

Branchebeskrivelse for glasfiber og andre fiberforstærkede plastprodukter

**Teknik og Administration
Nr. 3 2004**

Indholdsfortegnelse

1.	Indledning	5
2.	Sammenfatning	7
3.	Generel beskrivelse af branchen	11
3.1	Branchedefinition og afgrænsning	11
3.2	Lovgivning	12
3.2.1	Historisk lovgivning	12
3.2.2	Gældende lovgivning	13
3.3	Brancheorganisation	14
3.4	Branchens strukturelle udvikling	14
3.4.1	Teknologi	16
3.4.2	Anvendte råvarer og hjælpestoffer	17
3.4.3	Antal virksomheder og beskæftigede	21
4.	Processer, teknolog og miljø	25
4.1	Procesbeskrivelse	25
4.2	Virksomhedsindretning	27
4.3	Arbejdsmetoder og miljøbelastning	27
4.3.1	Opbevaring af råvarer	28
4.3.2	Oplægning/støbning af glasfiber	29
4.3.3	Hærdning	34
4.3.4	Efterbehandling	36
4.3.5	Rensning	37
4.3.6	Affald	37
5.	Forureningsrisiko	39
5.1	Oversigt over potentielle forureningskilder	39
5.2	Vurdering af forureningsrisiko	40
6.	Undersøgelser	49
6.1	Historisk redegørelse	49
6.1.1	Indsamling af historisk materiale	49
6.2	Planlægning af fysiske undersøgelser	52
6.2.1	Potentielle forureningskilder	52
6.2.2	Forureningskomponenter	52
6.2.3	Analyseprogrammer	53
6.3	Design af undersøgelsesprogram	55
7.	Afværgeteknikker	57
8.	Litteraturliste	61

Bilag

Bilag 1	Anvendte stoffer i glasfiberindustrien
Bilag 2	Datablade
Bilag 3	Erfaringer fra tidligere undersøgelser
Bilag 4	Metodebeskrivelser

1. Indledning

Forord

Erfaringer fra de seneste års undersøgelser af jord- og grundvandsforureninger på glasfibervirksomheder viser, at der hersker usikkerhed om, hvilke forureningskilder og hvilke forureningskomponenter der typisk kan forekomme på disse virksomheder.

Formålet med denne branchebeskrivelse er derfor at give en generel introduktion til branchen og dens miljøforhold med særlig fokus på risikoen for forurening af jord- og grundvandsmiljøet. Branchebeskrivelsen skal, som supplement til Miljøstyrelsens vejledninger, tjene som opslagsværk i forbindelse med undersøgelse og kortlægning af disse virksomheder. Det er således håbet, at branchebeskrivelsen vil støtte og målrette amternes arbejde med at lokalisere, undersøge og afværge eventuelle miljörisici fra forureninger opstået som følge af aktiviteterne i denne branche.

Branchebeskrivelsen for glasfibervirksomheder er udarbejdet af Rambøll for Amternes Videncenter for Jordforurening. Branchebeskrivelsen er blevet til i et samarbejde med en følgegruppe med deltagelse af:

- Ane-Marie Westergaard, Vestsjællands Amt
- Flemming Møller Jørgensen, Ringkøbing Amt
- Bo Alslev, Fyns Amt
- Arne Rokkjær, Amternes Videncenter for Jordforurening
- Charlotte Weber, Amternes Videncenter for Jordforurening.

Læsevejledning

I denne branchebeskrivelse er der foretaget en systematisk gennemgang af branchens teknologiske udvikling, dens anvendelse af kemiske stoffer og produkter og dens mulige belastninger af jord- og grundvandsmiljøet. Med afsæt i denne gennemgang giver branchebeskrivelsen anbefalinger til den praktiske tilgang til undersøgelse og kortlægning af glasfibervirksomheder.

Indholdet af de enkelte afsnit fremgår af nedenstående.

- Kapitel 2: Sammenfatning af branchens produktions- og miljøforhold. Anbefalinger til undersøgelsesstrategier.
- Kapitel 3: Beskrivelse af branchen og dens strukturelle udvikling. Lovgivningens miljøregulering af branchen og en oversigtsmæssig gennemgang af branchens teknologiske udvikling.
- Kapitel 4: Beskrivelse af virksomhedernes indretning og arbejdsprocesser. Gennemgang af miljøbelastningerne fra arbejdsprocesserne. Som

supplement til kapitel 4 er der i bilag 1 opstillet en liste over kemiske komponenter, som anvendes på glasfibervirksomheder.

- Kapitel 5: Potentielle kilder til forurening af jord og grundvand fra branchens aktiviteter. Kapitlet beskriver, hvordan forureningerne kan opstå, hvilke kemiske komponenter der kan være tale om, og hvordan de typisk vil spredes i miljøet. I fortsættelse af kapitel 5 er der i bilag 2 vedlagt datablade for de stoffer, som forventes at være de mest relevante i forhold til branchens belastning af jord og grundvand. Databladene indeholder oplysninger om stoffernes toksikologi og fysisk-kemiske data.
- Kapitel 6: Gode råd om den praktiske tilrettelæggelse af undersøgelser. Kapitlet giver råd og vejledning om tilrettelæggelse af såvel historiske undersøgelser som feltundersøgelser. Kapitlet kommer med anbefalinger til både prøvetagningsmetoder og analyseprogrammer. Som supplement til kapitel 6 er der i bilag 3 redegjort for hidtidige undersøgelsererfaringer. Bilag 4 indeholder nærmere beskrivelse af de undersøgelsesmetoder, som anbefales anvendt ved undersøgelser på beton- og cementvarefabrikker.
- Kapitel 7: Kapitlet indeholder en oversigt over afværgeteknikker med særlig relevans for de jord- og grundvandsforureninger, som forekommer fra glasfibervirksomheder. Kapitlet indeholder også forslag til litteratur, som kan være nyttig ved planlægning af afværgeforanstaltninger.

2. Sammenfatning

Branchedefinition og afgrænsning

Denne branchebeskrivelse beskriver virksomheder, som fremstiller produkter af plastmaterialer forstærket med fibre af glas, kul, eller polymerer, som f.eks. armid. Fiberforstærket plast anvendes bredt i industrien til fremstilling af dele til vindmøller, lystbåde, tanke, siloer, rør, karosseridele til biler og tog samt visse materialer til byggebranchen. Fremstillingsprocesser og langt hovedparten af de anvendte materialer og hjælpestoffer er de samme ved de forskellige fibertyper.

Glasfibervirksomheder er siden 1973 reguleret af Miljøbeskyttelsesloven og (siden 1986) af den tilhørende Godkendelsesbekendtgørelse om godkendelse af listevirksomhed. Glasfibervirksomheder med et forbrug af færdigreageret plast på mere end 100 kg pr. dag er godkendelsespligtige, mens mindre virksomheder blot er anmeldepligtige. Godkendelsespligtige glasfibervirksomheder med mere end 20 ansatte skal (siden 1996) udarbejde grønne regnskaber.

Branchens strukturelle udvikling

Anvendelsen af glasfiber begynder i Danmark i 1960'erne, hvor der introduceres flagstænger, lystbåde og karosseridele fremstillet af glasfiber. Tanke og siloer af glasfiber introduceres i 1970'erne, hvor også de første vindmøller med glasfibervinger fremstilles. Der findes ikke en samlet opgørelse over antallet af virksomheder, som i dag anvender glasfiber i produktionen. Danmarks statistik har registreret 45 virksomheder, og brancheforeningens 30 medlemsvirksomheder står for 80-90 % af omsætningen i branchen. Hertil kommer antageligt et større antal virksomheder, som anvender glasfiber som et led i produktionen (bådeværfter, byggematerialer osv). Der fremstilles i dag ca. 40.000 ton kompositmaterialer i Danmark. Hovedparten anvendes af vindmølleindustrien.

Processer, teknologi og miljøbelastning

Glasfiber er et kompositmateriale, hvor en matriks af plast er forstærket med fibre. Plastmatriksen består som oftest af polyester opløst i styren. Udover polyester anvendes også epoxy og i sjældne tilfælde phenolplast. En polyesterbaseret matriks består af glycoler (ethylenglycol eller propylenglycol) og forskellige organiske syrer. Matriksen er opløst i 30-45 % styren eller α -methylstyren. Denne råvare leveres fra producenten tilsat forskellige additiver (stabilisatorer, brandhæmmere, acceleratorer og tiksotroperingsmidler). Før brugen på glasfibervirksomheden tilsættes matriksen initiatorer samt evt. fyldstoffer og farvestoffer. Asbest blev frem til 1986 anvendt som fyldstof.

Produktionen af glasfiber foregår efter fire hovedprincipper:

- Håndopsætning. Matriksen fordeles på en form, hvorefter glasfiberarmeringen lægges ud og presses manuelt ned i matriksen. Håndopsætning anvendes ved små serier af store emner.

- Vacuuminjektion. Glasfiberarmeringen placeres i en lukket form, hvorefter matriksen suges ind i formen. Vacuuminjektion anvendes ved produktion af større serier af mindre emner.
- Pultrudering. Glasfiberarmeringen trækkes gennem et kar med matriks og derefter gennem en form, hvor plasten polymeriserer og hærder. Pultrudering er en kontinuert proces, som anvendes ved produktion af f.eks. plastprofiler.
- Prepreg. Prepreg henviser til, at fibrene er blandet med matriksen før leverance til glasfibervirksomheden. Prepreg leveres typisk i ruller, som skal opbevares i frysehus for at undgå begyndende hærkning. Prepreg'en lægges i form og hærdes ved opvarmning. I en prepreg består matriksen af epoxy.

Efter formgivning og hærkning af glasfiberproduktet foretages efterbehandling i form af tilskæring, polering og evt. limning med andre emner.

Rensning af forme og værktøj sker typisk med acetone, og i særlige tilfælde methylenchlorid. I de senere år er der introduceret vandbaserede afrensningsmidler, som især er anvendelige over for epoxy.

Miljøriskoen fra glasfibervirksomheder anses især at være knyttet til disse virksomheders anvendelse af matriks indeholdende bl.a. glycoler og styren, afrensningsmidler (i særdeleshed acetone) samt i særlige tilfælde anvendelse af bromerede flammehæmmere og asbest. Kilderne til forurening af jord og grundvand omfatter spild eller lækage ved oplag, ved produktionsstedet samt ved afkastventiler for ventilationsluft. Tungmetaltholdigt slibestøv kan udgøre en kilde til forurening omkring affaldsoplag og ventilationsafkast.

Strategi for kortlægningsundersøgelser frem til vidensniveau 2

Ved en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2 på en glasfibervirksomhed anbefales følgende elementer at indgå i undersøgelsesstrategien:

- Historisk kortlægning
- Fysiske undersøgelser, herunder:
 - Prøvetagning af jord og grundvand
 - Felt- og laboratorieanalyser af jord- og grundvandsprøver
- Vurdering af analyseresultater i relation til relevante kvalitetskriterier
- Orienterende risikovurdering.

Det anbefales, at følgende forureningskilder **altid medtages** i en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2:

- Udendørs oplag af råvarer
- Nedgravede tanke og deres påfyldningspladser

- Indendørs oplags- eller produktionssteder, hvor gulvbelægningen anses utilstrækkelig, eller hvor der ses gulvafløb
- Lokaler eller produktionssteder, hvor matriks er blandet op
- Oplag af affald.

Analyseprogram

Standardprogrammet anbefales at indeholde følgende akkrediterede laboratorieanalyser.

Udvalgte jordprøver analyseres for:

- Tungmetaller (bly, chrom VI, cadmium) ved ICP eller AAS
- Kulbrinter, herunder styren, ved GC-FID.

Grundvandsprøver analyseres for:

- Kulbrinter, herunder styren, ved GC-FID
- Vandblandbare opløsningsmidler (glycoler og acetone) ved Purge and Trap
- Chrom(VI) ved spektrofotometri.

3. Generel beskrivelse af branchen

3.1 Branchedefinition og afgrænsning

Ved glasfiberindustrien i Danmark forstås virksomheder, der fremstiller produkter af plastmaterialer forstærket med glasfibertråde. Glasfiber anvendes til mange forskellige produkter, bl.a. vindmøllevinger og andre vindmølledele, både, togdele, tanke, rør, møbler, flagstænger, bilkomponenter og elektroniske komponenter. Glasfibers vigtigste egenskaber er lang levetid og modstandsdygtighed over for vind og vejr. Glasfiber betegnes også fiberarmeret plast eller fiberforstærket plast.

Tages der udgangspunkt i Danmark Statistiks brancheklassifikation (DB03), forventes branchebeskrivelsen at dække virksomheder inden for branchekoden:

26.14.00 Fremstilling af glasfiber og visse varer heraf.

Dertil kommer dele af følgende brancher:

25.21.20 Fremstilling af rør og slanger
25.23.10 Fremstilling af sanitetsartikler af plast
25.23.20 Fremstilling af andre bygningsartikler af plast
31.10.40 Fremstilling af vindmøller og dele hertil
35.12.00 Fremstilling og reparation af både.

Glasfiber er en undergruppe af kompositmaterialer. Kompositmaterialer er kendetegnet ved, at de består af en plast kaldet matriks, hvori der er indlejret en armering af fibre eller sten. Som oftest er fibrene af glas, men også fibre af kul, armid (kevlar) eller hamp kan anvendes. De forskellige typer af fibre giver produktet forskellige egenskaber, mens processerne, og i de fleste tilfælde også materialer og hjælpestoffer, er de samme for de forskellige fibertyper. Kulfibre giver høj stivhed, mens armidfibre giver høj slagstyrke /1/. Et produkt kan godt indeholde flere typer fibre, dette gøres for at give forskellige egenskaber forskellige steder på produktet. Der er en tendens i branchen til gå fra glasfibre til andre typer af fibre, da glasfibre vejer relativt meget. Med hensyn til matriksen er det altovervejende polyester blandet med styren, som anvendes. Udover polyester anvendes epoxy og i sjældne tilfælde phenolplast. Epoxy anvendes mere og mere og især sammen med kulfibre /1/. Produktionen med epoxy er dog stadig begrænset til et mindre antal virksomheder /2, 3/. Phenolplast anvendes, hvis der stilles krav om høj brandmodstandsevne og temperaturbestandighed /1/. Da forbruget af phenolplast altid har været meget begrænset vil kun polyester og epoxy blive behandlet i denne vejledning /2/.

Glasfiber kan fremstilles ved mange forskellige metoder. Der skelnes mellem lukkede og åbne processer, samt om metoden er kontinuerlig eller ej. De mest almindelige metoder i Danmark er håndoplægningsmetoden og vakuuminjektion. Håndoplægning er en åben proces, mens vakuuminjektion er

en lukket proces /4/. Begge metoder er enkeltproduktionsmetoder. Derudover produceres ved pultrudering, der er en lukket kontinuert proces. Miljøbelastningen er stort set ens ved de forskellige metoder, da det er de samme materialer, der anvendes. Den største forskel mellem lukkede og åbne processer er fordampningen, af især styren fra polyester, der er væsentlig større ved åbne processer end ved lukkede processer. Alle de kontinuerte metoder er lukkede processer. Ved produktion med epoxy kan der anvendes prepreg. I prepreg er fibrene allerede indlejret i epoxyen fra leverandøren. Derudover findes der en række andre metoder, som for eksempel: Sprøjteoplægningsmetoden, vikling, presning, kontinuerlig imprægnering, injektionsstøbning og sprøjtstøbning. Men som nævnt er miljøbelastningen af det ydre miljø stort set uafhængig af produktionsmetoden /5/.

Glasfiberindustrien er energikrævende, fordi der kræves kraftig ventilation og udsugning, og fordi der ofte er store produktionshaller, som skal opvarmes. Ofte anvendes fyringsolie, og i disse tilfælde vil tankene altid udgøre en risiko for jord- og grundvandsforurening. Denne risiko er uafhængig af de øvrige aktiviteter ved glasfiberproduktion og er derfor ikke nærmere beskrevet i kapitel 3 og 4.

3.2 Lovgivning

3.2.1 Historisk lovgivning

Godkendelse og anmeldelse

Glasfiberproducenter har været godkendelsespligtige siden den første Miljøbeskyttelseslov af 13. juni 1973 trådte i kraft den 1. oktober 1974 /16/. Listen over godkendelsespligtige virksomheder var i bilag til loven, og her tilhørte glasfiberproducenter listekategorien D12: ”Kemisk fabrikation - Virksomheder for trykstøbning, presning og ekstrudering af plastvarer”. Godkendelsespligten gjaldt fra 1974 kun for virksomheder, der blev etableret efter Miljøbeskyttelseslovens ikrafttræden, samt for udvidelser/ændringer af eksisterende virksomheder, som medførte forøget forurening. For virksomheder under listekategori D12 gjaldt dog følgende: ”Indhentelse af godkendelse efter lovens §35 til nyanlæg af virksomheder er uforment, såfremt virksomheden anlægges i overensstemmelse med godkendt byplanvedtægt”.

Kommunerne blev ved Miljøbeskyttelseslovens ikrafttræden godkendelses- og tilsynsmyndighed for godkendelsespligtige virksomheder.

I forbindelse med en revidering af Miljøbeskyttelsesloven udarbejdes Bekendtgørelsen nr. 783 af 21. november 1986 om godkendelse af særligt forurenende virksomheder mv. der trådte i kraft 1. januar 1987 /17/. Denne bekendtgørelse fik populærbetegnelsen ”Godkendelsesbekendtgørelsen” og kom til at indeholde listen over godkendelsespligtige virksomhedstyper, der tidligere var at finde som bilag til Miljøbeskyttelsesloven. Listen over godkendelsespligtige virksomhedstyper i den første Godkendelsesbekendtgørelse blev revideret i forhold til listen i Miljøbeskyttelsesloven, men glasfiberproducenter

forblev i listekategorien D12 med lidt ændret navn: Kemisk fabrikation - Virksomheder for presning, ekstrudering, fiberarmering af plastvarer og belægning med plast.

Miljøbeskyttelsesloven fik mindre revisioner i årene mellem 1974 og 1990, men fik i 1990-91 en omfattende revision med den anden Miljøreform, hvor der blev foretaget væsentlige ændringer, herunder af miljøgodkendelsessystemet. Den tilhørende Godkendelsesbekendtgørelse nr. 794 af 9. december 1991 om godkendelse af listevirksomhed trådte i kraft 1. januar 1992 /18/.

Glasfiberproducenter med et minimumsforbrug af færdigreageret plast på 100 kg pr. dag blev fra 1992 fastholdt som godkendelsespligtig virksomhedstype, men under en ny listekategori D9: Kemiske fabrikation, limfabrikation mv. - Virksomhed for presning, ekstrudering eller fiberarmering af plastvarer med kapacitet til et forbrug af færdigreageret plast på 100 kg/dag eller derover.” Glasfiberproducenter med et forbrug på mindre end 100 kg færdigreageret plast pr. dag blev i stedet anmeldepligtige virksomheder i henhold til bekendtgørelse nr. 367 af 10. maj 1992 om anden virksomhed end listevirksomhed /19/.

Glasfiberproducenter der var etableret før den første Miljøbeskyttelseslov i 1974 fik med Bekendtgørelse nr. 532 af 20. juni 1992 om indkaldelse af ansøgninger om godkendelse fra bestående listevirksomheder frist til 1. januar 2000 til at indgive en ansøgning om en samlet miljøgodkendelse, således at virksomhedens samlede aktiviteter er inkluderet i miljøgodkendelsen, og ikke som tidligere kun enkelte godkendelsespligtige aktiviteter /20/.

Spildevand

Før 1991 skulle alle virksomheder, der ønskede at udlede spildevand direkte til recipienten, ansøge myndighederne om udledningstilladelse. Fra 1991 blev virksomhederne i henhold til Miljøbeskyttelseslovens kapitel 4 desuden også pligtige til at ansøge kommunerne om tilladelse til at udlede spildevand til offentlig kloak efter kapitel 4 i loven.

3.2.2 Gældende lovgivning

Godkendelse og anmeldelse

Kravene til, hvornår glasfiberproducenter skal indgive miljøgodkendelse eller anmeldelse er ikke ændret siden de ovennævnte bekendtgørelser fra 1992 og til nuværende Godkendelsesbekendtgørelse nr. 652 af 3. juli 2003 /21, 23, 25/. Kommunerne er fortsat tilsynsmyndighed med glasfiberproducenter.

Grønt regnskab

Godkendelsespligtige glasfiberproducenter blev med bekendtgørelsen om visse listevirksomheders pligt til at udarbejde grønt regnskab (nr. 975 af 13. december 1995) pligtige til at udarbejde grønne regnskaber fra 1996 og fremefter /24/. Med en ændring i bekendtgørelsen i 2002 reduceres antallet af glasfibervirksomheder, der skal udarbejde et grønt regnskab til kun at inkludere godkendelsespligtige glasfiberproducenter med 20 ansatte eller derover. I de

grønne regnskaber skal virksomhederne oplyse det seneste regnskabsårs udledninger af forurenende stoffer til jord, samt hvad der bliver gjort for at forebygge andre udslip.

Spildevand

Der skal indhentes tilladelser til udledning i offentlig kloak efter kapitel 4 i Miljøbeskyttelsesloven (lov nr. 753 af 25. august 2001 med senere ændringer) /23/ udmøntet i Spildevandsbekendtgørelsen nr. 501 af 21. juni 1999.

Affald

I henhold til gældende Affaldsbekendtgørelse nr. 619 af 27. juni 2000 (med senere ændringer) er virksomhederne pligtige til at bortskaffe alle typer affald i henhold til kommunens anvisninger for affaldshåndtering /22/. Godkendelses- og anmeldningspligtige virksomheder skal i henhold til samme bekendtgørelse føre register over deres affaldsproduktion, herunder fraktion, art, mængde, sammensætning af det producerede affald, samt indhold af visse miljøbelastende stoffer.

3.3 Brancheorganisation

Brancheorganisationen Plastindustrien har en underafdeling, Kompositsektionen, hvor glasfiberindustrien hører under.

Kompositsektionen har primært de store producenter og forskningsinstitutioner, som medlemmer. Der er omkring 40 medlemmer, hvoraf ca. 30 er glasfiberproducenter. Det vil sige antalmæssigt har de ikke hovedparten som medlemmer, men deres medlemmer dækker 80-90 % af omsætningen inden for kompositindustrien /7/.

Mange af de mindre virksomheder er sandsynligvis ikke organiseret i en brancheforening eller i foreningen under produkttype, det gælder bl.a. for bådproducenterne, hvor flere af producenterne er medlem af Søsportens Brancheforening /7/.

