	0,6	0,4
Alpha	32,5	22,8	42	32,6
Beta	4,5	2,8	5	3,6
Fraktil	År	År	År	År
0,1	20	10	30	15
0,5	30	20	40	30
0,9	40	30	50	40

Figur B.5.1  
Levetidsfordelinger for polyesterbeton/kunstmarmor beregnet ud fra ovenstående parametre (minimum og maksimum).

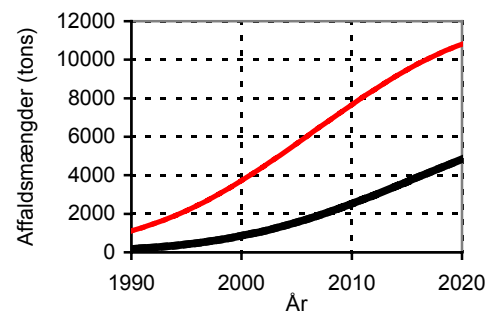


Figur B.5.2  
Estimeret historisk forbrug af kompositmaterialer (minimum og maksimum).

Ved beregningen er der regnet med at plastråvaren som gennemsnit udgør 14/16%. (minimum/maksimum)



Figur B.5.3  
prognose for affaldsmængder (minimum og maksimum)



## 6. Byggesektoren i øvrigt

Se indledningen af bilaget for nærmere forklaring af den anvendte metode og forklaring af parametre og figurer.

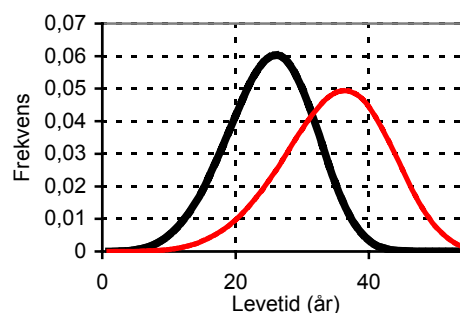
Byggesektoren i øvrigt udgøres af læskure, ovenlys og ”Andre byggematerialer” som udgøres af badeværelser, profiler og vægbeklædninger.

Læskurene er - på trods af beskedne mængder - opgjort for sig selv, fordi dataene viste sig at være til rådighed, og fordi produkterne optræder så synligt i landskabet. Levetiden er groft skønnet af forfatterne.

Tabel B.6.1  
Anvendte levetidsfordelinger for læskure.

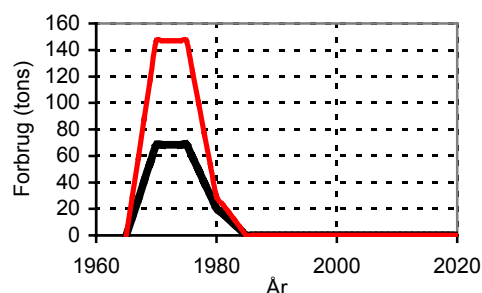
	Minimum		Maksimum	
	Type 1	Type 2	Type 1	Type 2
Andel	1	0	1	0,00
Alpha	27,6	-	38	-
Beta	4,4	-	5	-
Fraktil	År	År	År	År
0,1	18	-	25	-
0,5	25	-	35	-
0,9	35	-	45	-

Figur B.6.1  
Levetidsfordelinger for læskure beregnet ud fra ovenstående parametre (minimum og maksimum).

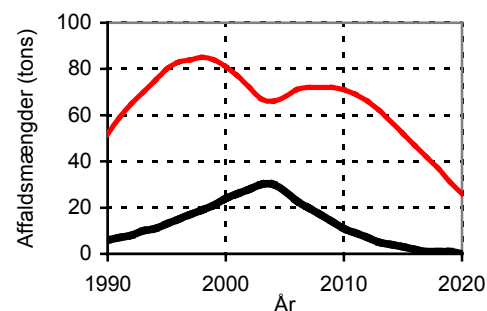


Figur B.6.2  
Estimeret historisk forbrug af kompositmaterialer (minimum og maksimum).