3.4 Branchens strukturelle udvikling

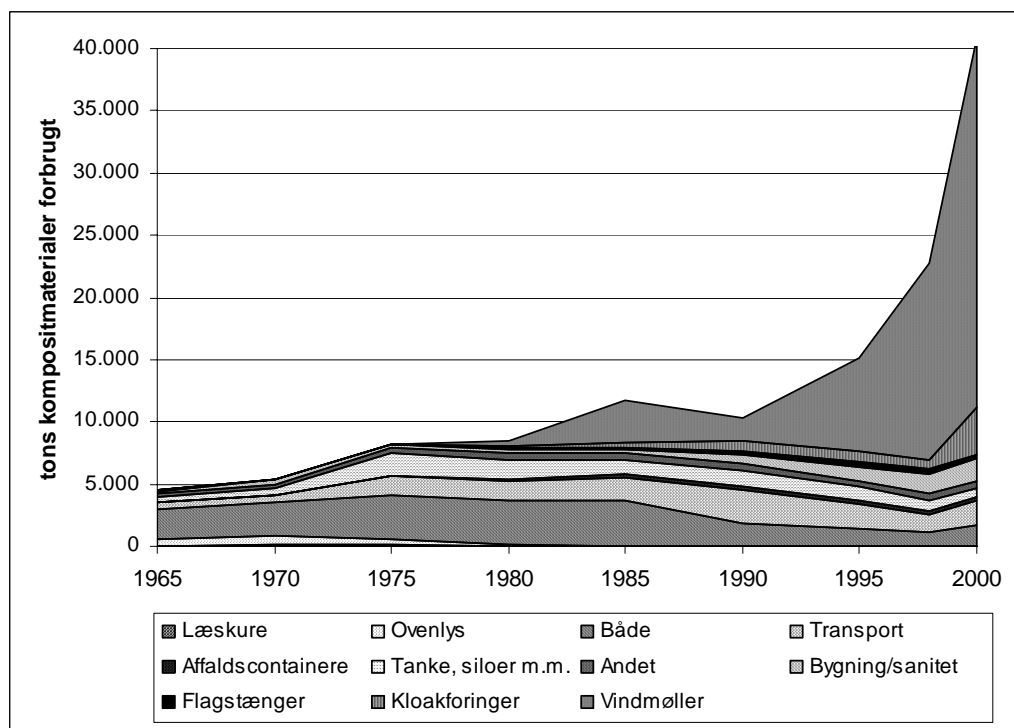
Produktionen af glasfiber begynder i Danmark i 1960'-erne, hvor flagstænger og stolesæder i glasfiber kom på markedet. Det er også her, at karrosseridele, til især busser, bliver udbredt, produktionen af karrosseridele ophører dog igen i løbet af 1970'-erne. Det samme gælder for badeværelser, der ellers også hører til blandt de første produkter af glasfiber i Danmark. Produktionen af glasfiberbåde kom i gang i slutningen af 1960'-erne med en masse små producenter. I slutningen af 1980'-erne gør ændrede skatteregler, at mange af de mindre værfter må lukke. I begyndelsen af 1970'-erne kommer køletrailere, affaldscontainere, tanke og siloer til blandt glasfiberprodukterne. Det falder sammen med, at der kommer et lovkrav om glasfiberbelægning af olietanke, hvilket giver et boom i produktionen. I samme periode starter produktionen af ovenlysvinduer, kupler og busskure, disse produceres dog kun i en kort periode

inden andre materialer tager over. Transportsektoren benytter op gennem 1970'erne i stigende grad glasfiber til køletanke, togdele, paneler, bildele, lastvognstanke, campingvogne, hestetrailere og tagbokse. Fra slutningen af 1970'erne anvendes glasfiber til produktion af affaldscontainere og foring af kloakrør /8/.

De første vindmøller baseret på kompositmaterialer blev produceret i slutningen af 1970'erne, og i 1980 kom der for alvor gang i den industrielle produktion af vindmøller. Vindmølleindustrien havde en meget stor fremgang i 90'erne, således at de i dag står for knap 70 % af produktionen af kompositmaterialer, når der ses bort fra produktionen af polyesterbeton/kunstmarmor. Anvendelse af epoxyrepreg i forbindelse med vindmøller begynder i 1993, før dette tidspunkt er der udelukkende anvendt polyester. Polyester anvendes stadig i stor stil i vindmøllesektoren, også til vinger /8/.

Efter 1990 har byggesektoren anvendt glasfiber til forskellige profiler, som f.eks. skorstene, men også større til byggerier som broer /1, 8/.

Udviklingen i fremstilling af kompositprodukter i perioden 1965-2000 er vist på figur 3.1. Det skal bemærkes, at kompositprodukter dækker over en større



Figur 3.1 Estimeret forbrug af kompositmaterialer til produktion af kompositprodukter i Danmark 1965-2000, /8/.

gruppe produkter end glasfiberprodukterne. Det gælder dog stadig, at glas er den langt hyppigste fiber anvendt i kompositmaterialer, hvorfor figuren giver et meget godt billede af udviklingen i glasfiberindustrien.

3.4.1 Teknologi

Grundlæggende fremstilles glasfiber ved, at fibre, også kaldet armeringsfibre, indlejres i en matriks bestående af flydende plast (resin) indeholdende forskellige additiver. Produktet hærder og bliver fuldstændig stift.

Glasfiber kan fremstilles ved en række forskellige teknologier afhængig af produkt og egenskaber. Der skelnes mellem åbne og lukkede processer. Ved åbne processer er der ved produktion med polyester en større fordampning af især styren end ved lukkede. For de lukkede processer produceres både kontinuerligt og i enkelt produktion. Ved de åbne processer er det altid enkelt produktion. Teknologien har nok udviklet sig i perioden, men ikke med de store ændringer mht. materialevalg, der er dog en begyndende tendens til at anvende andet end glasfibre. Dertil kommer en tendens i branchen til at gå mod lukkede processer /2/. De mest udbredte produktionsmetoder i Danmark er håndoplægningsmetoden og vakuuminjektion /4/. Disse er sammen med pultrudering og prepregmetoden beskrevet nærmere idet efterfølgende og i kapitel 4.

Selv om der produceres på forskellige måder, er miljøbelastningen af det ydre miljø ikke meget forskellig, idet materialevalget ikke afhænger af metoden, men mere af produktets ønskede egenskaber.

Håndoplægning

Ved håndoplægningsmetoden lægges glasfibrene i en åben form, hvorefter det flydende plastmateriale kommes ovenpå. Matriksen enten hældes eller sprøjtes ud og fordeles derefter med en børste/kost. Alternativt kommes matriksen i formen først, hvorefter fibrene presses ned i matriksen /5/.

Vakuuminjektion

Ved vakuuminjektion placeres forstøbte fibre i en lukbar form, hvorefter den flydende matriks sprøjtes ind i formen og ved hjælp af vakuum trækkes ind mellem fibrene /5/.

Pultrudering

Pultrudering er en lukket proces, hvor fibrene kontinuerligt føres ind i et kar med matriks. Derefter føres de matriksindlejrede fibre videre og opvarmes, så det kan formes. Plastmatriksen hærder mens den trækkes gennem en aftrækningsmekanisme, hvor profilet trækkes til den endelige form /1, 5/.

Epoxy leveres nogle gange som prepreg, det vil sige, at epoxyen allerede ved levering indeholder glasfibrene. Epoxyen er forhærdet og skæres til i passende stykker, som derefter sættes op og hærder færdig ved hjælp af opvarmning. /9/

3.4.2 Anvendte råvarer og hjælpestoffer

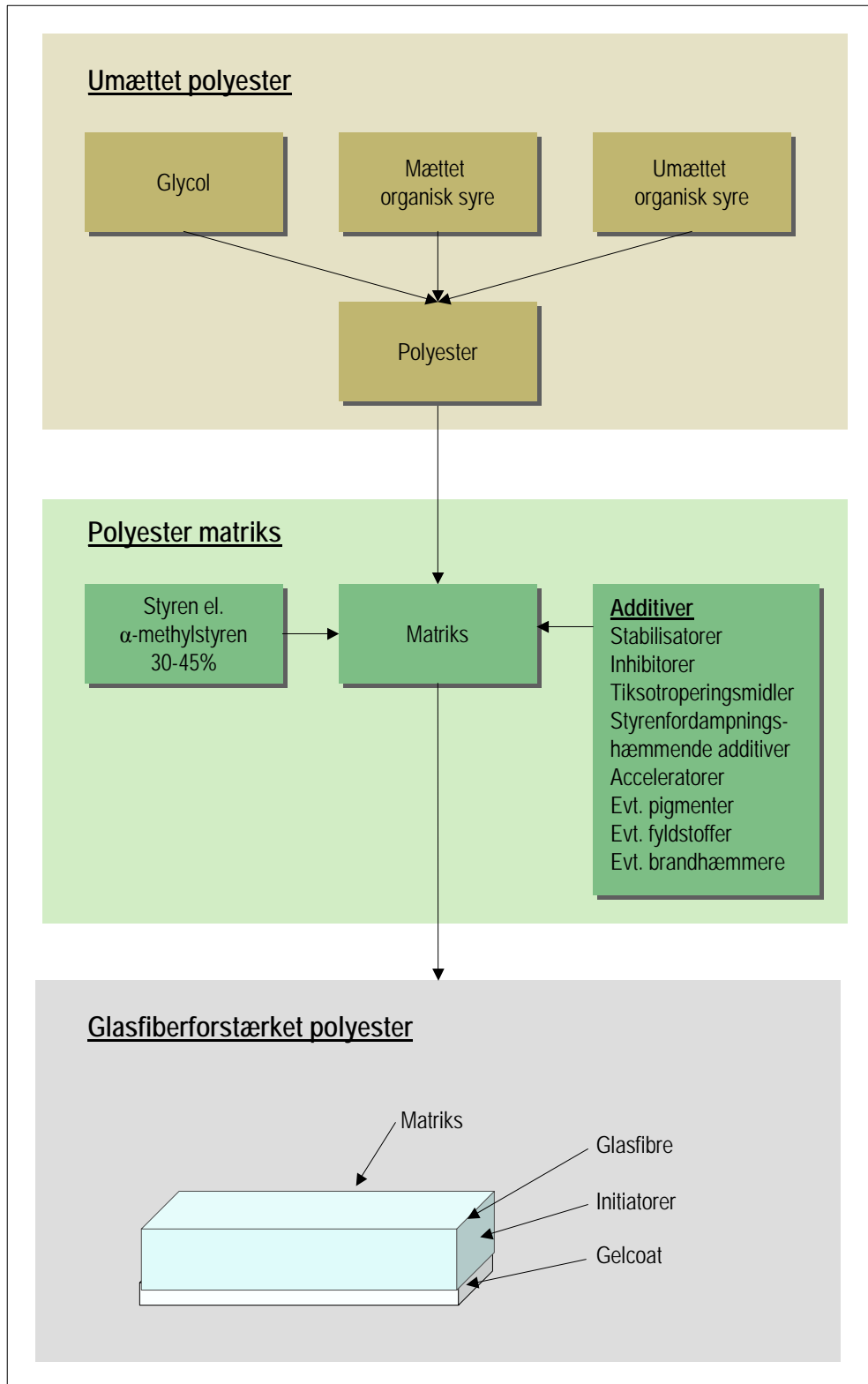
De primære råvarer til glasfiber er fibre og plast. Fibrene kaldes også armeringsfibre, da deres funktion er at gøre produktet stærkere. Plasten, hvori fibrene indlejres, kaldes inden for glasfiberbranchen for matriks. Tabel 3.1 viser de anvendte additiver, tilknyttede produkter og rensemidler.

Af de nævnte additiver og tilknyttede produkter er det kun initiatorer, fyldstoffer, lim og kernematerialer der håndteres hos glasfiberproducenten. De øvrige komponenter er tilsat hos leverandøren af matriksen. Tidligere blev der håndteret flere af additiverne hos glasfiberproducenten, hvorfor virkshederne var indrettet med et blanderi /2/. Denne overgang fra 'rene' råvarer til færdigblandet matriks kan ikke tidsfæstes præcist. Det er dog rimeligt at forvente, at færdigblandet matriks får udbredelse på markedet sidst i 80'erne, hvor forbruget accelerer voldsomt.

Additiver		Håndteres på virksomheden
Stabilisatorer/inhibitorer	Sikrer at matriksen holder sig flydende	Nej
Initiatorer	Sætter hærdningen i gang	Ja
Acceleratorer	Accelererer hærdningsprocessen	Nej
Tiksotroperingsmidler	Sikre en god vedhæftning til fibrene	Nej
Styrenfordampningshæmmende additiver	Reducerer styrenfordampningen under hærdningen	Nej
Farvepigmenter	Giver produkterne den ønskede farve (tilsættes ofte kun i gelcoat)	Nogle gange
Fyldstoffer	Giver materialet en mere glat og slidbestandig overflade	Ja
Brandhæmmere	Giver glasfiberen brandhæmmende egenskaber	Nogle gange
Tilknyttede produkter		
Gelcoat	Beskyttende lag, der kommes på overfladen	Ja
Lim	Ofte limes støbte komponenter sammen til færdige produkter	Ja
Kernematerialer	Anvendes i sandwichkonstruktioner som mellem lag.	Ja
Rensemidler		
Vandbaserede tensider	Anvendes især ved epoxy	Ja
Acetone	Det primære rensemiddel	Ja
Methylenchlorid	Anvendes ved særlige rensopgaver	Ja

Tabel 3.1 Oversigt over additiver og andre produkter, der benyttes til produktion af glasfiber.

På diagrammet i figur 3.2 er der vist, hvorledes glasfiberarmeret polyester er opbygget, samt hvilke råvarer og additiver, der benyttes.

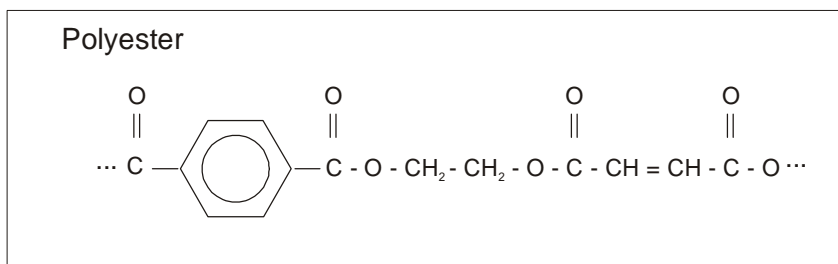


Figur 3.2 Oversigt over produktion af glasfiberforstærket polyester.

Som matriks anvendes hyppigst umættet polyester. Den umættede polyester består af:

Glycol: Normalt anvendes ethylenglycol og propylenglycol, i sjældne tilfælde anvendes neopentylglycol eller bisphenol A.

Mættet organisk syre: De primære er orto-, iso eller terephthalsyre. Umættet organisk syre: Typisk anvendes maleinsyreanhydrid eller fumarsyre /5/.



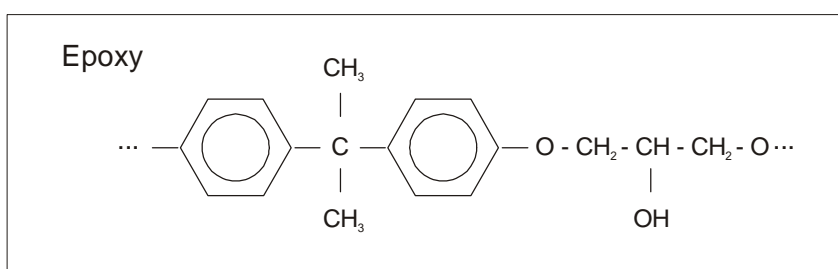
Figur 3.3 Polyester af terephthalsyre, ethylenglycol og fumarsyre.

Dobbeltbindingen vil reagere med styren, som derved kommer til at fungere som tværbindere mellem polystermolekylerne.

Den umættede polyester opløses i en vinylester, som regel styren eller α -methylstyren. Indholdet af styren er på 30-45 % og sikrer, at polyesteren holder sig flydende. Dertil kommer, at styrenen fungerer som tværbinder i hærdeprocessen /5/.

Den umættede polyesteropløsning er i dag tilsat et overfladeaktivt additiv, der mindsker afdampningen af styren under opsætningen. Uden additivet fordamper ca. 5 % af styren, mens kun 2-3 % fordamper ved tilsætning af additivet. Paraffinvoks anvendes eksempelvis som overfladeaktivt additiv /2/.

Dertil kommer brug af epoxy som matriksmateriale. Epoxy leveres nogle gange som prepreg til glasfiberindustrien. Prepreg henviser til, at fibre er blandet med resin hos råvareleverandøren. De steder, hvor der ikke anvendes prepreg, men epoxyresin, det vil sige epoxy på flydende form, er produktionsmetoderne de samme som ved polyester /5/. Den mest anvendte epoxyresin fremstilles af 90 % epichlorhydrin og 10 % bisphenol A /10/.



Figur 3.4 Epoxymolekyle af epichlorhydrin og bisphenol A.

Matriksen er fra råvareproducentens side tilsat stabilisatorer/inhibitorer for at forlænge holdbarheden af produktet. Typisk anvendes quinoner (parabenzoo- eller methylhydro-) eller tert-butylcatechol tilsat i en koncentration på ca. 200 ppm, som stabilisatorer. Parabenzoquinon er opløst i styren eller ethanol, mens metylhydroquinon er opløst i cyklohexanon. Tert-butylcatechol er opløst i diisobutylphthalat /2/.

Hvis hærningen foregår uden opvarmning, dvs. ved koldhærning, er der tilsat acceleratorer, som ligger og venter på at blive sat i gang af initiatorerne. Initiatorerne sætter hærningen i gang og acceleratorerne får processen til at forløbe hurtigere. Den mest anvendte accelerator er coboltoktoat opløst i mineralisk terpentin eller dibutylphthalat. Der kan også anvendes aminforbindelser som N,N-dimethylanalin eller N,N-diethylanalin. Acceleratorer tilsættes i en koncentration på 0,01-0,02 % /2/.

Derudover er der af råvarefabrikanten tilsat tiksotroperingsmiddel, hvis det skal påføres ved hånd- eller sprøjteoplægning. Tiksotroperingsmidlet sikrer, at matriksen har en god vedhæftning til glasfibrene. Det hyppigst anvendte middel er amorf kiselsyre/2/.

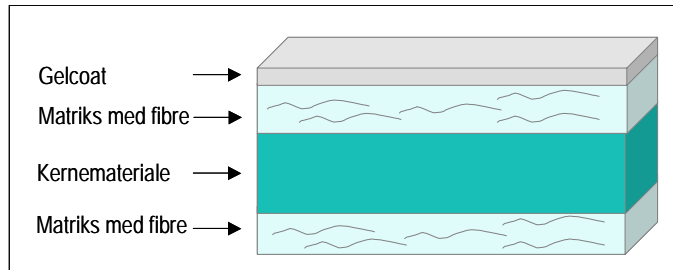
De anvendte initiatorer til polyester er methylethylketonperoxid (MEKP), acetylacetonperoxid og benzoylperoxid. Benzoylperoxid anvendes typisk ved varmhærning /2/. Til epoxy anvendes amin og anhydrid hærere. De typiske amin hærere er diethylenetriamin (DTA) og triethylentetramin (TETA) /11/. Når der benyttes prepreg er initiatorerne tilsat fra leverandørens side, og elementerne hærder færdigt ved hjælp af opvarmning /9/. Initiatorerne tilsættes i en koncentration på 1-2 % /2/.

Gelcoat anvendes som toplag på glasfiberen, dels for at beskytte selve glasfiberkonstruktionen, men også for at give overfladen særlige egenskaber og det ønskede udseende. Der er tidligere anvendt farvestoffer indeholdende blychromat og cadmiumsulfid /12/.

Meget ofte kommes fyldstoffer som kridt, grus eller sten i matriksen for at gøre produktet billigere. Før forbudet mod asbest i 1986 har der været anvendt asbest som fyldstof /2/.

Hvis glasfiberen skal være brandhæmmende, kan der være tilsat bromerede flammehæmmere, chlorerede paraffiner eller antimontrioxid. Normalt indeholder matriksen allerede brandhæmmerne ved levering, men det kan ske at antimonoxid på pastaform eller chlorparaffiner tilsættes hos glasfiberproducenten /2, 12, 14/. I 1960'-erne indeholdt antimontrioxid mere end 0,1 % arsen /12/. Desuden er der anvendt chlorerede fosforforbindelser, som tri(chlorethyl)fosfat /12/. Der er de sidste par år lavet forsøg med brug af aluminiumhydroxid og ammoniumpolyfosfat som erstatning for de bromerede flammehæmmerne /14/. Det er i /2/ anslået, at omkring 5 % af den producerede glasfiber er brændhæmmet.

Meget ofte, især til de større produkter, laves en sandwichkonstruktion, hvor to lag af glasfiber ligger omkring et kernemateriale. De typiske kernematerialer er opskummet PVC, balsatræ eller polyurethan /2/. Figur 3.5 viser princippet i en sandwichkonstruktion.

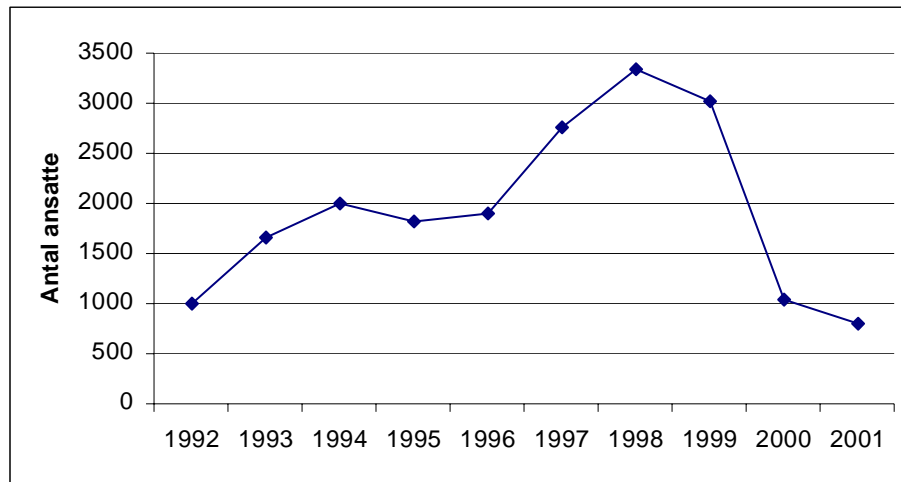


Figur 3.5 Principskitse af en sandwichkonstruktion.

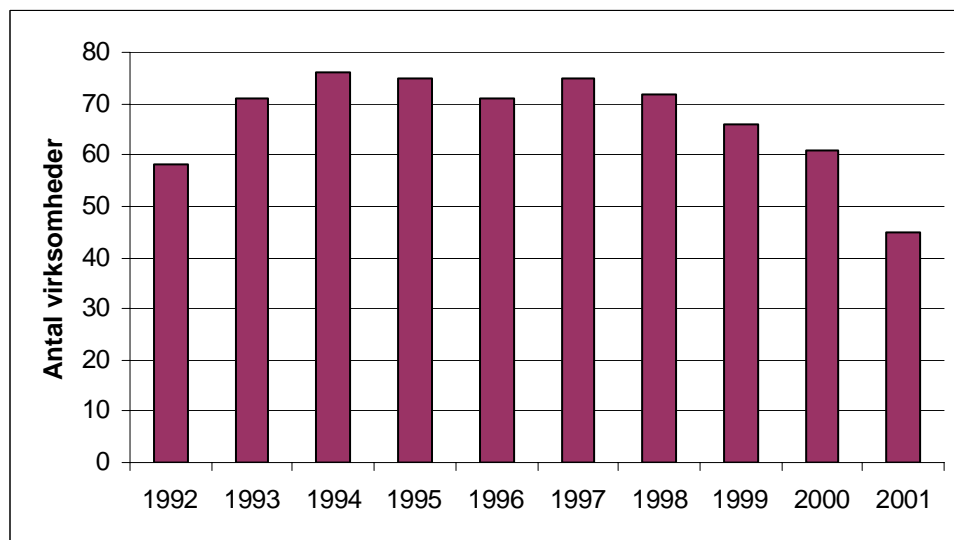
I glasfiberindustrien anvendes rensmidler til afrensning af værktøj og forme. De sidste par år har der været vandbaserede rensmidler på markedet. De vandbaserede rensmidler anvendes især ved produktion med epoxy. Tidligere blev der udelukkende anvendt rensmidler baseret på opløsningsmidler, og det gøres der stadig i dag mange steder. Det er næsten udelukkende acetone, der har været anvendt og stadig anvendes. Især ved afrensning af uhærdet polyester anvendes en del acetone. I særlige tilfælde, som ved rensning af gevind, anvendes methylenchlorid (dichlormethan) /2, 3/.

3.4.3 Antal virksomheder og beskæftigede

Der føres ikke og er ikke ført statistik over kompositvirksomheder som selvstændig gruppe. Der findes data for branchekode 26.14.00 Fremstilling af glasfiber og visse varer heraf. Problemet er imidlertid, at væsentlige dele af kompositbranchen, som vindmøller og bådeværfter, ikke er medtaget under ovennævnte branchekode, men i stedet under deres produktrelaterede branchekode.

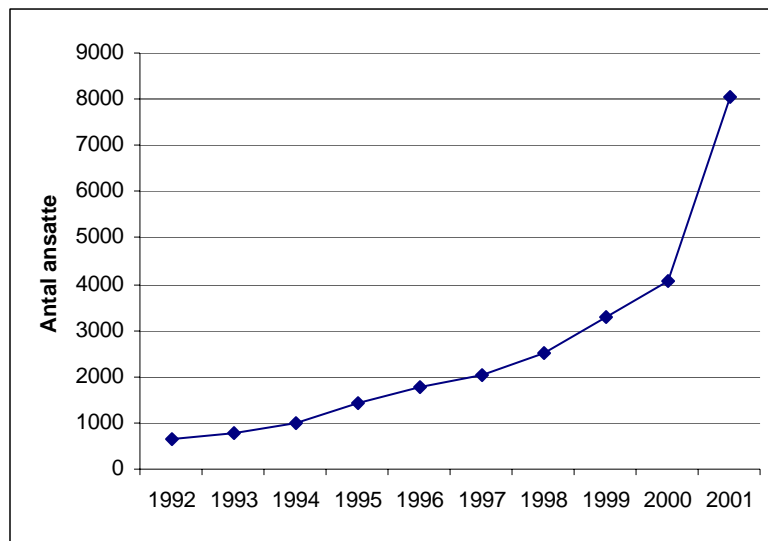


Figur 3.6 Antal ansatte i glasfiberindustrien under branchekode 26.14.00, /14/.



Figur 3.7 Antal virksomheder i glasfiberindustrien under 26.14.00, /14/.

Figur 3.6 er ikke retvisende for kompositbranchen samlet, da den ikke har den eksplosive vækst i vindmølleindustrien med. Vindmølleindustrien har oplevet en meget stor fremgang siden midten af 1990'-erne, hvor vindmøllebranchen (branchekode 31.10.40) er mere end firedobbelt fra knap 2.000 ansatte til ca. 8.000 ansatte. Ifølge Statistikken var der 640 ansatte i vindmølleindustrien i 1992. Det skal dog bemærkes, at tallene fra vindmølleindustrien ikke er repræsentative for antallet af ansatte i kompositindustrien, men at udviklingen i kompositindustrien domineres af udviklingen i vindmølleindustrien.



Figur 3.8 Udviklingen i antal ansatte i vindmølleindustrien under branche kode 31.10.40, /14/.

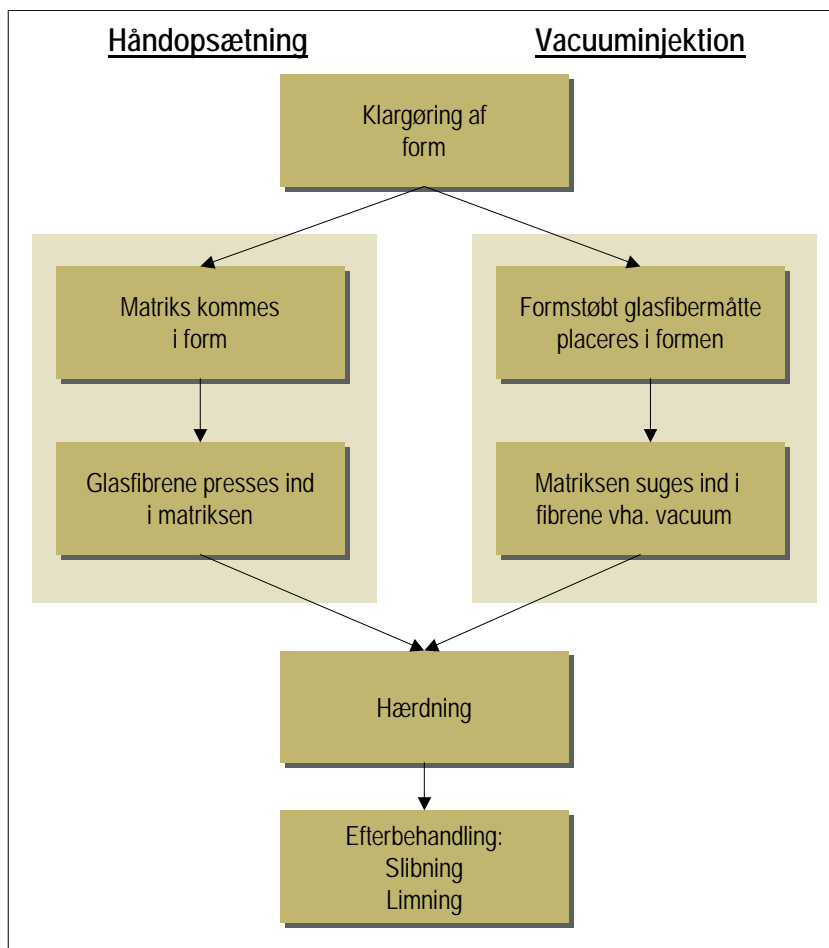
Tidligere var der mange små producenter af glasfiberbåde, men med ændrede skatteregler i slutningen af 1980'-erne, blev mange af værfterne lukket. De senere år har der dog været fremgang i bådproduktionen /7, 14/.

Branchen er kendetegnet ved, at der er en lang række små virksomheder og relativt få store. Som tidligere nævnt har Komposit-Sektionen under Plastindustrien omkring 30 produktionsvirksomheder som medlemmer, men dækker 80-90 % af omsætningen /7/. I midten af 1990'-erne var der ca. 160 virksomheder, der fremstillede glasfiber produkter og 2.500-3.000 ansatte i plastkompositbranchen /2/.

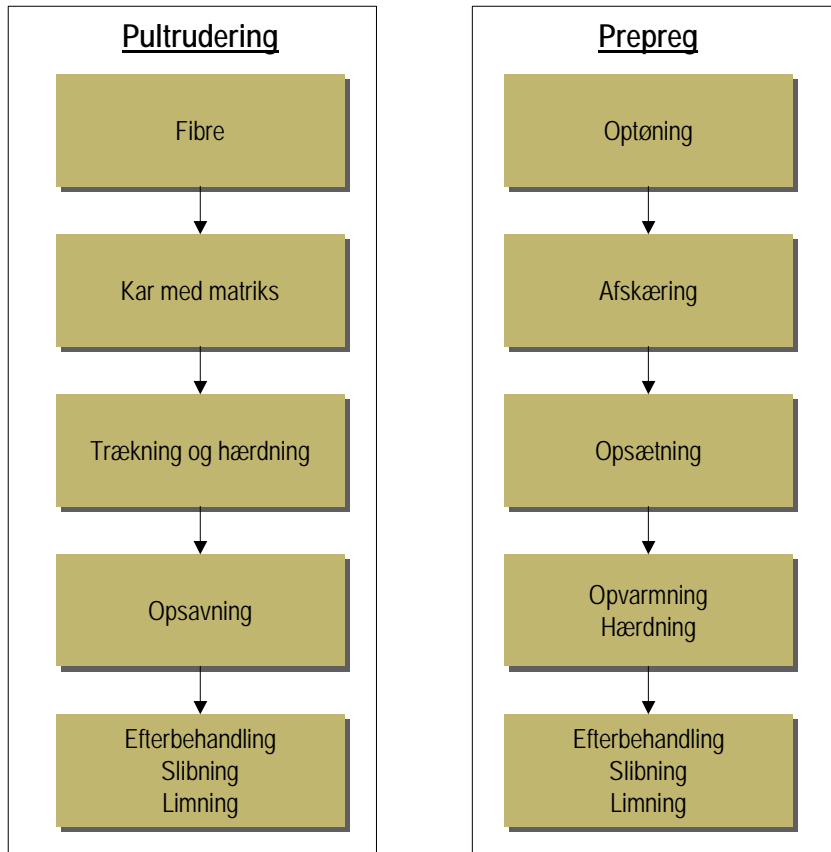
4. Processer, teknologi og miljø

4.1 Procesbeskrivelse

Den typiske arbejdsgang ved fremstilling af glasfiberprodukter ved håndopsætning, vakuuminjektion, pultrudering og prepregmetoden er illustreret i figur 4.1 og 4.2.



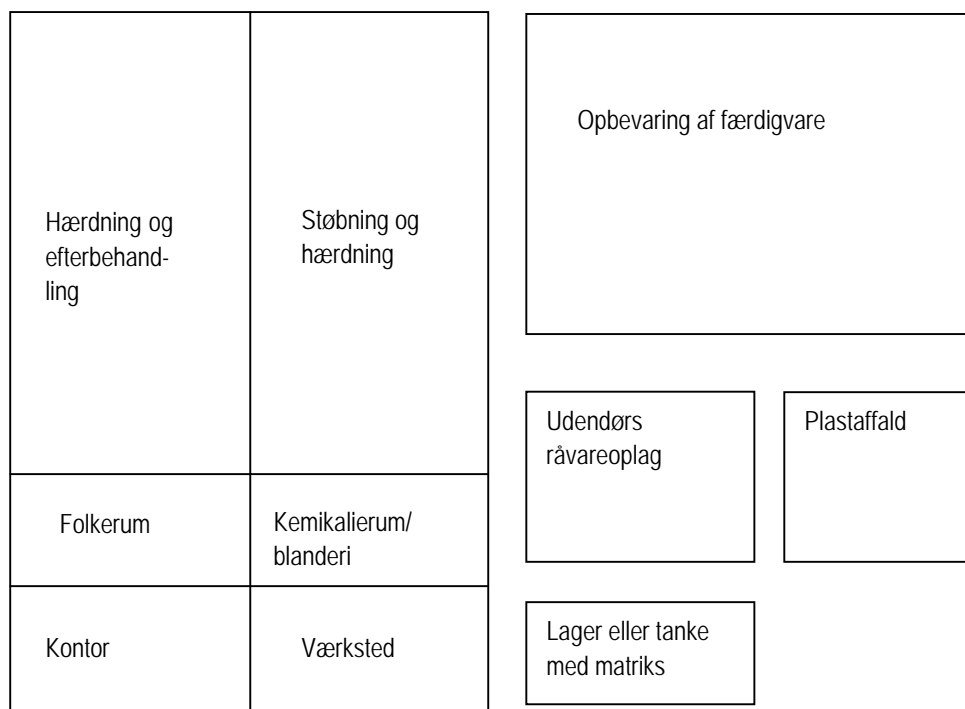
Figur 4.1 Fremstilling af glasfiberprodukter.



Figur 4.2 Fremstilling af glasfiberprodukter.

4.2 Virksomhedsindretning

Virksomhedsindretningen varierer meget afhængig af, hvad der produceres, og især hvor store elementer der produceres. Matriksen opbevares normalt i tanke, der tidligere ofte var nedgravet. Der kan også have være nedgravede tanke til acetone, som anvendes i forbindelse med rengøring. I dag er de fleste additiver tilsat allerede hos råvareleverandøren, men tidligere havde man ofte deciderede rum til at blande i.



Figur 4.3 Skematisk eksempel på virksomhedsindretning.

4.3 Arbejdsmetoder og miljøbelastning

Produktion af glasfiber indeholder en række generelle funktioner/enhedsoperationer:

- Opbevaring af råvarer
- Klargøring af forme
- Oplægning/støbning af glasfiber
- Hærdning
- Efterbehandling.

Generelt anvendes fire meget forskellige metoder til oplægning/støbning af glasfiber. Arbejdsmetoderne er derfor beskrevet i detaljer for de fire metoder:

- Håndoplægning
- Vakuuminjektion
- Pultrudering
- Prepreg.

4.3.1 Opbevaring af råvarer

Opbevaring af råvarerne sker normalt på nedenstående måde.

Råvarer	Opbevaring
Matriks	Tanke, 1000 l. eller 220 l. fade
Glasfibre	Udendørs
Prepreg	Ruller omviklet med plastfolie
Additiver	
Initiatorer	5 l. eller 25 l. plastikdunke
Fyldstoffer	Udendørs
Rensemidler	
Vandbaserede detergenter	Tanke, tromler og dunke
Acetone	Tanke eller 220 l. fade
Methylenchlorid	Tanke, tromler og dunke
Tilknyttede stoffer	
Lim	Tromler eller tanke
Kernematerialer	Tanke eller udendørs oplag

Tabel 4.1 Opbevaring af de i branchen anvendte stoffer.

Miljøbelastning ved opbevaring af råvarer

I relation til jord- og grundvandsforurening kan opbevaring af råvarer medføre følgende miljøbelastning:

- Uheld og spild kan finde sted på utæt befæstning i forbindelse med overførsel af flydende råvare fra tankbil til eventuelt tankanlæg.
- Spild og lækage af flydende råvarer via utæt tank, tromler, dunke mv.
- Uheld og spild ved manuel håndtering af både faste og flydende råvarer.

Særlig fokus rettes mod, at råvarer som matriks og evt. acetone har været og måske stadig er opbevaret i underjordiske tanke, da lækage herfra kan være svær at opdage.

Tidligere har man tilsat flere additiver til glasfiberen på fabrikkerne, mens disse i dag ofte tilsættes hos råvareleverandøren. Denne overgang til at bruge færdigblandet matriks er sandsynligvis sket sidst i 80'erne. Det er dermed sandsynligt, at håndteringen af råvarer har været større, end den er i dag.

4.3.2 Klargøring af forme

Formene er lavet af glasfiber, stål eller træ. Formene smøres med enten en hærdende polymer eller et voksbaseret slipmiddel for at sikre, at glasfiberen ikke sætter sig fast til formen. De hærdende polymerer skal påføres efter ca. 30 støbninger, mens de voksbaserede slipmidler skal påføres oftere, normalt med et

par dages mellemrum. Slipmidlerne er opløst i organiske ikke chlorerede opløsningsmidler /2/. Slipmidlerne medfører normalt ikke væsentlige miljøbelastninger /10/.

Til beskyttelse af glasfiberproduktets overflade kommes et 0,5-0,7 mm tykt lag af umættet polyester, kaldet gelcoat eller topcoat, derefter i formen. Den umættede polyester indeholder 30-45 % styren, hvoraf en del fordampes under opsætningen. Ofte er der farvepigmenter i gelcoaten, således at den ønskede farve på produktet opnås /2/.

Indtil begyndelsen af 1990'erne anvendtes farvestoffer med blychromat ved røde, gule, orange og grønne farver. Før 1990 blev der også anvendt farvestoffer med cadmiumsulfid. Normalt blev der anvendt mængder på 1-10 % /12/. Gelcoaten er altid blevet leveret i den ønskede farve. Der er således ikke håndteret pigmenter på glasfiberfabrikkerne /3/.

Miljøbelastning ved klargøring af forme

I relation til jord- og grundvandsforurening kan klargøringen af forme medføre følgende miljøbelastning:

- Spild med smøremidler (hærdende polymer og voksbar slipmiddel) eller gelcoat.
- Kondensering af opløsningsmiddeldampe i ventilationsanlægget, ofte hvor afkastet føres ud i det fri.

Slipmidlerne medfører normalt ikke væsentlige miljøbelastninger /10/.

Eftersom gelcoaten altid leveres farvet, håndteres farvepigment ikke på virksomheden, og risikoen for forurening med tungmetaller fra pigmenter er derfor ringe.

4.3.3 Oplægning/støbning af glasfiber

Der anvendes typisk mellem 40-60 % glasfibre i produkterne. Glasfibrene udgør ikke i sig selv en miljøbelastning /2/. For alle produktionsmetoder anvendes de samme råmaterialer og additiver. Ren miljømæssigt er der grund til at skelne mellem lukkede og åbne processer, idet fordampningen af flygtige stoffer og risikoen for spild er større ved åbne processer.

Ofte tilsættes fyldstoffer som kridt, grus eller sten. Dette gøres for at reducere brugen af de dyre materialer som matriks og fibre, og derved gøres produktet billigere /1/. Før midten af 1980'erne er der anvendt asbestholdige fyldstoffer, men disse er i dag totalt forbudt. Fyldstofferne tilsættes matriksen i mængder op til 85 % /2/.

Den umættede polyester opbevares i tanke, som eventuelt kan være underjordiske tanke /2/. Epoxy leveres som pulver eller granulat, og der kan

være risiko for støvpåvirkning ved håndtering /10/. Epoxy-prepreg opbevares i fryserum i ruller /9/.

Epoxy er inden udhærdning allergifremkaldende, hvilket sætter en lang række krav til arbejdsmiljøet på de virksomheder, der arbejder med epoxy. Også ved arbejdet med polyestermatriks, er der en række arbejdsmiljørestriktioner på grund af styrenfordampning /15/.



Figur 4.4 Eksempel på glasfibermåtte /6/.

Håndoplægning

Håndoplægning er den mest benyttede metode gennem tiden. Processen er en åben proces, der dog kan gøres delvist lukket ved at lægge en sæk henover. Ved håndoplægning kan matriksen presses ind i den allerede indlagte glasfibermåtte, eller glasfibermåtten kan presses ind i matriksen, der på forhånd er kommet i formen. Matriksen enten hældes fra små dunke/spande eller sprøjtes ud i formen. I dag findes der automatiske doseringsanlæg. Presningen sker ved håndkraft med koste, pensler eller ruller. Flere lag af glasfibermåtter kan bygges oven på hinanden, indtil den ønskede tykkelse er opnået, /2, 5/.

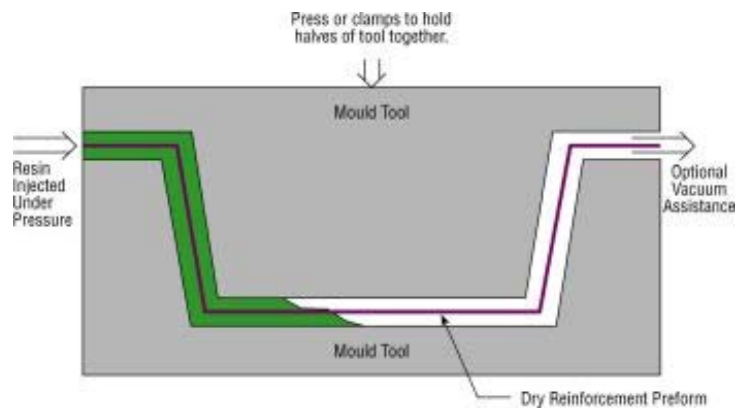


Figur 4.5 Håndoplægning, /26/.

Vakuuminjektion

Ved vakuuminjektion kræves der både en inder- og en yderform, og det er således en lukket proces. Yderformen er typisk af glasfiber, mens inderformen er forholdsvis fleksibel. Glasfibermåtten placeres i underformen, hvorefter formen lukkes, og matriksen sprøjtes ind med et overtryk på ca. 10 kPa. i afmålt mængde. Ved hjælp af vakuum suges matriksen gennem glasfibermåtten, indtil overskuddet løber ud i overløbsrenden /5/.

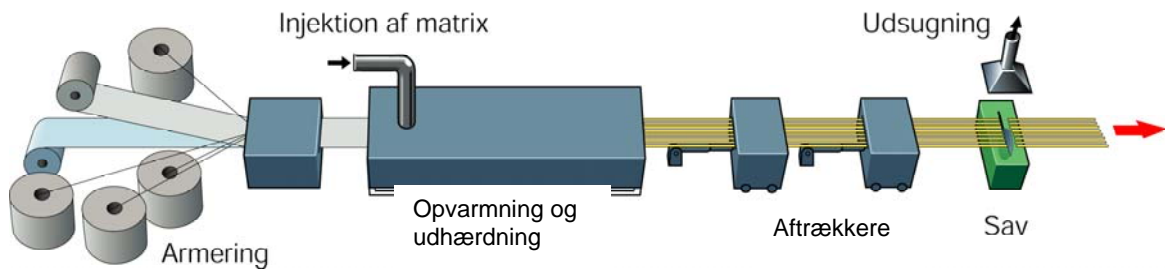
Metoden anvendes især til store emner, og emner hvor der ønskes detaljer i udformningen, som er umulige ved håndoplægning /5/.



Figur 4.6 Skitse af princippet i vakuuminjektion, /6/.

Pultrudering

Pultrudering er en lukket kontinuert proces, hvorved miljøbelastningen af omgivelserne mindskes. Metoden går ud på, at fibre trækkes gennem et kar med flydende matriks, som så lejes omkring fibre. Matriksen ledes via rør fra tankene over i karet. Efterfølgende køres den fiberforstærkede matriks gennem en opvarmet stålform, der gør det muligt at forme fibre. Den endelige form opnås ved, at profilen trækkes gennem en hærdezone, hvor plasten hærder. Til sidst savs profilerne over i de ønskede længder.



Figur 4.7 Skitse over forløbet i pultruderingsprocessen, /27/.



Figur 4.8 Pultruderingsanlæg hos Fiberline Composites, /27/.

Prepreg

Prepreg adskiller sig fra de andre metoder ved, at fibrene er indlejret i matriksen allerede hos leverandøren. Prepregen leveres klar til brug på ruller og ligner et sammenrullet gulvtæppe. Initiatorerne er tilsat hos leverandøren, og produktet er forhærdet, så det har en tyggegummiagtig konsistens ved leveringen. For at sikre, at det ikke hærder færdigt, opbevares det koldt i frysehus, indtil det skal bruges. Inden brug tões prepregen op, hvorefter den skæres i passende stykker. Stykkerne sættes manuelt op i formen og hærder færdig ved opvarmning /3/.

Miljøbelastning ved oplægning/støbning af glasfiber

I relation til jord- og grundvandsforurening kan oplægning og støbning medføre følgende miljøbelastning:

- Uheld og spild ved håndtering af matriks. Dette kan særligt ske ved håndopsætning, hvor matriksen hældes eller sprøjtes ud i formen manuelt.
- Ved lækage i rørføringer eller produktionsanlæg. Ved pultrudering ledes matriksen ofte til produktionsanlægget fra et tankanlæg.
- Støvpåvirkning fra tilsatte fyldstoffer. Fokus er her på brugen af asbestholdige stoffer frem til midten af 80'erne.
- Støvpåvirkning ved anvendelse af epoxy, der leveres som granulat eller pulver.

- Kondensation af opløsningsmiddeldampe vil kunne ske, hvor afkastet føres ud i det fri. Kondensatet kan herfra dryppe på jorden.

Glasfibrene udgør ikke i sig selv en miljøbelastning /2/.

4.3.4 Hærdning

For at få hærdeprocessen i gang tilsættes 1-2 % initiatorer lige før brugen af matriksen. Matriksen indeholder fra leverandøren allerede acceleratorer, der accelererer hærdeprocessen, da den ellers ville gå alt for langsomt. Et alternativ til anvendelse af acceleratorer er at opvarme matriksen, hvilket benyttes ved anvendelse af prepreg. Hærdeprocessen er en eksoterm proces, hvilket vil sige, at der afgives varme ved processen. Efter en reaktionstid begynder temperaturen at stige, og matriksen bliver geleagtig. Samtidig accelereres hærdeprocessen pga. varmeudviklingen, og matriksen bliver derefter mere og mere fast /5/.

De anvendte initiatorer til polyester er organiske peroxidforbindelser, som methylethylketonperoxid (MEKP), acetylacetonperoxid og benzoylperoxid. Benzoylperoxid anvendes normalt, hvis der er tale om varmhærdning, dvs. at matriksen opvarmes i forbindelse med hærdningen /2/.

Epoxy hærdes ved tilsætning af diethylenetriamin (DTA) eller triethylentetramin (TETA) /11/.