Ved beregningen er der regnet med at plastråvaren som gennemsnit 68/73%. (minimum/maksimum)



Figur B.6.3  
prognose for affaldsmængder (minimum og maksimum)

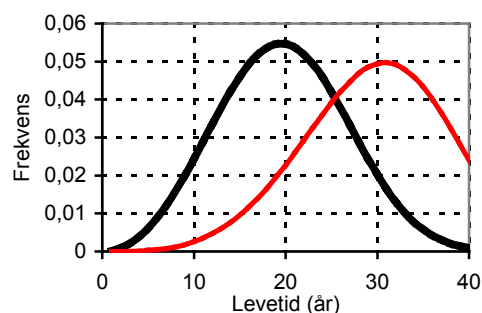


Ovenlys består hovedsageligt af to grupper af produkter, kupler og plader. Da produkterne har en tendens til at blive relativt uigennemsigtige, vil produkterne hovedsageligt få lov at sidde længe på steder, hvor der ikke er så store krav til gennemsigtighed. Kuplerne vurderes derfor at være blevet taget ned relativt hurtigt, mens klare plader anvendt sammen med fx eternit på staldbygninger vurderes at blive siddende lige så længe som eternittaget.

Tabel B.6.2  
Anvendte levetidsfordelinger for ovenlys.

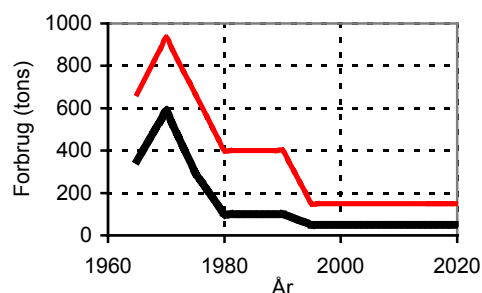
	Minimum		Maksimum	
	Type 1	Type 2	Type 1	Type 2
Andel	0,7	0,3	0,7	0,30
Alpha	22,1	11,6	32,8	10,5
Beta	3,1	1,5	4,3	1,5
Fraktil	År	År	År	År
0,1	10	2	20	2
0,5	20	10	30	10
0,9	30	18	40	18

Figur B.6.4  
Levetidsfordelinger for ovenlys ud fra ovenstående parametre (minimum og maksimum).

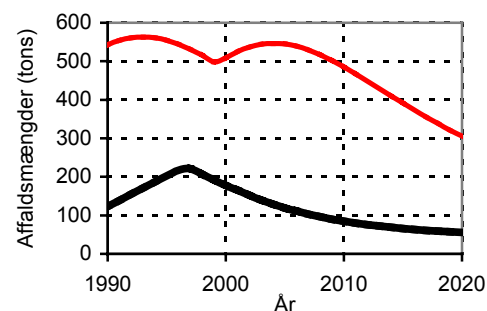


Figur B.6.5  
Estimeret historisk forbrug af kompositmaterialer (minimum og maksimum).

Ved beregningen er der regnet med at plastråvaren som gennemsnit udgør 75/85%. (minimum/maksimum)



Figur B.6.6  
prognose for affaldsmængder (minimum og maksimum)



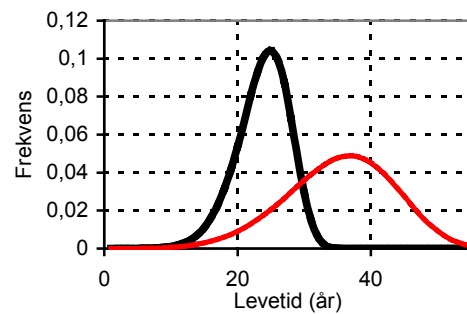
”Andre byggematerialer” er en meget sammensat gruppe, som udgøres af badeværelser, profiler og vægbeklædninger.

Solgte mængder er for gruppen som sådan antaget at svare til produktionen, dog for 2000 vurderet at være noget mindre. I de senere år er profilerne steget kraftigt og blevet et dominerende anvendelsesområde. Badeværelser regnes på basis af oplysninger fra branchen at have en typisk levetid på 30 år, mens profilers typiske levetid er 25-30 år. Den typiske levetid (0,5-fraktil) er derfor antaget at ligge mellem 25 og 35 år.

Tabel B.6.3  
Anvendte levetidsfordelinger for andre byggematerialer (ekskl. polyesterbeton).