Selve hærdningen foregår ved, at initiatorerne spaltes i 2 frie radikaler (organisk forbindelse med uparret elektron). De frie radikaler angriber dobbeltbindingerne i den umættede organiske syre, hvorved der dannes tværbindinger mellem de forskellige organiske forbindelser. Ved dannelsen af tværbindingerne bliver matriksen stiv (hærdet). Figur 4.9 herunder viser princippet i det, der sker ved hærdningen.

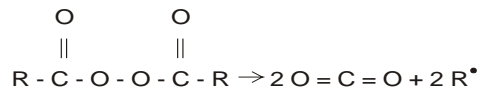
Ved hærdningen indbygges styrenen og hjælpestofferne. Dog vil 2-3 % af styrenen ved åbne processer fordampe. Tidligere, inden de additive, som hæmmer styrenfordampning, blev introduceret, fordampede 5 % af styrenen. Ved lukkede processer er styrenafdampningen kun på 1-1½ % /2/.

Miljøbelastning ved hærdning

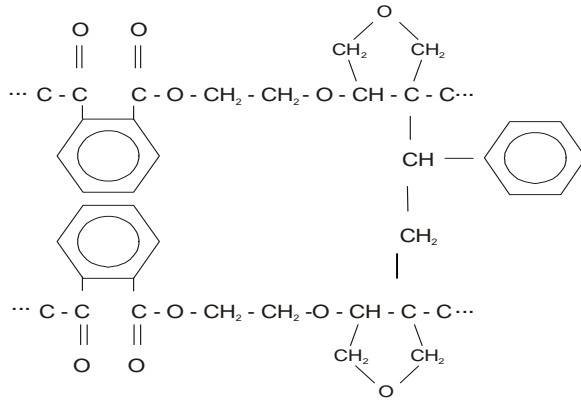
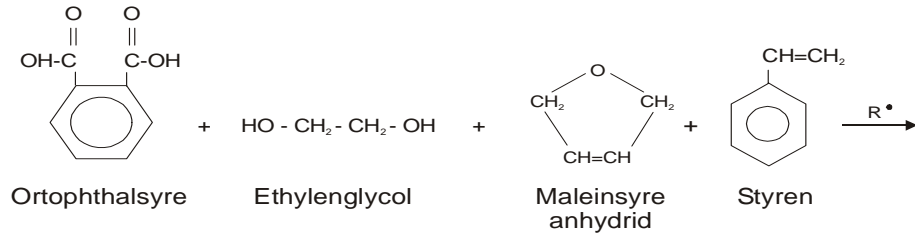
I relation til jord- og grundvandsforurening kan hærdningen medføre følgende miljøbelastning:

- Emissioner fra luftafkast, særligt styren. Opløsningsmiddeldampe vil kunne kondensere i ventilationsluften, ofte hvor afkastet føres ud i det fri. Herfra kan der dryppe opløsningsmidler på jorden.
- Spild og uheld ved tilsætning af initiatorer.

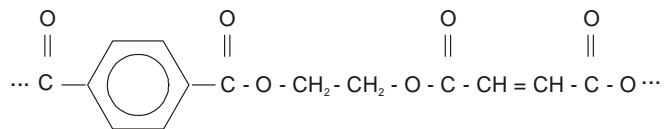
Dannelse af frie radikaler



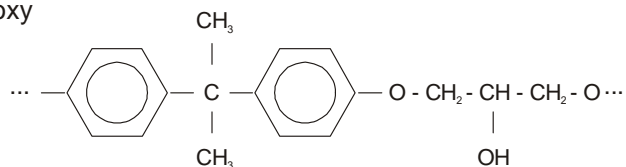
Hærdning



Polyester



Epoxy



Figur 4.9 Tegning/flow over hærdprocesser.

4.3.5 Efterbehandling

Slibning

Slibning af elementerne giver støv, hvorved stoffer i glasfiberen kan spredes til de omkringliggende omgivelser. Støvet kan have indeholdt blychromat og cadmiumsulfid frem til begyndelsen af 1990'-erne. For produkter, der var brandhæmmet med antimontrioxid i 1960'-erne, var der risiko for arsen i støvet, idet antimontrioxiden indeholdt mere end 0,1 % arsen /12/. Foruden antimonoxid har der været anvendt bromerede flammehæmmere og chlorerede paraffiner som brandhæmmere. Dertil kommer at asbest har været anvendt som fyldstof.

Limning

Ofte limes kompositkomponenter sammen for at opnå det ønskede produkt. Sædvanligvis anvendes en to-komponent lim baseret på umættet polyester eller MDI-hærdende polyurethan eller epoxy /2/.

Polyurethanlimen blandes lige inden brug af isocyanat og polyoler samt vand. Det vil sige, at der opbevares isocyanat af typen MDI (diphenyl-methan-di-isocyanat) /2/. MDI er sundhedsskadelig og på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer /10/. Ved udslip til luften vil det både findes på gasform og som partikler. På gasform nedbrydes det i luften med en halveringstid på 33 timer. I jord vil det reagere med vand og danne aminer og urea /28/. Grænseværdien for MDI er $0,05 \text{ mg/m}^3$ /10/.

Sandwichkonstruktioner

I forbindelse med produktion af sandwichkonstruktioner er kernematerialerne typisk opskummet polyurethan (PUR) eller PVC-skum f.eks. PMI (polymethacrylimid). Dertil kommer anvendelse af balsatræ /2, 3, 8/.

PUR skum dannes ved reaktion mellem vand, isocyanat og polyoler. Normalt anvendes MDI, som isocyanat. Råvarerne opbevares i tanke, hvorfra de pumpes over i et blændehoved og sprøjtes ind i formen. Der anvendes en række forskellige katalysatorer til processen. Til opskumning er der tidligere anvendt CFC- og HCFC-gasser, de er i dag forbudt, og i stedet anvendes HFC, cyklopentan og CO₂-baserede systemer /2/. Meget ofte købes PUR som skum i tilskåret form, som placeres i kernen inden elementerne limes sammen.

PVC-skum leveres til glasfiberindustrien som skumplader, og vurderes ikke at have nogen risiko for det ydre miljø. PVC er problematisk arbejdsmiljømæssigt på grund af de blødgørere, der ofte tilsættes i store mængder (op til 60 %) /12/.

Miljøbelastning ved efterbehandling

I relation til jord- og grundvandsforurening kan efterbehandlingen medføre følgende miljøbelastning:

- Støvpåvirkning fra slibning.
- Spild og uheld ved limning og ved færdigfremstilling af lim.
- Spild og uheld ved eventuel fremstilling af kernemateriale i form af opskummet polyurethan.

4.3.6 Rensning

Rensemidler bruges i branchen til rensning af forme og værktøj. Der er i de senere år kommet vandbaserede resemidler på markedet. Disse er især anvendelige til epoxy /3/. Før de vandbaserede produkter kom på markedet, blev der anvendt acetone og i særlige tilfælde, som ved rensning af gevind og snegle, methylenchlorid. Disse anvendes stadig i dag, især ved polyesterproduktion /2/

Fordelen ved de opløsningsmiddelbaserede resemidler er, at de fordamper hurtigere, og at matriksen bliver ødelagt ved kontakt med vand. Dertil kommer, at acetone er bedre end de vandige resemidler, især ved polyester. Der anvendes væsentligt mere acetone ved produktion med polyester end ved produktion med epoxy /2, 3/.

Miljøbelastning ved rensning

I relation til jord- og grundvandsforurening kan rensningen medføre følgende miljøbelastning:

- Spild og uheld ved brug af vand- og opløsningsmiddelbaserede resemidler.

4.3.7 Affald

Glasfiberaffald, der opstår ved tilskæring og fejlproduktion, opsamles i containere sammen med slibestøvet. Der er stor sandsynlighed for, at en del af støvet havner uden for containeren. Det skal bemærkes, at de anvendte farvestoffer kan indeholde tungmetaller /12, 30/.

Uhærdet polyester eller epoxy bliver opsamlet og hærdet inden det kommes i containere sammen med det øvrige glasfiberaffald. /9/ Affaldet skal bortskaffes efter aftale med de lokale myndigheder/2/.

Epoxyaffald bliver i dag deponeret, mens polyesteraffald enten deponeres eller afleveres til forbrænding /2/.

Miljøbelastning ved oplag af affald

I relation til jord- og grundvandsforurening kan oplag af affald medføre følgende miljøbelastning:

- Slibestøv og lignede, der spredes på lokaliteten fra affaldscontainere.

4.3.8 Andre aktiviteter

Udover direkte produktion af glasfiber findes der ofte et maskinværksted på virksomhederne. Her foregår bl.a. småreparationer af maskiner, vedligeholdelse af forme osv.

Virksomhederne kan være opvarmet med oliefyr og kan dermed have olietankanlæg.

Miljøbelastning ved andre aktiviteter

Virksomhedens øvrige aktiviteter kan medføre forurening af jordmiljøet. Miljøbelastningen vil naturligvis være afhængig af de faktiske aktiviteter, men kan typisk omfatte f.eks. spild af smøreolier og rensmidler ved maskinværkstedet og spild eller lækage af fyringsolie omkring tankanlæggene.

5. Forureningsrisiko

5.1 Oversigt over potentielle forureningskilder

I kapitel 4 er processer, anvendt teknologi og kemikalier samt de potentielle risici for jord- og grundvandsforurening fra glasfibervirksomheder gennemgået. Det fremgår, at antallet af forureningskilder er relativt begrænsede, og at kun få

	Miljøfarlige hovedkomponenter	Forekomst	Kildetype
Råvarer			
Matriks	<i>Brandhæmmere:</i> Bromerede flammehæmmere Chlorerede paraffiner Antimontrioxid Arsen Tri(chlorethyl)fosfat <i>Polyester:</i> Styren α -methylstyren	Jord Jord Jord Jord Jord Poreluft (Nedbrydes) Jord	Råvarelager og produktionssted do. do. do. Luftafkast Lager og prod.
Gelcoat	<i>Pigmenter:</i> Blychromat Cadmiumsulfid	Jord Jord	Råvarelager og Produktionssted
Fyldstoffer	Asbest (før 1986)	Jord	Råvarelager og produktionssted. Luftafkast Affaldscontainer
Initiatorer	<i>Polyester:</i> MEKP Acetylacetonperoxid Benzoylperoxid <i>Epoxy:</i> DTA TETA	Jord Jord Jord, Poreluft Vand Jord, Vand	Råvarelager og produktionssted do. do. do.
Lim	Isocyanat (MDI)	Nedbrydes	Råvarelager og produktionssted
Produkt			
Glasfiber	Ingen	-	-
Affald			
Støv	Pigmenter Brandhæmmer Asbest Uhærdet polyester og epoxy	Jord Jord Jord Jord/poreluft/vand	Afkast Affaldscontainer Affaldsplads
Rensmidler			
Tensider Acetone Methylenchlorid	Tensider Acetone Methylenchlorid	Vand, Jord Vand Vand, Poreluft	Spildevand Afkast
Andet			
Energi	Fyringsolie	Jord	Olietank(e)

Tabel 5.1 Oversigt over kilder til jord- og grundvandsforurening.

af de anvendte komponenter er almindeligt kendte forureningskomponenter. Tabel 5.1 viser en oversigt over de mulige typer og kilder til jord- og grundvandsforurening, der er knyttet til glasfiberindustrien. I bilag 1 er der en samlet liste over de anvendte stoffer i branchen, mens bilag 2 indeholder datablade for udvalgte stoffer.

Med hensyn til tensiderne er der ikke i kildematerialet /2, 3/ specificeret, hvilke tensider der er tale om. Det har derfor ikke været muligt at vurdere enkeltkomponenter i disse. Under rengøring er tensider beskrevet generelt.

5.2 Vurdering af væsentlige stofgrupper

Generelt er stoffernes fysisk-kemiske egenskaber udgangspunkt for en vurdering af risikoen for at træffe stofferne i henholdsvis jord, grundvand og poreluft. Stoffer med ringe opløselighed, lavt damptryk og kraftig adsorption / bioakkumulering (høj oktanol-vand fordelingskoefficient, stor molvægt og evt. positive ladninger) vil udvise størst tendens til at blive opkoncentreret i jordprofilen frem for at udvaskes til grundvand eller fordampe til poreluften. Omvendt vil stoffer med stor vandopløselighed og ringe adsorption udgøre den største risiko for grundvandskvaliteten, mens stoffer med højt damptryk udgør en risiko for poreluftforurening.

Kulbrinter (mineralolier)

Inden for glasfiberproduktion anvendes mange specielle organiske komponenter i små mængder. Håndtering af olie i både maskineri og ved opvarmning vil også kunne finde sted.

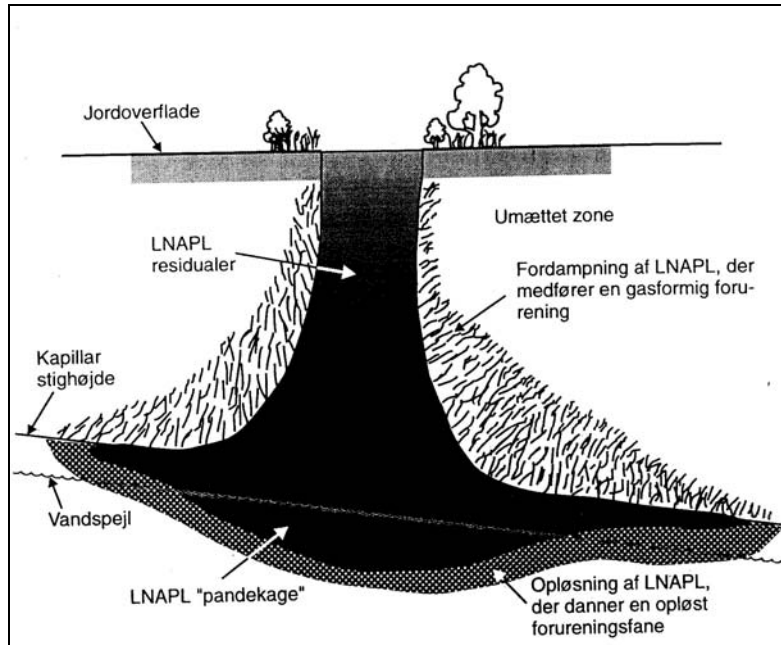
Kulbrinter har generelt en massefylde, der er mindre end vands og benævnes derfor LNAPL, Light Non-Aqueous Phase Liquids /31/.

En forurening med LNAPL bevæger sig gennem jordmatricen mod grundvandet pga. udvaskning, tyngdekraften, trykgradienter samt kapillarkræfter, se figur 5.1. På vejen vil en del af de flygtige komponenter fordampe til poreluften, en del vil blive opløst i porevandet, og en del af kulbrinterne vil blive fanget i jordens porer ved sorption (residual NAPL) /31/.

Et tilstrækkeligt stort kulbrintespild vil til sidst nå grundvandet, hvor det vil lægge sig oven på vandspejlet og strømme i retning af grundvandets hydrauliske gradient. Diffusion af kulbrinterne medfører en yderligere spredning af forureningen i andre retninger ud over strømningsretningen. Grundvandsforureningens udbredelse begrænses af sorption, fordampning og nedbrydning /31/.

Selv længe efter, at den frie fase har passeret gennem jorden, vil residual NAPL langsomt frigøres igen til jordvæsken fra jordmatricen pga. desorption. De forskellige typer af LNAPL bevæger sig ikke lige hurtigt gennem jordmatricen. Langkædede kulbrinter er f.eks. meget lidt mobile i jord, da de

sorberes stærkt til det organiske materiale og udgør således et potentielt problem for arealanvendelsen. Flygtige og vandopløselige stoffer som BTEX'erne er derimod særdeles mobile og vil med tiden fordampe og udvaskes fra den oprindelige forurening, og de udgør således den største trussel for grundvand og indeklime /31/.



Figur 5.1 Udbredelse af et LNAPL spild /31/.

Tungmetaller

Ud fra oplysningerne i kapitel 4 og 6 er metallerne bly, chrom, arsen og cadmium relevante.

Metaller er grundstoffer, der ikke kan nedbrydes til uskadelige komponenter. Metaller kan forekomme på forskellige kemiske tilstandsformer, der som følge heraf har forskellig mobilitet og miljøpåvirkning. Effekterne vil dog hovedsageligt bero på koncentrationsniveauet, og hvor de findes /31/.

Der er opstillet jordkvalitetskriterier for metallerne bly, chrom, arsen og cadmium og der eksisterer en del dansk erfaring med jordforurening med disse metaller.

Metallernes spredning i det terrestriske miljø er styret af processernes udfældning, sorption og kompleksering og endvidere af redoxprocesser for chrom og arsen /31/.

Bly optræder hyppigst som divalente kationer i det terrestriske miljø og tilbageholdes generelt kraftigt i jord pga. af sorption og udfældning med f.eks. fosfat. Sorption forekommer ved alle koncentrationsniveauer, mens udfældning generelt kræver høje koncentrationer. Den afgørende faktor for stoffernes sorption er pH, hvor stofferne er mest mobile ved lave pH-værdier. Tilføres

jorden organiske eller uorganiske ligander, f.eks. chlorid, carbonat og sulfat, øges stoffernes opløselighed som følge af kompleksdannelse, på nær under stærkt reducerede forhold /31/.

Chrom forekommer almindeligvis kompleksret med OH⁻ ioner (Cr(III)) og som oxyanionen chromat (Cr(VI)). Mobiliteten af chrom er stærkt afhængig af redoxforholdene, da chrom optræder som mobilt chromat under oxiderede forhold og udfældes under reducerede forhold. Sorptionen af chromat er styret af tilstedeværelsen og mængden af jern-, mangan- og aluminiumoxider, da anionerne ikke kan adsorbere direkte til jordmatricen /31/.

Arsen findes under aerobe forhold som arsenat (As(V)) og som arsenit (As(III)) under reducerende forhold. Generelt er As(III)-salte mere opløselige end As(V)-salte, hvilket betyder, at arsen vil være mere opløseligt (4-10 gange mere) under reducerende forhold. Arsen optræder overvejende som anioner og er derfor ikke styret af sorption, som de kationiske metaller. Kompleksdannelse er antageligt ikke af betydning for arsens mobilitet, da arsen som nævnt primært findes som anioner i jord- og grundvandsmiljøet.

Cadmium forekommer hyppigst som uorganiske cadmiumsalte. Specielt vandopløselige cadmiumsalte vil være mobile ved jordforureninger (cadmiumchlorid, cadmiumsulfat, cadmiumacetat). Tungt opløselige cadmiumforbindelser vil være mere stationære i jorden (cadmiumoxid, cadmiumhydroxid, cadmiumsulfid, cadmiumsulfid). Cadmium er mest mobil ved sur pH i jordvæsken.

Chlorerede kulbrinter

Af chlorerede kulbrinter inden for glasfiberproduktion anvendes især methylenchlorid til afrensning af gevind og snegle.

De chlorerede kulbrinter har generelt en densitet, som er højere end vands. De vil bevæge sig gennem jordmatricen mod grundvandet pga. udvaskning, tyngdekraft, trykgradienter, samt kapillarkræfter. På vejen vil en del af de flygtige komponenter fordampe til poreluften, en del vil blive opløst i porevandet og en del vil blive fanget i jordens porer ved sorption. Mange chlorerede kulbrinter er relativt flygtige og vil derfor ofte være at finde i poreluften på forurenede lokaliteter. Ved store spild vil en del af den fri fase af produktet nå grundvandet, hvor den vil lægge sig nede under grundvandsspejlet og strømme med grundvandets hydrauliske gradient. Diffusion af forurenede stoffer medfører en yderligere spredning af forureningen i andre retninger ud over strømningsretningen. Grundvandsforureningens udbredelse begrænses af sorption, fordampning og nedbrydning /31/.

Vandblandbare opløsningsmidler

Eksempler på vandblandbare opløsningsmidler inden for glasfiberproduktionen er særligt styren og acetone, komponenterne i både umættet polyester og epoxy er også vandblandbare.

Kendetegnende for vandblandbare opløsningsmidler er som navnet angiver, at de let opløses i vand, til forskel fra olie/benzin-komponenter og chlorerede opløsningsmidler. De vandblandbare opløsningsmidler vil typisk findes i vandfasen, hvor de er fuldt blandbare. Afhængig af dels det enkelte opløsningsmidlets egenskaber, dels spildets omfang og historie, vil de vandblandbare opløsningsmidler kunne påvises i poreluften og jorden.

Spild af vandblandbare opløsningsmidler vil udvaskes til grundvandet, hvor de vil kunne påvises /46/.

Vandblandbare opløsningsmidler kan ikke detekteres i meget lave koncentrationer, grundet analysetekniske forhold.

Brandhæmmere

Eksempler på anvendte brandhæmmere i forbindelse med glasfiber produktionen er bromerede flammehæmmere, korte chlorerede paraffiner og antimontrioxid.

Brandhæmmere er en gruppe af stoffer, der ikke har andet tilfældes, end at de kan give produkter brandhæmmende egenskaber. Det er ikke muligt at sige noget generelt om brandhæmmere, men der er grund til at være på vagt, da mange af de anvendte brandhæmmere har vist sig at være skadelige for både mennesker og miljø.

Additiver og hjælpestoffer

Methylethylketonperoxid (MEKP) er ikke på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer. Ved udslip til luften vil stoffet forblive i luften og nedbrydes. Halveringstiden i luften er 1½ - 2 døgn. I jord og vand vil MEKP reagere som oxidant i forbindelse med organisk materiale. Det er ikke sandsynligt, at der sker en fordampning fra jorden eller vand. Det vides ikke, hvor mobilt MEKP er i jord. I vand vil MEKP blive optaget af suspenderede stoffer eller sediment. Intet tyder på, at stoffet bioakkumulerer i vandige organismer /28/.

Der er ikke fastsat nogen grænseværdi for *acetylacetonperoxid*, hverken i Miljøstyrelsens bekendtgørelse nr. 921 fra 1996 om kvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af visse farlige stoffer til vandløb, søer eller havet eller i Arbejdstilsynets vejledning om grænseværdier for stoffer og materialer. Det skal dog bemærkes, at *acetylacetonperoxid* er stærkt oxiderende.

Benzoylperoxid er på listen over farlige stoffer /2/. Benzoylperoxid forekommer på både gas- og partikelform. Stoffet har en lav mobilitet i jord og vil ikke fordampe fra tør jord, men måske fra våd jord. Benzoylperoxid kan nedbrydes i aktivt slam, men vil bioakkumulere i vandige organismer, hvis det er muligt. I vand vil benzoylperoxid adsorberes til sediment og partikler, hvis det ikke bioakkumulerer, /28/.

Diethylenetriamin (DTA) er meget mobilt i jord og vil udvaskes, da det ikke nedbrydes i jorden. Stoffet er meget opløseligt i vand og vil hverken bioakkumulere, sorberes eller fordampe. I luften vil DTA oxidere vha. hydroxylradikaler med en halveringstid på under tre timer, /28/.

Triethylenetetramin (TETA) er stærkt basisk, ætsende og sundhedsskadelig, al hudkontakt skal undgås. Det er giftigt for vandmiljøet og kan ophobes i miljøet. TETA er opløselig i vand. Ved uheld skal forurenede jord fjernes, og vand indeholdende TETA betragtes som farligt affald /29/.

Styren nedbrydes i atmosfæren ved en fotokemisk proces, hvor der dannes hydroxylradikaler og ozon. Halveringstiden er omkring 7-16 timer. Det er ikke sandsynligt, at der vil tilføres store mængder styren til jorden, selvom der i afkastet er meget styren, da styren er lettere end luften. I tilfælde hvor det kommer i jorden, vil en del hurtigt afdampe til luften. I forsøg er omkring en fjerdedel fordampet efter en måned. Styrens opførsel i jord er meget lav mobilitet og totalt eller næsten totalt nedbrydeligt ved hjælp af mikroorganismer under iltholdige forhold. I forsøg med nedbrydelighed i jord blev omkring 90 % nedbrudt i løbet af 16 uger. Styren nedbrydes til ethylbenzen, der kan findes i jorden længe efter, idet det ikke umiddelbart nedbrydes eller udvaskes. Det vurderes på baggrund af få forsøg, at styren har en lav bioakkumulerbarhed. Styren i vand fordamper i løbet af nogle timer /28/.

Styren er nervebeskadigende, anses for kræftfremkaldende og er på Miljøstyrelsens liste over farlige stoffer. Den øvre grænse for styrenemission er en massestrøm på 2 kg pr. time eller 100 mg pr. m³ /2/. Der er i 1993 foretaget emissionsmålinger på en glasfibervirksomhed, hvor der produceres ved håndoplæg. Afkastet (uden rensning) fra produktionen af små emner indeholdt 3,5 mg/m³ og for store emner var afkastet 2,9 mg/m³. Der har været forsøg med luftrensning på 2 glasfibervirksomheder, men derudover er der ikke foretaget luftrensning inden for branchen, /2/.

Rensemidler

Acetone vil fordampe under normalt tryk og temperatur, således at det naturligt befinder sig på gasform. Acetonegas nedbrydes i luften ved hjælp af radikaler og sollys med en halveringstid på henholdsvis 71 og 80 dage. I jord har acetone en meget høj mobilitet, det vil dog blive nedbrudt både under iltholdige og iltfrie forhold. Det er forventeligt, at acetone fordamper fra overfladen af både våd og tør jord. Det formodes ikke, at acetone bioakkumulerer eller sorberer /28/. Acetone er på Miljøstyrelsens liste over farlige stoffer. Ifølge luftvejledningen må afkastet ikke indeholde mere end 6,25 kg pr. time eller 300 mg pr. m³. Der er normalt ikke problemer med afkast indeholdende acetone /2/.

Under normale tryk og temperaturer vil *methylenchlorid* være på gasform. Halveringstiden i atmosfæren er på 119 dage. Methylenchlorid vil, hvis muligt, fordampe fra jord og vand. I selve jorden er mobiliteten høj /28/. Methylenchlorid er nerveskadende og muligvis kræftfremkaldende ifølge Miljøstyrelsens liste over farlige stoffer /2/.

5.3 Vurdering af forureningsrisiko

Idet følgende afsnit er hovedtyper af kilder til forurening fra glasfiberindustrien beskrevet. Datablade for udvalgte af disse stoffer findes i bilag 3.

Spild og lækage af råvarer

Polyesteren indeholder *styren* eller *α-methylstyren*, som fordampes fra den umættede polyester. Den umættede polyester opbevares i tanke, hvilket mindsker fordampningen, og holder dampene inde. I tilfælde af lækage til jord vil styrenen og α-methylstyren sorbere til jorden og kun spredes langsomt. Styren nedbrydes hurtigt i jord og bioakkumulerer ikke. α-methylstyren vil derimod bioakkumulere i moderat omfang. Begge stoffer vil fordampe fra overfladen, men ikke fra dybereliggende jorde. Ved lækage til luften vil både styren og α-methylstyren forblive i luften og nedbrydes i løbet af nogle timer /28/. Ved nedbrydning dannes ethylbenzen, der i nogen grad vil fordampe til poreluften. Ethylbenzen har lav til moderat mobilitet i jord og vil ikke bioakkumulere i nævneværdig grad. Stoffet kan nedbrydes i aktivt slam /28/.

I de tilfælde, hvor der er benyttet *brandhæmmere*, er der anvendt følgende miljøfarlige stoffer: Bromerede flammehæmmere, korte chlorerede paraffiner og antimontrioxid. Stofferne er ofte allerede tilsat hos råvareleverandøren. Chlorerede paraffiner og antimontrioxid tilsættes dog nogle gange hos producenten.

Bromerede flammehæmmere har en række uønskede effekter på natur og sundhed, bl.a. er mange af dem hormonforstyrrende. De bromerede flammehæmmere er meget stabile og nedbrydes kun langsomt, og kan derfor spredes over et stort område. Stofferne kan opkoncentreres i fødekæden og ophobes i sediment /32/.

Chlorerede paraffiner er kræftfremkaldende og giftige. De sorberer til jorden og har lav vandopløselighed. Dog kan chlorerede paraffiner føres med vand på partikelform. Korte chlorerede paraffiner bioakkumulerer nemt. De vil findes længe i naturen, da de ikke bionedbrydes /33/.

Antimontrioxid er giftig for organismer og påvirker også planter. Stoffet vil findes sorberet til jordpartiklerne og vil ikke udvaskes i nævneværdig grad. Antimontrioxid regnes for at være persistent pga. lav vandopløselighed, høj stabilitet og lavt damptryk. Det lave damptryk gør, at stoffet ikke vil fordampe /34/. Antimonoxid kan have indeholdt urenheder af arsen /2/.

Tri(chlorethyl)fosfat har høj mobilitet i jord og vil hverken nedbrydes eller bioakkumulere. Stoffet fordampes fra våd jord. I luften vil tri(chlorethyl)fosfat hurtigt nedbrydes /28/.

Efter hærkning er brandhæmmerne indbygget i polymeren og er således ikke længere til fare for naturen i samme grad som før. Det er dog muligt, at de bromerede flammehæmmere kan frigives fra den hærkede plast /32, 34/.

Før 1986 er der anvendt *asbest* som fyldstof i glasfiberen. Asbest er yderst sundhedsskadeligt og er i dag forbudt. Asbest er betegnelsen for en gruppe fiberformede silikater. Silikaterne nedbrydes ikke, og alt jord indeholdende asbest betragtes som forurenede jord.

Initiatorerne tilsættes på glasfibervirksomheden, med mindre der er tale om prepreg. Der er således mulighed for udslip til jord ved spild eller lækage. Efter hærkningen er initiatorer indbygget i matriksen, og der er således ikke længere fare for udslip til naturen. De anvendte initiators opførelse i jord er beskrevet herunder:

MEKP (methylethylketonperoxid) vil i jord reagere med organisk materiale som oxidant. Mobiliteten af MEKP er ikke kendt og de teoretiske beregninger svinger fra meget høj mobilitet til immobil. Der er intet, der tyder på, at stoffet vil bioakkumulere /28/.

Acetylacetonperoxid er der meget lidt viden omkring. Det er dog sikkert, at stoffet vil reagere som oxidant, hvis den har mulighed for det.

Benzoylperoxid har en meget lav mobilitet i jord og kan akkumulere. I aktivt slam kan stoffet nedbrydes, og der kan muligvis ske en fordampning fra våd jord /28/.

Diethylentriamin (DTA) er meget vandopløselig og meget mobil og vil udvaskes til grundvandet, da det ikke er nedbrydeligt /28/.

Triethylentetramin (TETA) er fuldstændig opløseligt i vand, og det er således sandsynligt, at stoffet vil nå grundvandet på et tidspunkt. Det kan dog ikke udelukkes, at stoffet kan binde sig til jordpartikler. Jord forurenede med TETA skal fjernes og betragtes som farligt affald /29/.

En af de anvendte lime er polyurethan, som består af dioler og isocyanat. Den anvendte isocyanat er MDI (diphenyl-methan-di-isocyanat). Isocyanater er meget reaktive og vil ved udslip til jord straks reagere med vand og danne aminer og urea /28/.

Spild og fordampning ved produktion

Ved produktion af glasfibrelementer udgøres miljørisikoen af de samme stoffer som ved spild og lækage af råvarer. Ved åbne produktionsmetoder er risikoen for fordampning af stoffer væsentligt større end ved lukkede processer.

I afkastet fra ventilationsanlægget vil der primært være styrendampe fra selve produktionen, men også dampe fra rensmidlerne (se afsnittet spild og fordampning ved rengøring).

Støv fra slibning

Støvet, der fremkommer ved slibning, vil opsamles og fragtes til affaldscontainere. Meget ofte vil der være et betydeligt spild i forbindelse med håndteringen af støvet. Støvet kan indeholde forskellige farlige stoffer. Det drejer sig om brandhæmmere, pigmenter og asbest. Stofferne vil være indbygget i matriksen, men det kan ikke udelukkes, at når det kommer på støvform, at nogle af stofferne vil kunne trænge ud og ned i jorden.

For pigmenter gælder problemerne typisk knyttet til blychromat og cadmiumsulfid.

Blychromat er giftigt både for mennesker og miljø. I jord vil blyet binde sig til jordpartiklerne, hvorefter det er meget immobilt. Chrom har i formen chromat oxidationstrin VI. Chrom(VI) er meget mobilt og vil hurtigt nå grundvandet, det er desuden toksisk /35/. Chrom findes dog kun som chrom (VI) ved pH over ca. 5 og under oxiderede forhold. Chrom vil ved ændrede forhold, f.eks. reducerende forhold, udfælde som krom(III), /31/.

Cadmiumsulfid er skadeligt for mennesker og dyr. Cadmium vil bindes til jordpartiklerne /28/.

Brandhæmmere og asbest er beskrevet oven for i afsnittet om spild og lækage.

Spild og fordampning ved rengøring

Direkte jordforurening med rensmidlerne kan ske ved spild eller lækage. Derudover sker der en indirekte forurening i forbindelse med fordampning af rensmidlerne via ventilationssystemet. Når ventilationsluften afkøles, vil der dannes kondensvand med indhold af forureningskomponenterne. Afhængigt af ventilationsanlæggets konstruktion vil kondensvandet eventuelt kunne dryppe på jorden under afkastet.

De anvendte vandige rensmidler indeholder ikke nærmere definerede *tensider*. Tensider, eller detergenter som de også kaldes, er lange organiske kæder med en hydrofil ende, f.eks. i form af en syregruppe. Toksiciteten af tensiderne er meget forskellig, men generelt stiger toksiciteten med længden af den organiske kæde, så jo længere kæde jo mere toksisk. Siden 1950'-erne har der været fokus på nedbrydeligheden af tensiderne, så mange af de ikke nedbrydelige tensider i dag er substitueret med nedbrydelige tensider. Tensider kan opdeles i tre undergrupper: Kationiske, anioniske og nonioniske tensider. Kationer sorberes kraftig til jordpartikler, som følge af deres ladning, mens de øvrige primært vil være at finde i vandet. Der er generelt en lav risiko for bioakkumulering af tensider i vand, /36/, for enkelte tensider er risikoen dog moderat, se /49/.

Acetone anvendes i stor stil som rensmiddel og kan være opbevaret i nedgravede tanke. Ved brug vil acetone fordampe til luften og nedbrydes. Ved udslip til jord vil acetone hurtigt spredes med porevandet, og indtil det

nedbrydes. Ved spild på jordoverfladen vil en del af acetonen fordampe, inden den siver ned i jorden.

En af fordelene ved *methylenchlorid* er, at det fordamper hurtigt, hvilket er en af grundene til, at det anvendes som rensmiddel. Den primære spredning af methylenchlorid vil pga. fordampningen ske til luften. Derudover er der risiko ved spild og lækage fra dunke. Ved afgivelse til luften vil en del nedbrydes, inden det når jorden. Ved udslip til jorden vil stoffet ikke sorbere, men derimod spredes hurtigt. Stoffet vil findes i både porevand og -luft. Stoffet nedbrydes kun langsomt under anaerobe forhold og slet ikke under aerobe forhold.

Olietanke

Der findes på fabrikkerne ofte tankanlæg til opvarmning af lokalerne. Der kan ske forurening med olieprodukter fra disse tanke, enten hvis der er hul i en tank eller med spild og overløb ved påfyldning. Tankene indeholder normalt fyringsolie. Denne olie vil ved et eventuelt spild eller lækage delvist sorbere/klæbe til jordmatricen, men er spildet stort vil olien kunne udvaskes nå grundvandet og vil lægge sig om en hinde ovenpå grundvandet. Olien vil da langsomt udvaskes i grundvandet.

Affald

Alt mindre affald kommes med slibestøvet i affaldscontaineren. Slibestøvet udgør den største potentielle forureningsrisiko (se afsnittet om støv fra slibning). Større fejlkonstruktioner opbevares på oplagspladser. Inden matriksprodukter deponeres som affald, er de fuldstændig hærde. Evt. fejlproduktioner hærdes også færdig, inden de kasseres. De færdigt hærde emner udgør ikke en forureningsrisiko.

Værkstedaktiviteter

Flere af de aktiviteter, der er nævnt herover, vil kunne findes på de fleste glasfibervirksomheder. Herudover kan der, som før nævnt, opstå jord- og grundvandsforurening fra andre aktiviteter, som har tilknytning til virksomheden. Det kan f.eks. være værksted til vedligehold af maskiner mv.

6. Undersøgelser

Idet følgende er indholdet i en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2 beskrevet jf. Lov om forurennet jord. En beskrivelse af mere omfattende undersøgelser kan bl.a. findes i /35/.

Ved en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2 på en glasfibervirksomhed anbefales følgende elementer at indgå i undersøgelsesstrategien:

- Historisk kortlægning
- Fysiske undersøgelser, herunder:
 - Prøvetagning af jord og grundvand
 - Felt- og laboratorieanalyser af jord- og grundvandsprøver
- Vurdering af analyseresultater i relation til relevante kvalitetskriterier
- Orienterende risikovurdering.

Idet følgende er indholdet i kortlægningsundersøgelsen nærmere beskrevet. Afsnit 6.1 beskriver indholdet af en historisk redegørelse, mens afsnit 6.2 giver mere konkrete anvisninger på, hvilke konkrete elementer der kan indgå i en fysisk undersøgelse på en glasfibervirksomhed. Kapitlets sidste afsnit indeholder gode råd til design af et godt undersøgelsesprogram.

Forureningskortlægningen forestås af amterne i samarbejde med kommunerne, og den skal som udgangspunkt udføres efter retningslinierne i Miljøstyrelsens kortlægningsvejledning /37/. Der er dog væsentlige forskelle i de strategier, som de enkelte amter har valgt at følge i tilrettelæggelsen af kortlægningsarbejdet. Eksempelvis kan der være store forskelle i den detaljeringsgrad, som amterne anvender i deres undersøgelser frem til vidensniveau 1. Nogle amter vælger alene at bruge oplysningerne om virksomhedens type og placering, når de kortlægger på vidensniveau 1. Andre amter går mere i dybden og undersøger virksomhedens indretning, driftsperiode osv., før der foretages kortlægning på vidensniveau 1.

Første skridt i planlægningen af kortlægningsundersøgelsen er derfor at orientere sig om, hvilke procedurer og metoder der anvendes i netop det amt, hvor undersøgelsen skal udføres.

6.1 Historisk redegørelse

6.1.1 Indsamling af historisk materiale

Inden kortlægningsundersøgelser frem til vidensniveau 2 påbegyndes, er det vigtigt at få lavet en historisk kortlægning for den aktuelle lokalitet. Dette kan være tidskrævende, men det er nødvendigt for at kunne målrette de tekniske undersøgelser.

Den historiske kortlægning bør resultere i en detaljeret redegørelse for typen og den fysiske placering af potentielle forureningskilder relateret til glasfiberproduktionen.

Der findes en lang række kilder, hvor der kan søges oplysninger. En nærmere beskrivelse af de vigtigste kilder fremgår af Kortlægningsvejledningen /37/. Derudover findes der i Lossepladsprojektet ”Kilder til industrikortlægning” en større samling kildehenvisninger til anvendelse ved litteratursøgning.

Idet følgende er anvendelsen af det historiske materiale opdelt på følgende emner:

- Oplysninger om lokalisering af tidligere og nuværende glasfiberproducenter
- Oplysninger om glasfiberindustrien
- Oplysninger om lokaliteten.

Lokalisering af glasfiberproducenter

Med henblik på en generel kortlægning indhentes oplysninger om, hvor der har været glasfiberproducenter inden for et afgrænset geografisk område.

Virksomheder, som anvender glasfiber i produktionen, omfatter eksempelvis bådværfter, fremstiller af tanke, containere og siloer, vindmølleindustrier osv. (se brancheafgrænsningen i kapitel 3).

Til generel kortlægning indhentes ”brede” historiske kilder, som f.eks. gamle vejvisere, telefonbøger, lokalvejvisere og annonceværker (f.eks. Kraks vejviser med eksempelvis 5-års-intervaller). Kendetegnende for disse kilder er, at de har en bred dækning, men en lav detaljeringsgrad.

- **Lokalisering og driftsperiode**
Adresse, matr.nr. og ejerforhold mv. Fremgår af kommunens arkiver.
Driftsperioden fremgår af tingbogen eller kan oplyses af grundejeren i driftsperioden. Herudover kan der evt. indhentes oplysninger fra Erhvervsregistret, vejvisere, brancheforeninger m.v.

Specifikt for glasfiberbranchen anbefales det at tage kontakt til brancheforeningen (se afsnit 3.3), som måske kan give nyttige råd og oplysninger om virksomhederne i et givent amt.

Oplysninger om branchen

Af litteratur, der beskriver glasfiberindustrien, kan udover nærværende branchebeskrivelse nævnes:

- Renere teknologi i plastindustrien (findes på www.plast.dk)
- Armeret epoxy- og polyesterplast - forbrug og affaldsmængder Miljøprojekt nr. 656, 2002.

Oplysninger om den enkelte lokalitet

I tilrettelæggelse af disse undersøgelser kan det historiske materiale inddeles efter de forhold, der søges oplysninger om. For en glasfiberproducent kan følgende forhold være relevante:

- **Fysisk indretning**
Kommunens arkiver, herunder evt. miljøgodkendelser.
Virksomhedens arkiver.
Fotos fra det kongelige Biblioteks billedsamling, Kort- og Matrikelstyrelsen og Lokalhistorisk arkiv.
Interview.
- **Gennemgang af processer og oplag**
Kommunens arkiver, herunder evt. miljøgodkendelser.
Virksomhedens arkiver.
Interviews med grundejer eller ansatte i driftsperioden.
Avisartikler mv.
Arbejdstilsynets inspektionsberetninger.
Gennemgang af teknisk, historisk litteratur.

For at målrette den efterfølgende undersøgelse mest muligt er det væsentligt ved gennemgangen at fastlægge, hvilke processer der har været anvendt på glasfibervirksomheden.

- **Identifikation af miljøfarlige stoffer og lokalisering af forureningskilder**
Kommunens arkiver, herunder evt. miljøgodkendelser og indberetning af affaldsmængder.
Virksomhedens arkiver.
Interviews med grundejer eller ansatte i driftsperioden.
- **Oplysninger om brand og ulykker**
Politiets arkiver.
Brandvæsenets arkiver.
Arbejdstilsynets inspektionsrapporter.
Virksomhedens egne arkiver.
Interviews med grundejer eller ansatte i driftsperioden.

Besigtigelse

Ved besigtigelse af en glasfibervirksomhed bør man forsøge at lokalisere udendørs og indendørs råvareoplæg og kemikalierum/blanderier, placering af afkast samt affaldsoplæg og placering af affaldscontainere. Det anbefales at udføre besigtigelsen sammen med grundejer eller en ansat, der har kendskab til produktionsprocesser og affaldsbortskaffelse. Ved besigtigelsen er der ofte mulighed for at danne sig et godt overblik over virksomhedens historiske udvikling samt at stedfæste og beskrive eventuelle sideordnede aktiviteter, såsom værksteder o.lign.

6.2 Planlægning af fysiske undersøgelser

Dette afsnit giver konkrete anvisninger i, hvilke potentielle forureningskilder der bør eller kan inddrages i en fysisk kortlægningsundersøgelse. Anvisningerne er dels baseret på kendskabet til virksomhedernes processer, og dels baseret på de konkrete erfaringer, som amterne foreløbigt har gjort sig med denne virksomhedstype. En gennemgang af disse konkrete erfaringer fremgår af bilag 3.

Der er her givet en prioriteret liste over, hvilke forureningskilder der bør medtages ved en kortlægningsundersøgelse. Listen skal i hvert enkelt tilfælde vurderes mod de faktiske forhold på den pågældende lokalitet.

6.2.1 Potentielle forureningskilder

Potentielle forureningskilder, som **altid bør medtages** i en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2:

- Udendørsoplag af råvarer
- Produktionshaller
- Blander/kemikalierum
- Oplag af affald og område omkring affaldscontainer
- Nedgravede tanke
- Påfyldningsplads for både underjordiske og overjordiske tanke.

Forureningskilder, som **anbefales medtaget** i en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2:

- Afkast fra ventilationsanlæg
- Diffus jordforurening som følge af virksomhedens drift
- Sideordnede aktiviteter (værksteder, olieoplag mv.).

Forureningskilder, som i **specielle tilfælde kan medtages** i en kortlægningsundersøgelse:

- Eventuelle områder, hvor der ved gennemgang af historik fremkommer oplysninger om kendte spild.

6.2.2 Forureningskomponenter

Ved opsætning af et analyseprogram for glasfiberproducenter er det ikke essentielt, at der foreligger en historisk gennemgang, da produktionen først er startet efter 1960, og nok er der sket en udvikling, men grundlæggende er der ikke ændret det store. Hvis det er muligt at indhente oplysninger om, om der er anvendt brandhæmmere, pigmenter og om asbest er anvendt som fyldstof, er det en fordel. Er ingen af disse anvendt, kan analyseprogrammet målrettes betydeligt. Det er vigtigt, at der indhentes oplysninger om indretningen af

virksomheden samt om eventuelle eksisterende eller tidligere værksteder eller tanke på lokaliteten.

Ud fra de indhentede informationer om komponenterne er der her givet en prioriteret liste over forurenende komponenter, der bør analyseres for på lokaliteter, hvor der er eller har været glasfiberindustri.

Forurenende **komponenter, der altid bør analyseres** for ved kortlægningsundersøgelser glasfiberindustrier:

- Tungmetaller (bly, chrom(VI), cadmium)
- Styren
- Acetone.

Hvis der konstateres forureninger med standardanalyseprogrammet, anbefales det at gå videre med at analysere for følgende komponenter:

- Diethylentriamin, kun anvendt ved brug af epoxy
- Ethylbenzen
- Triethylentetramin, kun anvendt ved brug af epoxy
- Ethylenglycol og propylenglycol
- Methylenchlorid
- Organiske chlorforbindelser.

Tungmetaller kan udelukkes, hvis det kan afvises, at der har været anvendt pigmenter med tungmetaller. Asbest har før 1986 været anvendt som fyldstof og kan udelades, hvis der er viden om, at det ikke er anvendt.

Forurenende komponenter, der anbefales analyseret for, hvis produkterne har været brandhæmmet, eller der har været anvendt asbest:

- Bromerede flammehæmmere
- Chlorerede paraffiner
- Antimonoxid
- Arsen
- Tri(chlorethyl)fosfat
- Asbest.

6.2.3 Analyseprogrammer

Analyseprogram for jordprøver

Jordprøver udvælges typisk til analyse på baggrund af forhøjet PID-udslag, misfarvning, mislugt og/eller indhold af fremmedlegemer i jorden samt kendskab til de potentielle forureningskilder.

Jordprøver fra lokaliteter, hvor der har været glasfibervirksomhed, anbefales analyseret efter programmet angivet i tabel 6.3. Analysemetoderne er nærmere

beskrevet i /41/. For tungmetaller analyseres der typisk for metallerne bly, cadmium, chrom, kobber, nikkel og zink som en samlet pakke. Eftersom der på disse virksomheder anvendes matriks, der kan indeholde arsen eller antimontrioxid, kan analyseprogrammet udvides til også at indeholde arsen og antimon.

I nedennævnte tabel fremgår det anbefalede analyseprogram for jordprøver udtaget på glasfibervirksomheder. Analyseprogrammet kan reduceres eller udbygges afhængigt af, hvilke oplysninger der kan fremskaffes i forbindelse med den konkrete undersøgelse.