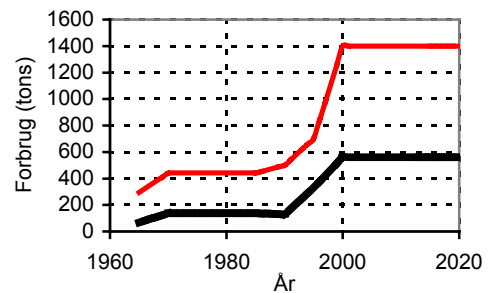
	Minimum		Maksimum	
	Type 1	Type 2	Type 1	Type 2
Andel	1	0	1	0
Alpha	26,4	-	38,5	-
Beta	7,4	-	5	-
Fraktil	År	År	År	År
0,1	20	-	25	-
0,5	25	-	35	-
0,9	40	-	45	-

Figur B.6.7  
Levetidsfordelinger for andre byggematerialer beregnet ud fra ovenstående parametre (minimum og maksimum).

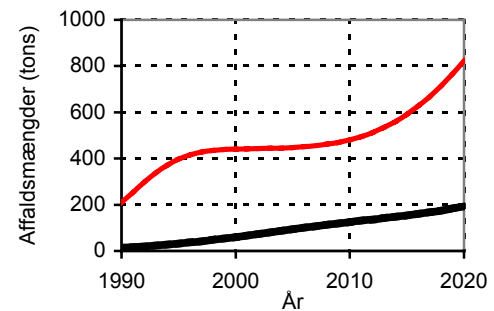


Figur B.6.8  
Estimeret historisk forbrug af kompositmaterialer (minimum og maksimum).

Ved beregningen er der regnet med at plastråvaren som gennemsnit 68/73%. (minimum/maksimum)



Figur B.6.9  
prognose for affaldsmængder (minimum og maksimum)



## 7. Andre anvendelser

Se indledningen af bilaget for nærmere forklaring af den anvendte metode og forklaring af parametre og figurer.

Andre anvendelser består af tanke og siloer, flagstænger og ”andet”.

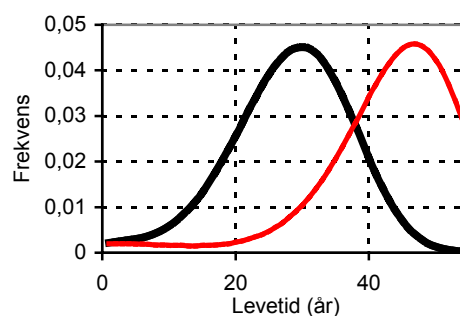


Salget af tanke og siloer antages groft at have fulgt udviklingen i forbruget til produktion, men er sat til at være lidt mindre end produktionen. Justeringen er sket under hensyntagen til den anslåede vægt af tanke og siloer, som er i brug i dag (se afsnit 2.8.3. Ifølge branchen er levetiden af tanke og siloer typisk 30-40 år, og yngre tanke, der tages ned, bliver ofte solgt videre til nye brugere. Der vil være en mindre del, som tages ned lang tid før den typiske levetid eksempelvis som følge af stormskader. Der er derfor regnet med at 5% bortskaffes uafhængig af alder.

Tabel B.7.1  
Anvendte levetidsfordelinger for tanke og siloer.

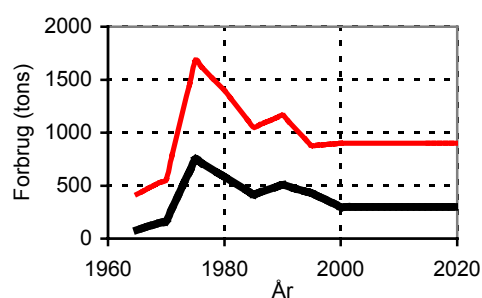
	Minimum		Maksimum	
	Type 1	Type 2	Type 1	Type 2
Andel	0,95	0,05	0,95	0,05
Alpha	33,1	15,2	48,2	20,1
Beta	4,1	1,3	6,2	1,1
Fraktil	År	År	År	År
0,1	18	2	35	2
0,5	25	15	45	20
0,9	40	30	55	40

Figur B.7.1  
Levetidsfordelinger for transportsektoren beregnet ud fra ovenstående parametre (minimum og maksimum).