Stofgruppe	Komponenter	Metode	Detektionsgrænse (mg/kg TS)
Tungmetaller	Bly	ICP	0,9
	Cadmium	ICP	0,05
		ASS	0,002
		ICP	0,2
	Arsen	ICP	2,0
Kulbrinter	C6-C10 (bl.a. styren)	GC- FID ^{note 1}	2,0
	C11-C25	GC-FID	5,0
	C26-C35	GC-FID	20,0
	C36-C40	GC-FID	25,0
	BTEX	GC-FID ^{note 1}	0,1
		GC-MS	0,01

Note 1: Højt indhold af andre ekstraherbare stoffer vil interferere og medføre problemer med at identificere og kvantificere tilstedeværelsen af enkeltstoffer, blandt andet BTEX, styren og naphthalen, //41.

Tabel 6.3 Laboratorieanalyser for jordprøver.

Ved fund af forureninger i standardprogrammet anbefales det at analysere vandprøver for følgende stoffer, dog afhængig af anvendte råvarer:

- Bromerede flammehæmmere
- Asbest
- Chlorparaffiner (EOX/AOX).

Analyseprogram for vandprøver

Vandprøver fra lokaliteter, hvor der har været glasfiberindustri, anbefales analyseret efter programmet angivet i nedennævnte tabel.

Som anført for jordprøver kan analyseprogrammet for vandprøver ligeledes reduceres eller udbygges afhængig af, hvilke oplysninger der kan fremskaffes i forbindelse med den konkrete undersøgelse.

Stofgruppe	Komponenter	Metode	Detektionsgrænse (μl)
Tungmetaller	Chrom (total)	ASS	0,2
	Chrom(VI)	Spektrofotometrisk	1
Kulbrinter	Total kulbrinter BTEX	GC-FID	5,0
		GC-FID ^{note 1}	0,1
		GC-MS	0,05
Vandblandbart opløsningsmiddel	Acetone	GC-FID eller Purge and Trap	1 mg/l

Note 1: Højt indhold af andre ekstraherbare stoffer vil interferere og medføre problemer med at identificere og kvantificere tilstedeværelsen af enkeltstoffer, blandt andet BTEX, styren og naphthalen, /41/.

Tabel 6.4 Laboratorieanalyser for vandprøver.

Ved fund af forureninger i standardprogrammet anbefales det, at analysere vandprøver for følgende stoffer, dog afhængig af anvendte råvarer:

- Diethyltriamin (kun ved anvendelse af epoxy)
- Triethyltetraamin (kun ved anvendelse af epoxy)
- Methylenchlorid
- Brandhæmmere
- Chlorerede paraffiner (EOX/AOX)
- Bromerede flammehæmmere
- Tri(chlorethyl)phosphat.

6.3 Design af undersøgelsesprogram

De fysiske undersøgelser har til formål at be- eller afkræfte, om virksomhedens aktiviteter har ført til forurening af jord og grundvand. Derudover skal de fysiske undersøgelser tilvejebringe de oplysninger, som er nødvendige for at kunne foretage en indledende risikovurdering af forureningens påvirkning af miljø og sundhed. Da fysiske undersøgelser er kostbare at iværksætte, er der al mulig grund til at ofre god tid på omhyggelig planlægning og design af et undersøgelsesprogram.

Den historiske redegørelse skal resultere i to sæt af oplysninger:

Hvilke potentielle kilder er eller har der været til forurening af jordmiljøet?
Hvilke miljøfremmede stoffer kan der være udledt fra virksomheden, og hvad er deres opførsel i miljøet?

Når disse oplysninger er tilvejebragt, kan der opstilles en konceptuel model, som beskriver de scenarier, som de fysiske undersøgelser skal be- eller afkræfte. Den konceptuelle model kan f.eks. tage stilling til følgende spørgsmål:

- Er der tale om punktkilder, hvor miljøfremmede stoffer f.eks. er lækket fra en tank eller spildt ved en påfyldningsstuds? Eller er der tale om

punktkilder, hvor støv eller aerosoler kan være spredt over et større område, f.eks. fra et ventilationsafkast? Kilden kan i visse tilfælde udgøre et område, f.eks. en oplagsplads eller et areal for deponering af affald.

- Hvordan er de miljøfremmede stoffer undsluppet til miljøet? Forureningen kan eksempelvis være injiceret i jorden fra en utæt kloak eller spildt direkte fra et tromleoplag.
- Hvilke stoffer kan være undsluppet til miljøet? Hvis der er tale om produkter med få hovedkomponenter og mange additiver, bør man som oftest starte med at undersøge for hovedkomponenten.
- Hvordan vil stofferne opføre sig i miljøet? Vil de adsorbere til jorden umiddelbart ved kilden, vil de fordampe, vil de bevæge sig ned mod grundvandet, eller vil de opløses i porevandet og vaskes ned?
- Undergår stoffet forandringer i miljøet? Bliver det nedbrudt, eller ændrer det tilstandsform?

Når dette hændelsesforløb er tænkt igennem, er der skabt et billede af, hvor på grunden der skal søges efter hvilke forureningskomponenter. For hver kilde kan der herefter vælges en undersøgelsesstrategi, hvor der udvælges prøve-udtagningsmetode(r) og analyseparametre for hver af de forureningshændelser, som indgår i den konceptuelle model.

En detaljeret gennemgang af prøvetagnings- og analyse strategier fremgår af /13/. Her beskrives i bilag 1, eksempel 1 og 2, relevante typer af prøvetagnings- og analysestrategier i orienterende forureningsundersøgelser (tekniske kortlægningsundersøgelser). Det anbefales generelt, at prøvetagningstætheden til lokalisering af ukendte forureningskilder ved tekniske kortlægningsundersøgelser begrænses til niveauet "grov screening".

7. Afværgeteknikker

Såfremt der ved kortlægningsundersøgelsen på vidensniveau 2 påvises forurening, der overskrider de af Miljøstyrelsen fastsatte kvalitetskriterier for jord, grundvand eller poreluft /35/, vil næste trin være at foretage en mere omfattende forureningsundersøgelse. Den omfattende forureningsundersøgelse bør indeholde en beskrivelse af nedenstående fysiske og kemiske forhold.

1. Geologi, hydrogeologi og geokemi
2. Forureningsudbredelse, spredningshastighed og kildestyrke.

Med baggrund i en samlet vurdering af ovenstående undersøgelsesforhold udarbejdes i henhold til /35/ en risikovurdering, der klargøre, i hvilken grad forureningen udgør en risiko i forhold til arealanvendelsen, grundvands- og recipientinteresser. På baggrund af risikovurderingen besluttet det, om der skal foretages afværgeforanstaltninger.

Det er vigtigt, at der på et tidligt tidspunkt i undersøgelsesfasen overvejes, hvilke afværgeforanstaltninger der kan være aktuelle for den pågældende forurening og lokalitet. Herved sikres, at der allerede i undersøgelsesforløbet kan foretages en afklaring af, hvilke afværgeteknikker der er bedst egnet samt eventuelt forberede borer og m.m. for at kunne indgå i fremtidige afværgeforanstaltninger eller monitoringsprogrammer for overvågning af forureningen.

Inden afværgeprojektet påbegyndes, foreslås det at orientere sig i Amternes Projekthåndbog /38/. I projekthåndbogen er der samlet en lang række gode råd og vejledninger om udbud og kontrahering af rådgivning og entreprenørarbejde.

Identifikation af potentielle afværgestrategier

Idet følgende er der listet eksempler på afværgeforanstaltninger, der kan være aktuelle til sikring af arealanvendelse, herunder indeluft, samt grundvandsinteresser og recipienter.

Identifikationen af mulige afværgestrategier skal som udgangspunkt baseres på en gennemgang af alle generelt anvendelige afværgeteknikker over for den pågældende forurening. Med baggrund i formålet med afværgeprojektet og de lokalitetsspecifikke forhold udvælges, hvilken afværgeteknik eller kombination af forskellige teknikker der er bedst egnet over for den identificerede forurening. Valget skal overordnet baseres på helhedsvurderinger af funktion, miljø, tid og økonomi.

Ved valg af afværgeopløsning er det vigtigt at tage stilling til, om formålet er en fjernelse og/eller en afskæring af forureningen. Der skal tages stilling til de oprensningskriterier, som afværgeopløsningen skal sigte mod, og det skal undersøges, hvilke krav der er til afværgeforanstaltningen med hensyn til udledningskriterier for vand og luft.

Afværgeforanstaltninger til sikring af arealanvendelsen, herunder indeluften, tager sigte på at fjerne eller afskære forureningen, så eksponeringen mindskes eller hindres, mens afværgeforanstaltninger over for grundvand tager sigte på at reducere eller hindre spredning af forureningen til grundvand og recipient. Før detailplanlægning og etablering af flere af de ovennævnte afværgeforanstaltninger kan det med fordel betale sig at supplere med mere specifikke tekniske undersøgelser eller tests. Testene skal udmunde i en nærmere bestemmelse af særlige designparametre, såsom permeabilitet, vandindhold, hydraulisk ledningsevne, geoteknik etc. En mere uddybende beskrivelse af de enkelte afværgeteknologier og tests kan findes i amternes afværgehåndbog for chlorerede opløsningsmidler /3/.

Der sker løbende en udvikling af forskellige afværgemetoder, primært i udlandet. I valget af afværgeteknikker er det vigtigt at følge med i den internationale viden på området. Her er givet nogle eksempler på hjemmesider, hvor der kan opnås et godt overblik med hensyn til den internationale viden på området: US EPA's hjemmesider www.clu-in.org, www.techknow.org og www.gwrtac.org. Disse hjemmesider er endvidere fyldt med links til andre hjemmesider omhandlende afværgeteknikker. På den danske Miljøstyrelses hjemmeside www.mst.dk og på Amternes Videncenter for Jordforurenings hjemmeside www.avjinfo.dk findes publikationer, der beskriver afprøvede afværgeteknikker i Danmark.

I tabel 7.1 er der foretaget en udvælgelse af de afværgeteknikker, der på nuværende tidspunkt vurderes at være bedst egnede i forhold til de forureningskomponenter, der typisk findes i forbindelse med glasfiberindustrien. Udvælgelsen af teknikker bærer således præg af, hvilke teknikker der d.d. er mest kommercielt udviklede, da disse naturligt vil have den bedste oprensningseffekter. I tabellen er der foretaget en kort beskrivelse af den pågældende metode samt anvendelighed i forhold til forskellige stofgrupper, geologi og hydrogeologi. Der er for den enkelte teknik endvidere anslået tiden for en forventet oprensningsperiode.

Efter afslutning af etablering og evt. indkøring af en afværgeforanstaltning er det af stor betydning at der, udover den rent maskintekniske del bestående af eftersyn og vedligehold, løbende foretages en monitoring og optimering af afværgeforanstaltningen, der sikrer den bedst mulige oprensning igennem hele driftsperioden. Før afslutning af afværgeprojektet bør der endvidere foretages en fastsættelse af stopkriterier for afværgeforanstaltningerne.

Teknik	Forureningskomponenter	Beskrivelse	Sted	Geologi	Hydrogeologi	Oprensningsperiode
Afgravning/opboring	Olieprodukter, BTEX, Chlorerede opløsningsmidler, Metaller	Afgravning/opboring af jord. Bortkørsel af jord til ekstern rensning	Kildeoprensning	Alt	Umættet og mættet. (Evt. foretages grundvandssænkning.)	Kort
Naturlig nedbrydning	Benzin, let gasolie Styren	Overvågning ved en omfattende monitoring og herved dokumentering af nedbrydningen af en forurening.	Spredningskontrol	Sand/grus	Mættet (umættet)	Lang
Forsøgning af forureningen	Alt	Etablering af spuns eller anden form for barriere, der hindrer en spredning af forureningen.	Spredningskontrol	Alt	Umættet og mættet	Lang
Afværgepumpning og vandbehandling	Oliekomponenter, BTEX, Chlorerede opløsningsmidler, Vandblandbare opløsningsmidler, Cr(VI)	Oppumpning og behandling af grundvand	Kildeoprensning og Spredningskontrol	Sand, grus og kalk	Mættet	Lang
Byggetekniske foranstaltninger	Flygtige oliekomponenter herunder BTEX, letflygtige vandblandbare opløsningsmidler herunder acetone	Sikring af indeluft ved eksempelvis: intern rensning af luft, tætning af bygning evt. vha. udlægning af membran.	Spredningskontrol	Alt	Umættet	Lang

Tabel 7.1 Udvalgte afværgeteknikker i forhold til forureningskomponenter i glasfiberindustrien.

8. Litteraturliste

- /1/ Fiberline Composites; www.fiberline.dk - produktion og miljø. Lokaliseret 3/3-2004.
- /2/ Miljøstyrelsen: Renere teknologi i plastbranchen. Del A: Umættet polyester til kompositmaterialer & Del B: Hærdende polyurethanplast.. (Upubliceret; Lokaliseret på www.plast.dk d. 2004-11-01).
- /3/ Telefonsamtale med Per Hansen Filt fra Vestas Vingefabrik i Lem d. 5/3-2004.
- /4/ Mail fra Kristine Elvebakken fra Plastindustrien Komposit-sektionen d. 9/1-2004.
- /5/ PlastTeknologi. Erhvervsskolernes Forlag. 2000.
- /6/ www.netcomposites.com/education.asp. Lokaliseret d. 5/1-2004.
- /7/ Telefonsamtale med Kristine Elvebakken fra Plastindustrien Komposit-sektionen d. 9/3-2004.
- /8/ Miljøstyrelsen: Armeret epoxy- og polyesterplast – forbrug og affaldsmængder. Miljøprojekt Nr. 656, 2002.
- /9/ Telefonsamtale med Klaus Rønde fra Vestas Miljøafdeling d. 3/3-2004.
- /10/ Petersen, L. B: Plast og miljø. Teknisk Forlag 1999.
- /11/ Working with fiberglass reinforced plastics (FRP). www.aeromech.usyd.edu.au Lokaliseret d.19/11-2003.
- /12/ Amternes Videncenter for Jordforurening : Branchebeskrivelse for plastvirksomheder. Teknik og Administration Nr. 4, 2000.
- /13/ Miljøstyrelsen: Halogenfri flammehæmning af pultruderede polyester profiler. Miljøprojekt Nr. 875, 2003.
- /14/ Danmarks Statistik, personlig henvendelse, 6-02-2004 og 10-30-2004.
- /15/ Plastindustrien. Datablade i ecodesignmanual. www.plastindustrien.dk - miljø. Lokaiseret d. 18. marts 2004.
- /16/ Miljøstyrelsen: Bilag til lov om miljøbeskyttelse, nr. 372 af 13. juni 1973.

- /17/ Miljø- og Energiministeriet: Bekendtgørelse om godkendelse af særligt forenende virksomheder mv. nr. 783 af 21. november 1986.
- /18/ Miljø- og Energiministeriet: Bekendtgørelse om godkendelse af listevirksomhed (Godkendelsesbekendtgørelsen) nr. 794 af 9. december 1991.
- /19/ Miljø- og Energiministeriet: Bekendtgørelse vedrørende anden virksomhed end listevirksomhed nr. 367 af 10. maj 1992.
- /20/ Miljø- og Energiministeriet: Bekendtgørelse om indkaldelse af ansøgninger om godkendelse fra bestående listevirksomheder nr. 532 af 20. juni 1992.
- /21/ Miljø- og Energiministeriet (1999): Bekendtgørelse om godkendelse af listevirksomhed (Godkendelsesbekendtgørelsen) nr. 807 af 25. oktober 1999.
- /22/ Miljø- og Energiministeriet: Bekendtgørelse om affald nr. 619 af 27. juni 2000.
- /23/ Miljø- og Energiministeriet: Bekendtgørelse om godkendelse af listevirksomhed (Godkendelsesbekendtgørelsen) nr. 646 af 29. juni 2001.
- /24/ Miljø- og Energiministeriet: Bekendtgørelse om visse listevirksomheders pligt til at udarbejde grønt regnskab nr. 594 af 5. juni 2002.
- /25/ Miljø- og Energiministeriet : Bekendtgørelse om godkendelse af listevirksomhed (Godkendelsesbekendtgørelsen) nr. 652 af 3. juli 2003.
- /26/ Plastsammenslutningen & Brancheforening for dansk plastindustri: Fakta om plast. 1980.
- /27/ Tilsendt af Finn Jarnø, Fiberlines Composites, den 29. marts 2004.
- /28/ www.toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB. Lokaliseret januar-marts 2004.
- /29/ www.kemikalieberedskab.dk - Indsatskort for kemikalieuheld. Lokaliseret d. 19. marts 2004.
- /30/ Samtale med Lars Bjørn Hansen, Rambøll, marts 2004.
- /31/ Miljøstyrelsen: Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand. Bind 1 og 2. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen. Nr. 20, 1996.

- /32/ Miljøstyrelsen: Handlingsplan for bromerede flammehæmmere. 2001.
- /33/ International programme on chemical safety, Environmental Health Criteria 181, Chlorinated Paraffins.
<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc181.htm>. Lokaliseret d. 23/3-2004.
- /34/ Miljøstyrelsen: Antimon - forbrug, spredning og risiko. Miljøprojekt Nr. 892 2004.
- /35/ Miljøstyrelsen: Oprydning på forurenede lokaliteter - Hovedbind. Vejledning nr. 6 1998.
- /36/ Connell, D. W: Bvasic Consepts of Environmental Chemistry. CRC Press LLC. 1997.
- /37/ Miljøstyrelsen: Kortlægning af forurenede arealer. Vejledning nr. 8, 2000.
- /38/ Amternes Videncenter for Jordforurening: Amternes Projekthåndbog 3. udgave 2002.
- /39/ Miljø- og Energiministeriet: Lov nr. 370 af 2. juni 1999 om forurennet jord.
- /40/ Miljøstyrelsen: Oprydning på forurenede lokaliteter - Appendikser. Vejledning nr. 7, 1998.
- /41/ Miljøstyrelsen: Prøvetagning og analyse af jord. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 13, 1998.
- /42/ Amternes Videncenter for Jordforurening: Håndborg for poreluftundersøgelser. Teknik & Administration nr. 3. 1998.
- /43/ Miljøstyrelsen: Feltmetoder til forurennet jord. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen nr. 18. 1995.
- /44/ Amternes Videncenter for jordforurening: Sammenligning af testmetoder til jord. Temanummer om feltanalyser. Tillæg til Orientering, november 1999.
- /45/ Amternes Videncenter for Jordforurening 1997. Branchespecifikke udtræk fra databasen over amternes registreringsundersøgelser.
- /46/ Lossepladsprojektet: Forurenede industrigrunde. Udredningsrapport U2, januar 1988.

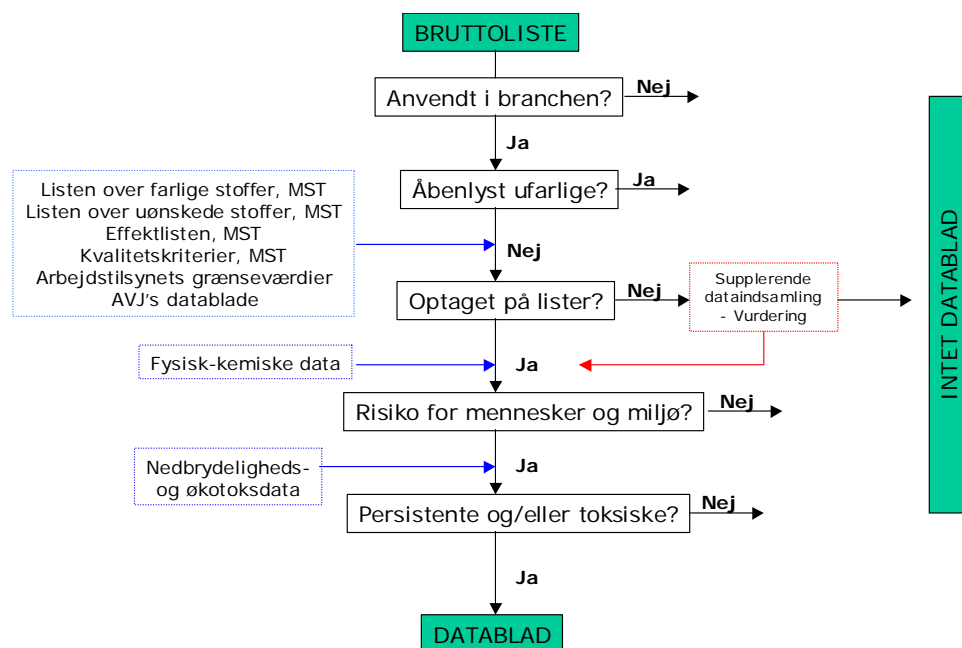
- /47/ Miljøstyrelsen: Overfladeaktive stoffer -spredning og effekter i miljøet. Nr. 166, 1991.
- /48/ Miljøstyrelsen: Environmental and Health Assessment of Substances in: Household Detergents and Cosmetic Detergent Products. Environmental Project no. 615, 2001.
- /49/ Amternes Videncenter for Jordforurening. Branchebeskrivelse for virksomheder, der fremstiller sæbe, vaske- og rengøringsmidler. Teknik og Administration nr. 6 2004 (Udkast)

Bilag 1

Anvendte stoffer i glasfiberindustrien

Dette bilag indeholder en samlet oversigt over råvarer og enkeltkomponenter, som er truffet under gennemgangen af branchens teknologiske udvikling. Listen er søgt systematiseret efter deres anvendelse i produktionen eller deres funktion i produkterne.

Med henblik på at skabe et overblik over stoffernes miljøfarlighed er det i oversigten angivet, hvorvidt stofferne er underlagt regulering fra myndigheder inden for miljø- eller arbejdsmiljøområdet. Dette kommer til udtryk ved, at stofferne vil være optaget på eksempelvis Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer, eller ved at der er fastsat en Hygiejnisk Grænseværdi (HGV) for stoffernes forekomst i arbejdsmiljøet. Disse oplysninger danner samtidig grundlag for udvælgelsen af de stoffer, for hvilke der i denne branchebeskrivelser er udarbejdet datablade indeholdende fysisk-kemiske oplysninger om det enkelte stof. Proceduren for udvælgelse af, hvilke stoffer, der anses at være miljøfarlige, og derfor er forsynet med datablad, fremgår af nedenstående.



Figur: Principskitse for udvælgelse af stoffer fra bruttoliste, for hvilke der skal laves datablade

Følgende princip er anvendt ved udvælgelse af komponenter, anvendt inden for glasfiberindustrien, for hvilke der laves datablad.

Følgende referencer er anvendt:

- Miljøstyrelsen 2000: Bekendtgørelse om listen over farlige stoffer. Bekendtgørelse nr. 733 af 31/7-2000. Samt <http://www.mst.dk/default.asp?Sub=http://www.mst.dk/kemi/02000000.htm> Marts 2004.

- Miljøstyrelsen 2003: Liste over kvalitetskriterier i relation til forurennet jord. Opdateret juli 2003.
- Miljøstyrelsen: Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand. Bind 2. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen. Nr. 20, 1996.
- Arbejdstilsynet: Grænseværdier for stoffer og materialer. Vejledning C.0.1. Oktober 2002.
- Amternes Videncenter for Jordforurening: Samling af stofdatablade fra branchebeskrivelser, Teknik & Administration, nr. 7, 2002.
- Amternes Videncenter for Jordforurening: Branchebeskrivelse for trykkerier, Teknik & Administration, nr. 2 2003

Funktion	Anvendte stoffer	CAS-nr.	Åbenlyst ufarlige	Farlige stoffer	Uønskede stoffer	Effektlisten	Kvalitetskri.	Arbejdst. GV	Forbudt	Andet
Umættet polyester	Ethylenglycol	107-21-1		x				x		
	Propylenglycol	57-55-6								
	Neopentylglycol	126-30-7								
	Orthophtalsyre	88-99-3								
	Isophtalsyre	121-91-5								
	Terephtalsyre	100-21-0								
	Maleinsyreanhydrid	108-31-6		x		x		x		
	Fumarsyre	110-17-8		x						
Epoxy	Epichlorhydrin	106-89-8		x		x		x		
	Bisphenol A	80-05-7		x	x	x				
Monomer	Styren	100-42-5		x	x			x		
	a-methylstyren	25013-15-4						x		
Fordampningshæmmer	Parafinvoks									Risiko for hudkræft ved kontakt
Stabilisatorer	Parabenzoinoner	106-51-4		x		x		x		
	Methylhydroquinon	95-71-6								
	Cyclohexanon	108-94-1		x				x		
	Tertbutylcatechol	98-29-3								
	Diisobutylphthalat	84-69-5						x		
Acceleratorer	Coboltoktoat	136-52-7								Kræftfremkaldende
	Mineralsk terpentin	8052-41-3		x		x		x		
	Dibutylphthalat	84-74-2		x	x			x		
	N,N-dimethylanilin	121-69-7		x		x		x		
	N,N-diethylanalin	91-66-7		x		x				
Tiksotropering	Amorf Kiselsyre	112945-52-5						x		
Initiatorer	MEKP	1338-23-4						x		
	Acetylacetonperoxid	37187-22-7								
	Benzoylperoxid	94-36-0		x		x		x		
	DTA	111-40-0		x		x		x		
	TETA	112-24-3		x	x	x				
Farvestoffer	Blychromat	7758-97-6		x	x	x			x	
	Cadmiumsulfid	1306-23-6					x	x		
Flammehæmmere	Bromerede flammehæmmere				x					
	Chlorerede paraffiner				x					
	Antimontrioxid	1309-64-4		x	x	x				
	Arsen	7440-38-2		x		x	x	x		
	Tri(Chlorethyl)fosfat	115-96-8		x	x	x				
	Andre chlorerede fosforforbindelser									

Funktion	Anvendte stoffer	CAS-nr.	Åbenlyst ufarlige	Farlige stoffer	Uønskede stoffer	Effektlisten	Kvalitetskri.	Arbejdst. GV	Forbudt	Andet
	Aluminiumhydroxid	20768-67-6	x							
	Ammoniumpolyfosfat	68333-79-9	x							
Lim	Isocyanat MDI	101-68-8		x	x	x		x		
Afrensning	Tensider									
	Acetone	67-64-1		x				x		
	Methylchlorid	74-87-3		x		x		x		
Fyld mv.	Balsatræ		x							
	Asbest								x	
	Kridt, grus, sten		x							

Bilag 2

Datablade

Dette bilag indeholder datablade for følgende stoffer:

Ethylenglycol
Propylenglycol
Maleinsyreanhydrid
Epichlorhydrin
Bisphenol A
Styren
 α -Methylstyren
Parabenzononer
Methylhydroquinoner
Cyclohexanon
Tertbutylcarechol
Diisobutylphthalat
Cobaltoktoat
Mineralsk terpentin
Dibutylphthalat
N,N-dimethylanalin
N,N-diethylanalin
Amorf Kiselsyre
Methylethylketonperoxid
Cyclohexanon
Acetylacetonperoxid
Benzoylperoxid
Diethylenetriamin
Triethyltetraamin
Blychromat
Cadmiumsulfid
Antimontrioxid
Arsen
Tri(chlorethyl)fosfat
Methylen-bis-phenylisocyanat
Acetone
Methylenchlorid

Navn	Ethylenglycol	Enhed
Synonym	1,2-ethandiol, 1,2-dihydroxyethan	
CAS nr.	107-21-1	
Kemisk formel	(CH ₂ OH) ₂	
Tilstandsform	Farveløs væske	
Molvægt	62,1	g/mol
Densitet	1,113	g/mL
Kogepunkt	198	°C
Vandopløselighed	Vandblandbar	mg/L
Damptryk	0,05 /20 °C 0,2 /30 °C	mm Hg
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log K _{ow})	-1,93	
Klassificering	Xn;R22	
Kvalitetskriterier		
Jord	-	mg/kg TS
Grundvand	-	µg/L
Afdampning	-	mg/m ³
B-værdi	-	mg/m ³
At-værdi	26	mg/m ³

Kilde: Samling af stofdatablade fra branchebeskrivelser. Amternes Videncenter for Jordforurening. Teknik og Administration Nr. 7 2002

Navn	Propylenglycol	Enhed
Synonym	1,2-propandiol	
CAS nr.	57-55-6	
Kemisk formel	CH ₃ CHOHCH ₂ OH	
Tilstandsform	Farveløs væske	
Molvægt	76,1	g/mol
Densitet	1,0381	g/mL
Kogepunkt	188,2	°C
Vandopløselighed	Vandblandbar	mg/L
Damptryk	0,2 /20 °C	mm Hg
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log K _{ow})	-1,41 / -0,30 (beregnet)	
Klassificering	-	
Kvalitetskriterier		
Jord	-	mg/kg TS
Grundvand	-	µg/L
Afdampning	-	mg/m ³
B-værdi	-	mg/m ³
At-værdi	-	mg/m ³

Kilde: Samling af stofdatablade fra branchebeskrivelser. Amternes Videncenter for Jordforurening. Teknik og Administration Nr. 7 2002

Navn	Maleinsyreanhydrid	Enhed
Synonym	2,5-furandion	
CAS nr.	108-31-6	
Kemisk formel	C ₄ H ₂ O ₃	
Tilstandsform	Farveløst eller hvidt fast stof	
Molvægt	98,06	g/mol
Densitet	1,314	g/mL
Kogepunkt	200	°C
Vandopløselighed	Opløselig, nedbrydes i varmt vand	mg/L
Flammepunkt	103	°C
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log K _{ow})	-	
Klassificering	Xn; R22 C;R34 R42/43	
Kvalitetskriterier		
Jord	-	mg/kg TS
Grundvand	-	µg/L
Afdampning	-	mg/m ³
B-værdi	0,001	mg/m ³
At-værdi	0,4	mg/m ³

Kilde: Samling af stofdatatablade fra branchebeskrivelser. Amternes Videncenter for Jordforurening. Teknik og Administration Nr. 7 2002

Navn	Epichlorhydrin	Enhed	Referencer
Synonym	1,2-epoxy-3-chloropropane		1
CAS nr.	106-89-8		1
Kemisk formel	C ₃ H ₅ ClO		1
Tilstandsform	Farveløs væske		1
Molvægt	92.52	g/mol	1
Densitet	1.183	g/mL	1
Kogepunkt	117.9	°C	1
Vandopløselighed	65.900	mg/L	1
Damptryk	12.5	mm Hg	1
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log K _{ow})	0,45		2
Klassificering	Carc2;R45 R10 T;R23/24/25 C;R34 R43		3
Kvalitetskriterier			
Jord	-	mg/kg TS	5
Grundvand	-	µg/L	5
Afdampning	-	mg/m ³	5
B-værdi	-	mg/m ³	4
At-værdi	1,9	mg/m ³	6

Navn	Bisphenol A	Enhed
Synonym	4,4'-isopropylidendiphenol	
CAS nr.	80-05-7	
Kemisk formel	C ₁₅ H ₁₆ O ₂	
Tilstandsform	Hvide/lysbrune flager eller pulver	
Molvægt	228-29	g/mol
Densitet	-	g/mL
Kogepunkt	220 v 4 mm Hg	°C
Vandopløselighed	Uopløselig, <0,1 g/100 ml	
Flammepunkt	227	°C
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log K _{ow})	-	
Klassificering	Xi;R36/37/38 R43	
Kvalitetskriterier		
Jord	-	mg/kg TS
Grundvand	-	µg/L
Afdampning	-	mg/m ³
B-værdi	-	mg/m ³
At-værdi	-	mg/m ³

Kilde: Samling af stofdatatablade fra branchebeskrivelser. Amternes Videncenter for Jordforurening. Teknik og Administration Nr. 7 2002

Navn	Styren	Enhed
Synonym	Phenylethylen	
CAS nr.	100-42-5	
Kemisk formel	C ₈ H ₈	
Tilstandsform	Farveløs væske	
Molvægt	104,15	g/mol
Densitet	0,9045	g/mL
Kogepunkt	145,2	°C
Vandopløselighed	320	mg/L
Damptryk	5	mm Hg
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log K _{ow})	2,95	
Klassificering	R10 Xn;R20 Xi;R36/38	
Kvalitetskriterier		
Jord	40	mg/kg TS
Grundvand	1	µg/L
Afdampning	0,2	mg/m ³
B-værdi	0,2	mg/m ³
At-værdi	105	mg/m ³

Kilde: Samling af stofdatatablade fra branchebeskrivelser. Amternes Videncenter for Jordforurening. Teknik og Administration Nr. 7 2002

Navn	α -Methylstyren	Enhed
Synonymer	Vinyltoluen, methylstyren	-
CAS nr.	25013-15-4	-
Kemisk formel	C ₉ H ₁₀	-
Tilstandsform	Farveløs væske	-
Molvægt	118,18	g/mol
Densitet	0,89	g/ml
Kogepunkt	170	°C
Vandopløselighed	100 (ved 20°C)	mg/l
Damptryk		
Oktanolvand fordelingsforhold (log K _{ow})		
Klassificering iht. "liste over farlige stoffer"	Xi, N	
Kvalitetskriterier		
Jord	-	mg/kg TS
Grundvand	-	µg/L
Afdampning	-	mg/m ³
B-værdi	-	mg/m ³
At-værdi	240	mg/m ³

Kilde: Samling af stofdatablade fra branchebeskrivelser. Amternes Videncenter for Jordforurening. Teknik og Administration Nr. 7 2002

Navn	Parabenzonon	Enhed	Referencer
Synonym			
CAS nr.	106-51-4		
Kemisk formel	C ₆ H ₄ O ₂		
Tilstandsform	Fast gult stof med karakteristisk lugt		
Molvægt	108	g/mol	1
Densitet	1,318	g/cm ³	1
Kogepunkt	283	°C	1
Vandopløselighed	Ringe		1
Flammepunkt	38	°C	1
Oktanolvand fordelingsforhold (log K _{ow})	0,2		2
Klassificering	T;R23/25 Xi;R36/37/38 N;R50		7
Kvalitetskriterier			
Jord	-		
Grundvand	-		
Afdampning	-		
B-værdi	-		
At-værdi	0,4	mg/m ³	6

Navn	Methylhydroquinoner	Enhed	Referencer
Synonym			
CAS nr.	95-71-6		
Kemisk formel	C ₇ H ₈ O ₂		
Tilstandsform	Fast hvidt stof		
Molvægt	124	g/mol	1
Densitet			
Smeltepunkt	125-128	°C	1
Kogepunkt	285	°C	1
Vandopløselighed	Betragtelig		1
Flammepunkt	172	°C	1
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log K _{ow})			
Klassificering	Xn; R20/21/22		7
Kvalitetskriterier			
Jord	-		
Grundvand	-		
Afdampning	-		
B-værdi	-		
At-værdi	0,4	mg/m ³	6

Navn	Cyclohexanon	Enhed	Referencer
Synonym			
CAS nr.	108-94-1		
Kemisk formel	C ₆ H ₁₀ O		
Tilstandsform	Hvidgul olieagtig væske med pebermynte lugt		1
Molvægt	98	g/mol	1
Densitet	0,947	g/cm ³	
Smeltepunkt	- 47	°C	1
Kogepunkt	155,6	°C	1
Vandopløselighed	svagt 5-10g/100 ml		1
Flammepunkt	46	°C	1
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log K _{ow})	0,81		2
Klassificering	R10 Xn;R20		3
Kvalitetskriterier			
Jord	-		
Grundvand	-		
Afdampning	-		
B-værdi	0,1	mg/m ³	4
At-værdi	40	mg/m ³	6

Navn	Tertbutylcatechol	Enhed	Referencer
Synonym			
CAS nr.	98-29-3		
Kemisk formel	C ₁₀ H ₁₄ O ₂		
Tilstandsform	Fast stof		1
Molvægt	166	g/mol	1
Densitet			
Smeltepunkt	52-55	°C	1
Kogepunkt	285	°C	1
Vandopløselighed			
Flammepunkt	129	°C	1
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log K _{ow})			2
Klassificering/mærkning	Xn; R21/22, R36/38, S26		3
Kvalitetskriterier			
Jord	-		
Grundvand	-		
Afdampning	-		
B-værdi	-		
At-værdi	-		

Navn	Diisobutylphthalat	Enhed	Referencer
Synonym			
CAS nr.	84-69-5		
Kemisk formel	C ₁₆ H ₁₂ O ₂		
Tilstandsform	Klar tyktflydende væske		1
Molvægt	278	g/mol	1
Densitet	1,38	g/cm ³	1
Smeltepunkt	- 50	°C	1
Kogepunkt	296	°C	1
Vandopløselighed	Ikke opløseligt		1
Flammepunkt	185	°C	1
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log K _{ow})	4,11		2
Klassificering	-		
Kvalitetskriterier			
Jord	-		
Grundvand	-		
Afdampning	-		
B-værdi	-		
At-værdi	3	mg/m ³	6

Navn	Coboltoktoat	Enhed	Referencer
Synonym			
CAS nr.	136-52-7		
Kemisk formel	C ₁₆ H ₃₀ CoO ₄		
Tilstandsform	Blå væske		1
Molvægt	345	g/mol	1
Densitet	1,013	g/cm ³	1
Smeltepunkt			
Kogepunkt			
Vandopløselighed			
Flammepunkt			
Oktanolvand fordelingsforhold (log K _{ow})			
Klassificering	-		
Kvalitetskriterier			
Jord	-		
Grundvand	-		
Afdampning	-		
B-værdi	-		
At-værdi	0,01 (kræftfremkaldende)	mg/m ³	6

Navn	Mineralsk terpentint	Enhed
Synonym	-	
CAS nr.	8052-41-3	
Kemisk formel	-	
Tilstandsform	Farveløs væske	
Molvægt ¹	Gennemsnit ca. 150	g/mol
Densitet	0,78	g/mL
Kogepunkt	150-200	°C
Vandopløselighed	<0,1 wt%	
Damptryk	4,4	mm Hg
Oktanolvand fordeling (log K _{ow})	-	
Klassificering	Carc2;R45 R10 Xn;R48/20-65	
Kvalitetskriterier		
Jord	25 [#]	mg/kg TS
Grundvand	9 [□]	µg/L
Afdampning	0,03 [□]	mg/m ³
B-værdi	0,2	mg/m ³
At-værdi	145	mg/m ³

Mineralsk terpentint er en blanding af mættede alifatiske og cycloalifatiske C7-C12 kulbrinter med et indhold på 15-20 % aromatiske C7-C12 kulbrinter.

[#] Sum af C7-C12 kulbrinter.

[□] Sum af C7-C12 kulbrinter.

Sum af C9-C10 aromatiske kulbrinter.

Navn	Dibutylphthalat	Enhed
Synonymer	DBP	
CAS nr.	84-74-2	
Kemisk formel	C16H22O4	
Tilstandsform	Væske	
Molvægt	278,34	g/mol
Densitet	1,05	g/ml
Kogepunkt	340	°C
Vandopløselighed	Ca. 50	mg/l
Damptryk	8 x 10 ⁻⁶ (ved 20°C)	mmHg
Oktanolvand fordeling (log K _{OW})	1-5	-
Klassificering iht. "liste over farlige stoffer"	Rep2;R61 Rep3;R62 N;R50	
Kvalitetskriterier		
Jord	250	mg/kg TS
Grundvand	1	µg/L
Afdampning	-	µg/m ³
B-værdi	0,012	mg/m ³
At-værdi	3	mg/m ³

AVJ-datablad Trykkerirapporten

Navn	N,N-dimethylanalin	Enhed	Referencer
Synonym			
CAS nr.	121-69-7		
Kemisk formel	C ₈ H ₁₁ N		
Tilstandsform	Brunlig væske med karakteristisk lugt		1
Molvægt	121	g/mol	1
Densitet	0,956	g/cm ³	1
Smeltepunkt	2,45	°C	1
Kogepunkt	194	°C	1
Vandopløselighed	Svagt opløseligt		1
Flammepunkt	63	°C	1
Oktanolvand fordelingsforhold (log K _{OW})	2,31		2
Klassificering	T;R23/24/25 Carc3;R40 N;R51/53		3
Kvalitetskriterier			
Jord	-		
Grundvand	-		
Afdampning	-		
B-værdi	-		
At-værdi	25	mg/m ³	6

Navn	N,N-diethylalanin	Enhed	Referencer
Synonym			
CAS nr.	91-66-7		
Kemisk formel	C ₁₀ H ₁₅ N		
Tilstandsform	Klar svagt gul væske		1
Molvægt	149	g/mol	1
Densitet	0,938	g/cm ³	1
Smeltepunkt	- 38,8	°C	1
Kogepunkt	215,5	°C	1
Vandopløselighed	1,4 g/100 ml		1
Flammepunkt	97	°C	1
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log K _{ow})	3,31		2
Klassificering	T;R23/24/25 R33 N;R51/53		3
Kvalitetskriterier			
Jord	-		
Grundvand	-		
Afdampning	-		
B-værdi	-		
At-værdi	-		

Navn	Amorf Kiselsyre	Enhed	Referencer
Synonym			
CAS nr.	84-69-5		
Kemisk formel	SiO ₂		
Tilstandsform	Hvidt pulver		8
Molvægt	60	g/mol	8
Densitet	20-130	kg/m ³	8
Smeltepunkt	ca. 1700	°C	8
Kogepunkt			
Vandopløselighed	Ikke opløseligt		8
Flammepunkt			
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log K _{ow})			
Klassificering	-		
Kvalitetskriterier			
Jord	-		
Grundvand	-		
Afdampning	-		
B-værdi	-		
At-værdi	5	mg/m ³	6

Navn	Methylethylketonperoxid	Enhed	Referencer
Synonym	MEKP		
CAS nr.	1338-23-4		
Kemisk formel	C ₈ H ₁₆ O ₄		
Tilstandsform	Klar farveløs væske		1
Molvægt	176	g/mol	1
Densitet	1,18	g/cm ³	
Smeltepunkt			
Kogepunkt			
Vandopløselighed	Ikke opløseligt		1
Flammepunkt			
Oktanol-vand fordelingsforhold (log K _{ow})			
Klassificering	-		3
Kvalitetskriterier			
Jord	-		
Grundvand	-		
Afdampning	-		
B-værdi	-		
At-værdi	1 (loftsværdi)	mg/m ³	6

Navn	Acetylacetonperoxid	Enhed	Referencer
Synonym			
CAS nr.	37187-22-7		7
Kemisk formel			
Tilstandsform			
Molvægt			
Densitet			
Smeltepunkt			
Kogepunkt			
Vandopløselighed			
Flammepunkt			
Oktanol-vand fordelingsforhold (log K _{ow})			
Klassificering	Xi,O; R5, R36,S3/7/9,S17, S37		7
Kvalitetskriterier			
Jord	-		
Grundvand	-		
Afdampning	-		
B-værdi	-		
At-værdi	-		

Navn	Benzoylperoxid	Enhed
Synonymer	Dibenzoylperoxid	
CAS nr.	94-36-0	
Kemisk formel	C ₆ H ₅ CO-OO-COC ₆ H ₅	
Tilstandsform	Krystallinsk stof	
Molvægt	242,23	g/mol
Densitet	-	g/ml
Smeltepunkt	106-8	°C
Vandopløselighed	Ikke opl. i vand	mg/l
Damptryk	-	mmHg
Oktanolvand fordelingsforhold (log K _{ow})	-	
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	E;R2 Xi;R36 R43	
Kvalitetskriterier		
Jord	-	mg/kg TS
Grundvand	-	µg/L
Afdampning	-	mg/m ³
B-værdi	-	mg/m ³
At-værdi	5	mg/m ³

Kilde: Samling af stofdatablade fra branchebeskrivelser. Amternes Videncenter for Jordforurening. Teknik og Administration Nr. 7 2002

Navn	Diethylentriamin	Enhed	Referencer
Synonym	DTA		2
CAS nr.	111-40-0		
Kemisk formel	C ₄ H ₁₃ N ₃		
Tilstandsform	Gul væske		1
Molvægt	103	g/mol	1
Densitet	0.9586	g/cm ³	1
Smeltepunkt	-39	°C	1
Kogepunkt	207	°C	1
Vandopløselighed	Let opløselig		1
Flammepunkt	98	°C	1
Oktanolvand fordelingsforhold (log K _{ow})			
Klassificering	Xn; R21/22 C;R34, R43		3
Kvalitetskriterier			
Jord	-		
Grundvand	-		
Afdampning	-		
B-værdi	-		
At-værdi	4	mg/m ³	6

Navn	Triethyltetramin	Enhed	Referencer
Synonym	TETA		2
CAS nr.	112-24-3		
Kemisk formel	C ₆ H ₁₈ N ₄		
Tilstandsform	Gul væske		1
Molvægt	146	g/mol	1
Densitet	0,9817	g/cm ³	1
Smeltepunkt	12	°C	1
Kogepunkt	267	°C	1
Vandopløselighed	Opløselig		1
Flammepunkt	143	°C	1
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log K _{ow})			
Klassificering	Xn;R21 C;R34 R43 R52/53		3
Kvalitetskriterier			
Jord	-		
Grundvand	-		
Afdampning	-		
B-værdi	-		
At-værdi	-		

Navn	Blychromat	Enhed
Synonym	Kromgult	
CAS nr.	7758-97-6	
Kemisk formel	CrO4Pb	
Tilstandsform	Gult/orangegult pulver	
Molvægt	323,1936	g/mol
Densitet	6,3	g/mL
Kogepunkt	-	°C
Vandopløselighed	Uopløselig, 0,2 mg/L	
Damptryk	-	mm Hg
Oktanøl-vand fordeling (log K _{ow})	-	
Klassificering	Rep1;R61 R33 Carc3;R40 Rep3;R62 N;R50/53	
Kvalitetskriterier		
Jord	Bly: 40 Chrom, total: 500 Chrom (VI): 20	mg/kg TS
Grundvand	Bly: 1 Chrom, total: 25 Chrom (VI): 1	µg/L
Afdampning	-	mg/m ³
B-værdi	Chrom, total: 0,001 Chrom (VI): 0,001	mg/m ³
At-værdi	Bly: 0,05 Chrom: 0,5	mg/m ³

Kilde: Samling af stofdatatablade fra branchebeskrivelser. Amternes Videncenter for Jordforurening. Teknik og Administration Nr. 7 2002

Navn	Cadmiumsulfid	Enhed
Synonym	Greenockite	
CAS nr.	1306-23-6	
Kemisk formel	CdS	
Tilstandsform	Lysgule eller orange krystaller	
Molvægt	144,47	g/mol
Densitet	4,82	g/mL
Kogepunkt	-	°C
Vandopløselighed	1,3	mg/L
Damptryk	-	mm Hg
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log K _{ow})	-	
Klassificering	Xn;R22 Carc3;R40 T;R48/23/25 R53	
Kvalitetskriterier		
Jord	Cadmium: 0,5	mg/kg TS
Grundvand	Cadmium: 0,5	µg/L
Afdampning	-	mg/m ³
B-værdi	Cadmium: 0,00001	mg/m ³
At-værdi	Cadmium: 0,005	mg/m ³

Kilde: Samling af stofdatatablade fra branchebeskrivelser. Amternes Videncenter for Jordforurening. Teknik og Administration Nr. 7 2002