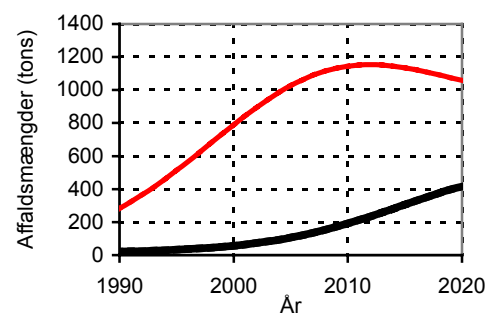


Figur B.7.2  
Estimeret historisk forbrug af kompositmaterialer (minimum og maksimum).

Ved beregningen er der regnet med at plastråvaren som gennemsnit udgør 50/60%. (minimum/maksimum)



Figur B.7.3  
prognose for affaldsmængder (minimum og maksimum)

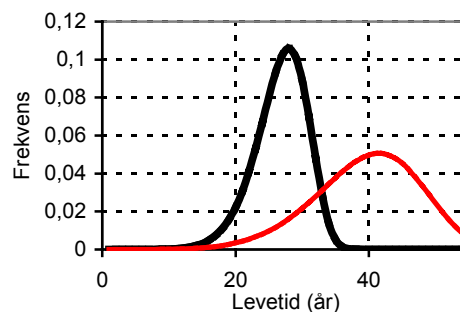


Salget af flagstænger antages i store træk at følge produktionen. Den typiske levetid anslås groft af forfatterne at ligge et sted mellem 25 og 40 år.

Tabel B.7.2  
Anvendte levetidsfordelinger for flagstænger.

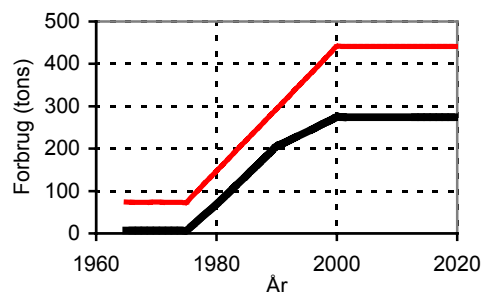
	Minimum		Maksimum	
	Type 1	Type 2	Type 1	Type 2
Andel	1	0	0,7	0
Alpha	27,5	-	42,8	-
Beta	4,5	-	5,8	-
Fraktil	År	År	År	År
0,1	18	-	30	-
0,5	25	-	40	-
0,9	40	-	50	-

Figur B.7.4  
Levetidsfordelinger for flagstænger beregnet ud fra ovenstående parametre (minimum og maksimum).

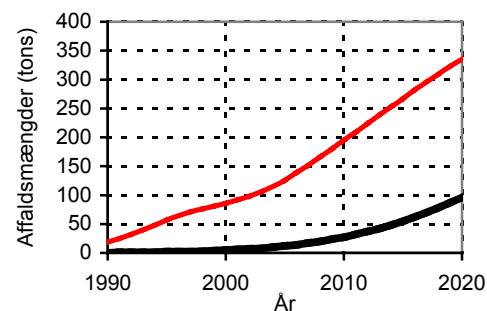


Figur B.7.5  
Estimeret historisk forbrug af kompositmaterialer (minimum og maksimum).

Ved beregningen er der regnet med at plastråvaren som gennemsnit 68/73%. (minimum/maksimum)



Figur B.7.6  
prognose for affaldsmængder (minimum og maksimum)



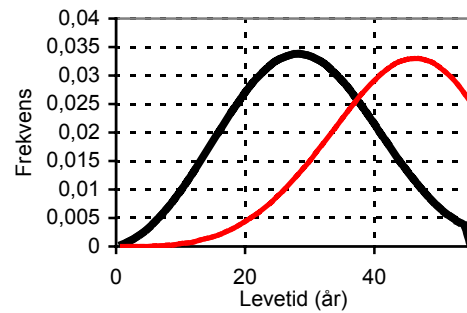
”Andet” omfatter en lang række anvendelser som legeredskaber, svømmebassiner, spabade, bandager, udstyr til minkfarme, hjelme m.m.

Salget af produkter er groft antaget at følge produktionen i Danmark. Den typiske levetid for produkter under ét er anslået at ligge mellem 30 og 45 år med nogle meget brede levetidsfordelinger.