Navn	Antimontrioxid	Enhed	Referencer
Synonym			
CAS nr.	1309-64-4		
Kemisk formel	Sb ₂ O ₃		
Tilstandsform	Hvidt pulver		1
Molvægt	291	g/mol	1
Densitet	655	kg/m ³	1
Smeltepunkt	1425	°C	1
Kogepunkt			
Vandopløselighed	Svagt opløselig		1
Flammepunkt			
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log K _{ow})			
Klassificering	Carc3;R40		3
Kvalitetskriterier			
Jord	-		
Grundvand	-		
Afdampning	-		
B-værdi	-		
At-værdi	-		

Navn	Arsen
Kemisk betegnelse	As
Atomnummer	33
Generelt	As er et metalloid (halvmetal). Den mest anvendte arsenforbindelse er As_2O_3 (hvid arsenik). Arsen er toksisk for de fleste organismer, herunder mennesker, dyr og planter.
Optræder i følgende oxidationstrin	0, +III, +V og -III.
Mest forekommende ioner i jord/vand	I terrestiske miljøer optræder arsen primært som oxyanionerne arsenat (As+V) og arsenit (As+III): AsO_4^{3-} , $HAsO_4^{2-}$, $H_2AsO_4^-$ (arsenat) AsO_3^{3-} , H_3AsO_3 (arsenit)
Redoxforhold	Under aerobe forhold findes arsen som arsenat, under reducerende forhold som arsenit, og under stærkt reducerende forhold kan arsen findes som arsin (As-III)
Udfældning/ opløselighed	Generelt er As(+III)-salte mere opløselige end As(+V)-salte, hvilket betyder at arsen vil være mere opløseligt (4-10 gange mere) under reducerende forhold.
Sorption	Arsen optræder overvejende som anioner, og er derfor ikke styret af sorption som de kationiske metaller.
Komplexering	Kompleksdannelse er antageligt ikke af betydning for arsens mobilitet, da arsen som nævnt primært findes som anioner i jord-grundvandsmiljøet
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Arsen og arsenforbindelser er klassificeret som "giftig" (faresymbol T). Nogle arsenforbindelser (oxider samt arsensyre og salte heraf) er endvidere klassificeret som "kræftfremkaldende". Arsentrioxid er klassificeret som "meget giftig" og "kræftfremkaldende".
Kvalitetskriterier	
Jord	20 mg/kg TS
Grundvand	8 µg/L
Afdampning	-
B-værdi	0,00001 mg/m ³
At-værdi	0,01 mg/m ³

Kilde: Samling af stofdatablade fra branchebeskrivelser. Amternes Videncenter for Jordforurening. Teknik og Administration Nr. 7 2002

Navn	Tri(chlorethyl)fosfat	Enhed	Referencer
Synonym			
CAS nr.	115-96-8		
Kemisk formel	C ₆ H ₁₂ Cl ₃ O ₄ P		
Tilstandsform	Klar væske		1
Molvægt	285	g/mol	1
Densitet	1,39	kg/m ³	1
Smeltepunkt	- 51	°C	1
Kogepunkt			
Vandopløselighed	0,1-0,5 g/100 ml		1
Flammepunkt	232	°C	1
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log K _{ow})	1,44		2
Klassificering	Xn;R22 Carc3;R40 N;R51/53		3
Kvalitetskriterier			
Jord	-		
Grundvand	-		
Afdampning	-		
B-værdi	-		
At-værdi	-		

Navn	Methylen-bis-phenylisocyanat	Enhed
Synonymer	Diphenylmethan-4-4'-diisocyanat Bis (p-isocyanatophenyl)methan MDI	
CAS nr.	101-68-8	
Kemisk formel	OCN-C ₆ H ₄ -CH ₂ -C ₆ H ₄ -NCO	
Tilstandsform	Fast/væske	
Molvægt	250,26 (MDA: 198,26)	g/mol
Densitet	1,19	g/cm ³
Kogepunkt	335,85 (MDA: 231) (11 mmHg)	°C
Smeltepunkt	38,05 (MDA: 93)	°C
Vandopløselighed	Ikke opløselig	
Damptryk		
Oktanolvand fordelingsforhold (log)		
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Xn;R20 Xi;R36/37/38 R42/43	
Kvalitetskriterier		
Jord	-	
Grundvand	-	
Afdampning	-	
B-værdi	-	
Bemærkninger	Hydrolyserer ved tilstedeværelse af vand til methyldiphenylamin (MDA)	
At-værdi	0,05	mg/m ³

AVJ-datablad Trykkerirapporten

Navn	Acetone	Enhed
Synonym	2-propanon	
CAS nr.	67-64-1	
Kemisk formel	C3H6O	
Tilstandsform	Klar farveløs væske	
Molvægt	58,08	g/mol
Densitet	0,791	g/mL
Kogepunkt	56,2	°C
Vandopløselighed	57,0	mg/L
Damptryk	89 (5 °C), 181 (20 °C)	mm Hg
Oktanolvand fordeling (log K _{ow})	3,78	
Klassificering	F;R11 Xi;R36 R66 R67	
Kvalitetskriterier		
Jord	-	mg/kg TS
Grundvand	10	µg/L
Afdampning	0,4	mg/m ³
B-værdi	0,4	mg/m ³
At-værdi	600	mg/m ³

AVJ-datablad Trykkerirapporten

Navn	Methylenchlorid	Enhed	Referencer
Synonym	Dichlormethan		
CAS nr.	74-87-3		
Kemisk formel	CH ₂ Cl ₂		
Tilstandsform	Farveløs gas		1
Molvægt	50	g/mol	1
Densitet	0,991	kg/m ³	
Smeltepunkt	- 97	°C	1
Kogepunkt	24	°C	1
Vandopløselighed	Ikke opløselig		1
Flammepunkt			
Oktanolvand fordelingsforhold (log K _{ow})	0,91		2
Klassificering	Fx;R12 Carc3;R40 Xn;R48/20		3
Kvalitetskriterier			
Jord	-		
Grundvand	-		
Afdampning	-		
B-værdi	0,04	mg/m ³	4
At-værdi	52	mg/m ³	6

Referencer

- 1 www.chemfinder.com. Marts 2004.
- 2 www.toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htklgen (november 2004).
- 3 Miljøstyrelsen 2000: Bekendtgørelse om listen over farlige stoffer. Bekendtgørelse nr. 733 af 31/7-2000. Samt <http://www.mst.dk/default.asp?Sub=http://www.mst.dk/kemi/02000000.htm>. (marts 2004).
- 4 Miljøstyrelsen 2000: B-værdivejledningen. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 2, 2002.
- 5 Miljøstyrelsen 2003: Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord. Opdateret juli 2003.
- 6 AT-vejledning C.0.1 Grænseværdier for stoffer og materialer. Oktober 2002.
- 7 Miljøstyrelsen: Renere teknologi i plastbranchen. Del A: Umættet polyester til kompositmaterialer & Del B: Hærdende polyurethanplast (Upubliceret; Lokaliseret på www.plast.dk d. 2004-11-01).
- 8 Sikkerhedsdatablad Tixmiddel 200 fra Fosroc http://www.fosroc.dk/Components/Data_pr/Sikkerhedsdatablade/06_Ov erfladebeskyttelse/6-96_Tixmiddel_200_SIK.pdf.

Bilag 3

Erfaringer fra tidligere undersøgelser

Miljøstyrelsens register over forurenede arealer

Amternes Videncenter for Jordforurening har lavet et udtræk i Miljøstyrelsens register over forurenede arealer, ROKA. I databasen findes en industritype benævnt "Fremstilling af glasuld og glasfiber". Denne kategori dækker over en bredere gruppe virksomheder end branchevejledningen her. I nedenstående tabel er lavet en opgørelse over hvilke typer af forureninger der er påvist på lokaliteterne, dette er inddelt i de 5 hovedgrupper, olie/benzin, tungmetaller, PAH, chlorerede opløsningsmidler og ikke-chlorerede opløsningsmidler. Sidstnævnte dækker over forskellige opløsningsmidler, der er dog ingen, som tilhører BTEX-stofgruppen.

Forurening	Fremst. af glasuld og -fiber
Olie/benzin	2
Tungmetaller	3
PAH	1
Chlorerede opløsningsmidler	3
Opløsningsmidler	2
Total i ROKA	11

Tabel 1 Oversigt over lokaliserede forureninger fra glasulds- og -fiberfabrikker /45/.

Der er stor forskel på glasuldsproduktion og glasfiberproduktion, når glasfiber betragtes som glasfibre armeret med plast. Det er dog sandsynligt at forureningen med tungmetaller og måske også nogle af de chlorerede opløsningsmidler kan hidrøre glasfiberindustrien. Olie/benzin-forureningen kan tænkes, at stamme fra utætte olietanke, som ofte findes på glasfibervirksomheder til opvarmning.

Undersøgelserapporter

Ved rundspørge i amterne har Amternes Videncenter for Jordforurening indsamlet oplysninger om to lokaliteter med glasfiberfabrikker, hvor forureningen kan vurderes at stamme fra denne aktivitet.

Ved en undersøgelse på en glasfibervirksomhed i Vejle Amt er der konstateret forurening med bly. Der blev analyseret for forskellige aromater og kulbrinter med ingen forurening blev konstateret. På lokaliteten har der også været anden aktivitet, men det vurderes at forureningen med bly stammer fra pigmenterne anvendt i glasfiberen.

Ved en undersøgelse i Ribe Amt er der ikke konstateret nogen jordforurening. Men der er konstateret chloroform i poreluften under betongulvet. Det er mest sandsynligt af chloroform har været anvendt som affedtningsmiddel eller i forbindelse med den lakering, der er foregået.

Det skal som efterskrift nævnes, at Rambølls praktiske erfaringer med poreluftundersøgelser, som er udført på virksomheder, som har anvendt styren, klart viser at stoffet ethylbenzen ofte findes i poreluften sammen med styren. Nedbrydning af styren til ethylbenzen er ikke dokumenteret i litteraturen, hvorfor denne observation alene skal forstås som en praktisk erfaring og ikke som en dokumenteret nedbrydningsvej.

Bilag 4

Metodebeskrivelser

I det følgende er de enkelte elementer i en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2 beskrevet nærmere.

Undersøgelserprogrammet er opdelt i et standardprogram og et supplementprogram.

Standardprogrammet indeholder de elementer, som altid anbefales medtaget i en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2. Her forudsættes det, at der er gennemført en detaljeret historisk kortlægning med lokalisering af de vigtigste forureningskilder.

Hvis historikken er sparsomt belyst, eller der er mistanke om tilstedeværelse af større forureningskilder med ukendt placering, kan standardprogrammet udvides med et eller flere elementer fra supplementprogrammet.

Undersøgelsesmetoder

Standardprogrammet anbefales at indeholde:

- Udførelse af boringer (korte indtil 1 m u. t. og dybere indtil minimum 3-4 m u. t.) og udtagning af jordprøver i udendørsområder; ved oplag af råvarer og affald, ved tidligere eller eksisterende samlebrønde i kloaksystemet, olieudskillere og ved nedgravede tanke. Der bør ligeledes bores ved påviste utætheder i kloakledninger med forbindelse til produktions- og lagerområder.
- Ved tilstedeværelse af terrænnære grundvandsmagasiner udføres der en eller flere filtersatte boringer med henblik på vandprøvetagning. Der bør placeres filtersatte boringer ved eller nedstrøms de potentielle forureningskilder.

Supplementprogrammet kan omfatte TV-inspektion af kloaksystem, poreluftsonderinger og lokalisering af nedgravede tanke og rørføringer ved geofysiske opmålinger samt lækagetest på tankanlæg, der er i drift. I det følgende er undersøgelsesmetoderne gennemgået nærmere.

Lækagetest

For tankanlæg indeholdende benzin, dieselolie eller andre produkter og som stadig er i drift anbefales det at udføre lækagetest.

Ved tanktest tilsættes et sporstof til tankens indhold. Efter en tidsperiode måles med sædvanligt poreluftudrustning (se senere) for sporstof samt komponenter fra tankens almindelige indhold. Målinger laves både i tank, udenfor tank og evt. langs rørføringer. Målingen i tanken kan indikere hvor meget af det tilsatte sporstof der er tilbage i tanken.

Lækagetest er bedre indikatorer for forureningsspredning end sædvanlige boringer, da det ikke altid er sikkert at boringen placeres korrekt i forhold til en forureningslækage.

Boringer og filtersætning

Udførelse af boringer og udtagning af jordprøver er detaljeret beskrevet i Miljøstyrelsens prøvetagningsvejledning /41/. Boringerne føres minimum til bund af fyldlag eller til bund af brønde, nedgravede tanke mv. Boringer indtil ca. 1 m u. t. er velegnede til undersøgelse af overfladenær og evt. diffus forurening, mens boringer på minimum 3-4 m u. t. er velegnede til undersøgelse af koncentrerede forureningskilder og til undersøgelse af forurening i eventuelle terrænnære grundvandsdannelser.

Under borearbejdet udarbejdes der feltjournal med angivelse af:

- Prøvetagningsdybder.
- Geologisk beskrivelse af jordtyper, forureningsbedømmelse, laggrænser og boreddybder.
- Jordens fugtighed med henblik på forventet beliggenhed af grundvandsspejl.
- Filtersætning, afpropning, retablering og vandspejlsobservationer.

Det anbefales, at der altid etableres minimum en filtersat boring f.eks. hvor der findes samlebrønde, især af ældre dato, da disse ofte viser sig at være utætte.

TV-inspektion af kloaksystem

Hvis der er oplysninger om kloakforhold med afløb fra produktionshaller eller kemikalierum/blanderum kan der foretages TV-inspektion af kloaksystemet. Er der mistanke om at rensmidler er tømt i afløb via vask eller gulvafløb anbefales ligeledes TV-inspektion, da der kan være anvendt chlorerede opløsningsmidler som rensmidler.

Ved TV-inspektionen trækkes et kamera gennem kloaksystemet. Kameraet registrerer rørenes tilstand og skader på rørene.

I tilfælde, hvor f.eks. aflejringer på indersiden af rørene eller forskydninger af samlinger kan skabe tvivl om, hvorvidt der kan ske en udsivning, kan TV-inspektionen suppleres med en tæthedsprøvning af en rørstrækning. Tæthedsprøvning udføres typisk med vand eller luft.

Ud fra TV-inspektion eller tæthedsprøvning kan forureningskilder stammende fra udsivning fra kloaksystemet lokaliseres.

Det anbefales at anvende et TV-inspektionsfirma, der er tilsluttet Danske TV-inspektionsfirmaers kontrolordning (DTVK).

Lokalisering af nedgravede tanke og rørføringer

Ved undersøgelser, der omfatter nedgravede tankanlæg, kan det tilgængelige kort- og informationsmateriale være mangelfuldt og unøjagtigt. I sådanne tilfælde kan der anvendes geofysiske metoder, som f.eks. målinger med protonmagnetometer, georadar eller metaldetektor.

Metoderne kan anvendes ved lokalisering af nedgravede tanke, tromler og rør-installationer ned til 2-3 m u. t. Metoderne er følsomme overfor genstande af metal, hvorfor der kan være mange fejlkilder. Det gælder naturligvis nedgravede rør, men også hegn af metal, armeringsjern i beton osv. kan øve indflydelse på de geofysiske målemetoder.

Poreluftmålinger

Poreluftundersøgelser er velegnede til at spore forureninger med ethylbenzen (nedbrydningsprodukt af styren) og chlorerede opløsningsmidler, som kan være brugt til afrensning

Etablering af prøvesteder til poreluftmåling samt udtagning af poreluftprøver er nærmere beskrevet i /42/.

Poreluftmålinger er også velegnede som undersøgelsesmetode ved potentielle indendørs forureningskilder, såsom oplag af råvarer og affald samt ved indendørs afløb i gulv. I disse tilfælde etableres prøvestederne mest hensigtsmæssigt ved at nedramme en sonde vertikalt gennem gulv og fundament til det kapillar- brydende lag umiddelbart under gulvniveau. Ved anvendelse af særligt udstyr kan prøvesteder i det kapillarbrydende lag også etableres udefra ved skrå borerer ind gennem bygningens fundament.

Poreluftmålinger er desuden velegnede til screening af især udendørs arealer for flygtige stoffer. Ud fra resultaterne af poreluftmålingerne kan borerne efterfølgende placeres.

Resultatet af poreluftmålinger er imidlertid påvirket af jordens permeabilitet, hvilket f.eks. betyder, at en kompakt moræneler er mindre velegnet til poreluftundersøgelser, især som screeningsmetode.

Lokalisering af nedgravede tanke og rørføringer

Ved undersøgelser, der omfatter nedgravede tankanlæg, kan det tilgængelige kort- og informationsmateriale være mangelfuldt og unøjagtigt. I sådanne tilfælde kan der anvendes geofysiske metoder, som f.eks. målinger med protonmagnetometer eller georadar.

Metoderne kan anvendes ved lokalisering af nedgravede tanke, tromler og rør-installationer ned til 2-3 m u. t.

Prøvetagningsmetoder

Standardprogrammet anbefales at indeholde udtagning af jordprøver samt udtagning af vandprøver fra terrænnære grundvandsmagasiner.

Supplementprogrammet kan omfatte udtagning af vandprøver fra større sekundære grundvandsmagasiner og fra primære grundvandsmagasiner. I det følgende er prøvetagningsmetoderne beskrevet nærmere.

Jord

Ved overfladedeponeringer og pladser til opbevaring af affald, f.eks. er der ofte affaldscontainere til glasfiberstøv, kan udtagning af jordprøver fra terrænnære jordlag være ideelt i forhold til forureningskomponenter, der adsorberes kraftigt til jorden, f.eks. tungmetaller og olieprodukter.

Fra borerer udtages typisk to jordprøver for hvert jordlag dog minimum for hver halve boremeter til beskrivelse af jordtype, PID-måling og evt. kemisk analyse.

Jordprøver kan evt. blandes med henblik på at minimere analyseomkostningerne. Det anbefales, at der ikke blandes mere end fem delprøver. Blanding af prøver er velegnet til prøvetagning for tungmetaller og svært flygtige olietyper, men må aldrig anvendes, hvor der skal analyseres for flygtige forureningskomponenter, pga. risiko for fordampningstab under blandingen.

Ved blanding af prøver bliver resultatet et gennemsnitsindhold af forureningen i jorden i det undersøgte område. Herved mistes informationer om, hvilke prøvetagningspunkter, der indeholder høje eller lave koncentrationer. Til gengæld fås et billede af den generelle belastning af det undersøgte område.

Prøvetagningsmetode, emballering, håndtering og opbevaring af prøverne skal tilpasses forureningens art. Det er overordentlig vigtigt, specielt ved flygtige forureninger, at udtagne jordprøver emballeres i membranglas eller redcap/duranglas med teflonlåg, hvor prøver kan ekstraheres direkte i glasset. Det er desuden vigtigt, at plastmaterialer i prøveemballagen ikke kan afgive enkelt-komponenter (f.eks. phthalater) til jordprøven. Derfor frarådes generelt pakninger af plast/gummi i prøveglas. Prøver til analyse for flygtige, organiske forureninger skal håndteres så lidt som muligt og skal opbevares mørkt og køligt i felten, under transport og under opbevaring i laboratoriet. Sådanne prøver bør analyseres inden for maksimalt 24 timer efter prøveudtagning /41/.

Mere detaljerede retningslinjer for udtagning af jordprøver og deres håndtering fremgår af /41/.

Grundvand

I filtersatte borerer foregår prøvetagningen i tre faser:

- 1) Forpumpning.
- 2) Prøvetagning.
- 3) Prøveemballering, -håndtering og -opbevaring.

Ved forpumpning af højtydende borerer bør vandet passere en pH-, ilt- og ledningsevne måler. Når pH, iltindhold og ledningsevne bliver konstant udtages vandprøven. På denne måde sikres det, at der udtages en vandprøve, der repræsenterer grundvandsmagasinet bedst muligt. Der skal dog som minimum forpumpes en vandmængde svarende til 10 gange vandmængden i filter og blindrør /35/.

Ved lavtydende boringer, hvor boringen tørpumpes, inden forpumpningen er afsluttet, bør boringen tørpumpes 1-4 gange inden prøvetagningen /40/. I terrænnære grundvandsmagasiner er boringerne typisk lavtydende.

Prøvetagningen bør udføres i direkte forlængelse af forpumpningen. Filtre, pumpe-slanger og beholdere af blød plast (især PVC) skal undgås, da disse kan afgive blødgøringsmidler og opløsningsmidler. I stedet anbefales filtre og pumpe-slanger af PE-HD og prøvetagningsbeholdere af glas /40/.

Prøvetagningsmetode, emballering, håndtering og opbevaring af prøverne skal tilpasses forureningstype. Det er derfor overordentlig vigtigt, specielt ved flygtige, organiske forureninger, at vandprøven ikke sprøjtes ned i prøveemballagen, da der herved kan forekomme en betydelig stripning af flygtige stoffer fra prøven. De udtagne vandprøver emballeres i glasflasker med teflonlåg og opbevares mørkt og køligt i felten, under transport og under opbevaring i laboratoriet for at minimere fordampningsrisikoen /40/.

Mere detaljerede retningslinjer for udtagning af vandprøver og deres håndtering er nærmere beskrevet i /40/.

Feltanalyser

Ved feltanalyser forstås analysemetoder af mindre kompleksitet, som er egnede til anvendelse i felten. De fleste feltanalyser er mindre nøjagtige og mindre præcise end laboratorieanalyser, men er hurtigere og giver i visse tilfælde en respons for flere stoffer ved samme analyse. Feltanalyser anvendes af økonomiske og tidsmæssige årsager til sikring af et tilstrækkeligt analysegrundlag for lavere omkostninger, således at der udvælges relevante prøver til laboratorieanalyser, og der analyseres for relevante parametre. Herudover kan feltanalyser foretages samtidig med borearbejdet, således at placeringen af boringer løbende tilrettelægges ud fra resultaterne af feltanalyserne. Hvis feltmetoden er stofspecifik, bør den som minimum have en detektionsgrænse, der svarer til det gældende kvalitetskriterium for det pågældende stof.

For glasfibervirksomheder kan følgende feltanalyser være aktuelle:

PID/FID anvendes til vurdering af flygtige forbindelser i headspacen over en jordprøve. Apparatets følsomhed afhænger af, hvilken type lampe detektoren er udstyret med. Metoden er ikke stofspecifik.

Metalscreening med røntgenfluorescenceteknik (EDXRF). Metoden giver en orientering om, hvorvidt jorden er forurenet med almindeligt forekommende metaller, og hvilken variation der kan forventes over undersøgelsesområdet.

Yderligere oplysninger om forskellige feltmetoder findes i /35, 43, 44/.

Standardprogrammet anbefales at indeholde en prøvebeskrivelse af samtlige jord- og vandprøver, der er udtaget i forbindelse med feltarbejdet. Den indledende prøvebeskrivelse bør omfatte:

Registrering af observationer i felten, såsom misfarvning, fyldmateriale, geologiske aflejringer og lugt.

Registrering af lugt, uklarheder, oliefilm og lignende i oppumpet vand.
Screening af jordprøver i felten og/eller i laboratorium for flygtige ioniserbare forbindelser ved PID/FID.

Som supplement kan det overvejes at screene et større antal jordprøver i felten for indhold af metaller med røntgenfluorescenceteknik (EDXRF).

I nedennævnte tabel er feltmetoderne sammenfattet med angivelse af analysemetoder, parametre og vejledende detektionsgrænser /41/.

Analysemetode	Komponenter	Vejl. detektionsgrænse
Tungmetaller		
Røntgenfluorescens (ECXRF) Måles direkte på jordprøve	Bly Cadmium Chrom Arsen	20-40 mg/kg 20-30 mg/kg 70-160 mg/kg 20-40 mg/kg
Kulbrinter		
PID/FID Måles på headspace over jordprøve	BTEX Styren Benzin Diesel-/fyringsolie	- ? 1-10 mg/kg 20-100 mg/kg

Tabel 2 Oversigt over feltanalyser.