Tabel B.7.3  
Anvendte levetidsfordelinger for "andet".

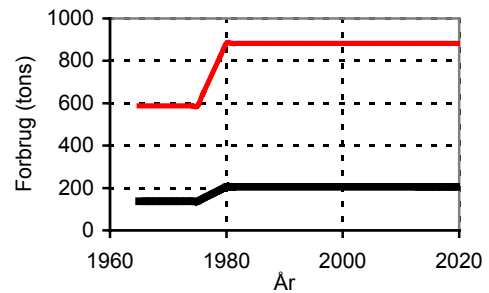
	Minimum		Maksimum	
	Type 1	Type 2	Type 1	Type 2
Andel	1	0	0,7	0
Alpha	33,8	-	49,3	-
Beta	2,9	-	4,3	-
Fraktil	År	År	År	År
0,1	15	-	30	-
0,5	30	-	45	-
0,9	45	-	60	-

Figur B.7.7  
Levetidsfordelinger for andet beregnet ud fra ovenstående parametre (minimum og maksimum).

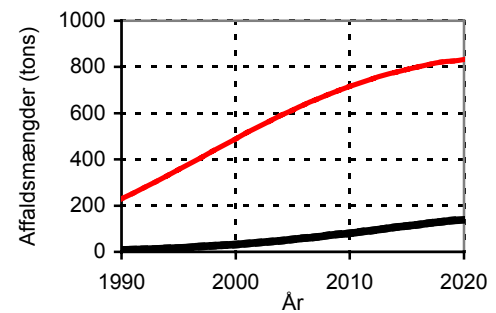


Figur B.7.8  
Estimeret historisk forbrug af kompositmaterialer (minimum og maksimum).

Ved beregningen er der regnet med at plastråvaren som gennemsnit 6873%. (minimum/maksimum)



Figur B.7.9  
prognose for affaldsmængder (minimum og maksimum)



## 8. Forbrug til produktion 1965-2000

I de følgende 2 tabeller er vist grunddata til fordelinger af det historiske forbrug af henholdsvis plastråvarer (polyester og epoxy) og kompositmaterialer til produktion i Danmark.

Tabel B.8.1  
Forbrug af plastråvarer til produktion af kompositmaterialer i Danmark 1965-2000.

Forbrug til produktion (tons polyester + epoxy)										
	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
Sum plastråvarer		3135	3760	5925	5980	8125	7922	10445	14520	22745
Læskure	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
	Min	0	50	50	15	0	0	0	0	0
	Max	0	100	100	20	0	0	0	0	0
	Middel	0	75	75	18	0	0	0	0	0
Både	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
	Min	1500	1500	2000	2000	2000	1025	800	630	900
	Max	2000	2200	3000	3000	3000	1482	1200	895	1366
	Middel	1750	1850	2500	2500	2500	1254	1000	763	1133
Vindmøller	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
	Min	0	0	0	100	1500	880	3683	7795	11804
	Max	0	0	0	300	2000	1125	4177	8842	16467
	Middel	0	0	0	200	1750	1003	3930	8319	14135
Kloakforinger	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
	Min	0	0	0	100	200	400	500	300	2000
	Max	0	0	0	200	300	600	700	600	3000
	Middel	0	0	0	150	250	500	600	450	2500
Polyesterbeton/kunstmarmor	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
	Min	20	20	400	400	600	1301	1400	1530	1050
	Max	100	100	500	500	1200	1627	1800	2095	1583
	Middel	60	60	450	450	900	1464	1600	1813	1317
Ovenlys	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
	Min	300	500	250	25	20	20	10	10	10
	Max	500	700	500	100	30	30	30	30	30
	Middel	400	600	375	63	25	25	20	20	20
Transport	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
	Min	200	300	800	1000	1200	1638	1200	873	1124
	Max	500	500	1200	1200	1400	2123	1500	1160	1707

	Middel	350	400	1000	1100	1300	1881	1350	1017	1416
Bygning/sanitet	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
	Min	50	100	100	100	100	390	600	795	1015
	Max	200	300	300	300	300	613	1000	1493	1591
	Middel	125	200	200	200	200	502	800	1144	1303
Affaldscontainere	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
	Min	0	0	0	50	150	150	150	180	150
	Max	0	0	0	100	250	250	250	220	250
	Middel	0	0	0	75	200	200	200	200	200
Tanke, siloer mm.	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
	Min	100	200	900	700	500	609	514	418	290
	Max	300	400	1200	1000	750	831	627	423	403
	Middel	200	300	1050	850	625	720	570	421	347
Andet	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
	Min	100	100	100	150	150	150	150	150	150
	Max	400	400	400	600	600	600	600	600	600
	Middel	250	250	250	375	375	375	375	375	375
Flagstænger	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
	Min	5	5	5	50	100	150	175	200	200
	Max	50	50	50	100	150	200	250	300	300
	Middel	28	28	28	75	125	175	213	250	250

Tabel B.8.2  
 Forbrug af komposit til produktion i Danmark 1965-2000. "Poly-andel" angiver hvor meget plastråvaren (polyester eller/og epoxy) i gennemsnit udgør af det samlede kompositmateriale (angivet som minimum og maksimumværdi).

		Forbrug til produktion (tons komposit)								
		1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
Sum minimum komposit		3179	3855	8472	8555	12541	15905	20961	28454	38607
Sum maximum komposit		6540	7595	13991	14321	22790	24043	30380	40973	60179
SUM middel		4859	5717	11224	11438	17666	19974	25671	34713	49393
Poly-andel	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
0,73	Min	0	68	68	21	0	0	0	0	0
0,68	Max	0	147	147	29	0	0	0	0	0
Læskure	Middel	0	108	108	25	0	0	0	0	0
Poly-andel	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
0,73	Min	2055	2055	2740	2740	2740	1404	1096	863	1233
0,68	Max	2941	3235	4412	4412	4412	2179	1765	1316	2009
Både	Middel	2498	2645	3576	3576	3576	1792	1430	1090	1621
Poly-andel	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
0,55	Min	0	0	0	182	2727	1600	6696	14173	24300
0,5	Max	0	0	0	600	4000	2250	8354	17684	34900
Vindmøller	Middel	0	0	0	391	3364	1925	7525	15928	29600
Poly-andel	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
0,75	Min	0	0	0	133	267	533	667	400	2667
0,6	Max	0	0	0	333	500	1000	1167	1000	5000
Kloakforinger	Middel	0	0	0	233	383	767	917	700	3833
Poly-andel	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
0,16	Min	125	125	2500	2500	3750	8131	8750	9563	6563
0,14	Max	714	714	3571	3571	8571	11621	12857	14964	11307
Polyesterbeton/kunstmarmor	Middel	420	420	3036	3036	6161	9876	10804	12263	8935
Poly-andel	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
0,85	Min	353	588	294	29	24	24	12	12	12
0,75	Max	667	933	667	133	40	40	40	40	40
Ovenlys	Middel	510	761	480	81	32	32	26	26	26
Poly-andel	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
0,73	Min	274	411	1096	1370	1644	2244	1644	1196	1540
0,68	Max	735	735	1765	1765	2059	3122	2206	1706	2510

Dele til køretøjer	Middel	505	573	1430	1567	1851	2683	1925	1451	2025
Poly-andel	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
0,73	Min	68	137	137	137	137	534	822	1089	1390
0,68	Max	294	441	441	441	441	901	1471	2196	2340
Bygning/sanitet	Middel	181	289	289	289	289	718	1146	1642	1865
Poly-andel	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
0,7	Min	0	0	0	71	214	214	214	257	214
0,65	Max	0	0	0	154	385	385	385	338	385
Affaldscontainere	Middel	0	0	0	113	299	299	299	298	299
Poly-andel	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
0,6	Min	167	333	1500	1167	833	1015	856	697	483
0,5	Max	600	800	2400	2000	1500	1662	1254	846	806
Tanke, siloer mm.	Middel	383	567	1950	1583	1167	1339	1055	771	645
Poly-andel	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
0,73	Min	137	137	137	205	205	205	205	205	205
0,68	Max	588	588	588	882	882	882	882	882	882
Andet	Middel	363	363	363	544	544	544	544	544	544
Poly-andel	År	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000
0,73	Min	7	7	7	68	137	205	240	274	274
0,68	Max	74	74	74	147	221	294	368	441	441
Flagstænger	Middel	40	40	40	108	179	250	304	358	358