

Miljøprojekt nr. 228

1993

Miljøvurdering af EVA

PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC
PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC
PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC
PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC
PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC
PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC

Miljøprojekt

- Nr. 62: Luftforurening med kvælstofoxider i Danmark
- Nr. 63: Anvendelse af analyseresultater ved vandkontrol
- Nr. 64: Kosmetik - bivirkninger
- Nr. 65: Miljøfremmede stoffer i kommunalt spildevand
- Nr. 66: Undersøgelser af blødt aggressivt vand
- Nr. 67: Kilder til grundvandsforurening
- Nr. 68: Overfladeaktiveret iltning af ferrojern i vand fra Hvidmosen
- Nr. 69: Forbrug og forurening med chlorphenoler
- Nr. 70: Organiske opløsningsmidler
- Nr. 71: Kviksølv i havneslam
- Nr. 72: Organic solvents
- Nr. 73: Arealanvendelse og geologi - nitrat i grundvand
- Nr. 74: Kviksølv i danske ferskvandsøkosystemer
- Nr. 75: Forureningstilstanden i danske svømmebade
- Nr. 76: Nitrat og pH i drikkevand
- Nr. 77: Kviksølv i jord
- Nr. 78: Drænvandskvalitet fra pyritholdige arealer
- Nr. 79: Leptospirabakterier i rotter ved dambrug og landbrug
- Nr. 80: Svømmebade og sygdomsrisiko
- Nr. 81: Lokale forureninger og helbredseffekter
- Nr. 82: QSAR og toksikologi - en ny strategi i kemikalievurdering
- Nr. 83: Forurening fra gamle affaldsdepoter uden kemikalieaffald
- Nr. 84: Alternativ lossepladsteknologi - en litteraturgennemgang
- Nr. 85: Tilførsel af næringsstoffer til vandløb
- Nr. 86: Genanvendelse af tekstilaffald
- Nr. 87: Substitution af PVC-plast med andre plastmaterialer
- Nr. 88: Emballage til mælk og juice
- Nr. 89: Vandressourcerne og klimasvingninger
- Nr. 90: Nikkelafgivelse fra metallegeringer
- Nr. 91: Algetoksicitetstest
- Nr. 92: CFC-forbrugsmønster i Danmark
- Nr. 93: Mikrobiel nedbrydning af miljøfremmede stoffer i grundvand
- Nr. 94: Genanvendelse af madaffald fra storkøkkener i København
- Nr. 95: Bundfaunaundersøgelser som redskab til overvågning
- Nr. 96: Svovlbrintedannelse og -kontrol i trykledninger
- Nr. 97: Renere teknologi i fiskeindustrien
- Nr. 98: Renere teknologi i træ- og møbelbranchen
- Nr. 99: Kompostering af haveaffald i Frederiksborg amt
- Nr. 100: Hazard assessment of 1,1,1-trichloroethane
- Nr. 101: Organiske opløsningsmidler i husholdningsprodukter
- Nr. 102: Fuglefaunaen på konventionelle og økologiske landbrug
- Nr. 103: Sprøjtefra randzoner i kornmarker
- Nr. 104: Miljøforbedring ved hovedseparation i rejepilleindustrien
- Nr. 105: Forbrug af og forurening med bly i Danmark
- Nr. 106: Haloner - forbrugsmønster i Danmark
- Nr. 107: Galvanisk overfladebelægning uden affald og spildevand
- Nr. 108: Madaffald fra storkøkkener - organisation af indsamling og oparbejdning
- Nr. 109: Erstatningsstoffer for fosfat - spredning og effekter i miljøet
- Nr. 110: Olie/kemikalieaffald - en spørgeskemaundersøgelse
- Nr. 111: Undersøgelser af vejledende pyritgrænseværdier
- Nr. 112: Kvantitative og kvalitative kriterier for risikoaccept
- Nr. 113: Storskrald og haveaffald
- Nr. 114: Papirindsamling via specialcontainere og genbrugsstation
- Nr. 115: Vandmiljøplanens overvågningsprogram
- Nr. 116: Renere teknologi i svine- og kreaturslagteribranchen
- Nr. 117: Dioxinmission ved affaldsforbrænding
- Nr. 118: Klorkilders betydning for dioxindannelse ved forbrænding
- Nr. 119: Okkerrensning i forbindelse med landbrugsmæssig dræning
- Nr. 120: Kontrol af køretøjer med katalysator
- Nr. 121: Forurenede industrigrunde
- Nr. 122: Indsamling af papir og pap fra erhvervsvirksomheder
- Nr. 123: Risikovurdering af forurenede grunde
- Nr. 124: Vedligeholdelse af køle-smøremidler
- Nr. 125: Fugleføde i kornmarker - insekter og vilde planter
- Nr. 126: Miljøvenlige malematerialer i jernindustrien
- Nr. 127: Miljøfremmede, organiske stoffer i kommunalt spildevand
- Nr. 128: Nedsivning fra byggeaffald
- Nr. 129: Genanvendelse af bygge- og anlægsaffald - del 1
- Nr. 130: Forureningsfri galvanomaskiner til værkstedsbrug
- Nr. 131: Miljøvurdering af PVC og udvalgte alternative materialer
- Nr. 132: PVC i kontorartikler, sundhedssektor, m v.
- Nr. 133: PVC i byggeri og anlæg
- Nr. 134: PVC i emballage
- Nr. 135: Hjemmekompostering
- Nr. 136: Bearbejdning af danske måledata af regn og afstrømning
- Nr. 137: Regulering af forurening fra afløbssystemer under regn
- Nr. 138: Renere teknologi på energiområdet
- Nr. 139: Afvask af trykpresser med sojaolie
- Nr. 140: Vandige malematerialer til korrosionsbeskyttelse
- Nr. 141: Det grønne affaldssystem i AFAV
- Nr. 142: Det grønne affaldssystem i Høng
- Nr. 143: Katodisk elektrodypemaling
- Nr. 144: Reparationsmaling af automobiler
- Nr. 145: Genanvendelse af nedknust tegl
- Nr. 146: Restprodukter fra røggasrensning ved affaldsforbrænding i
- Nr. 147: Blæserensningsmetoder

Miljøprojekt

- Nr. 148: Storskraldsordninger med genanvendelse
- Nr. 149: Emissionsundersøgelse for pejs og brændeovne
- Nr. 150: Prognose for bygge- og anlægsaffald - hovedrapport
- Nr. 151: Prognose for bygge- og anlægsaffald - bilagsdel
- Nr. 152: Kemikalier i husholdningen
- Nr. 153: Danmarks udledning af industrielt spildevand
- Nr. 154: Miljømærkning af produkter
- Nr. 155: Spredning af forurening i moræner
- Nr. 156: Drikkevandskvalitet i Danmark
- Nr. 157: Anvendelse af nedknust beton i ny beton
- Nr. 158: Bortskaffelse af havneslam
- Nr. 159: Miljøvenlig affedtning i jernindustrien
- Nr. 160: Genanvendelse af bygge- og anlægsaffald - del 2
- Nr. 161: Arbejdsmiljøforhold ved genanvendelse af affald
- Nr. 162: Renere teknologi i eksisterende galvanovirksomheder
- Nr. 163: Forurening fra pelsdyrfarme
- Nr. 164: Deltagelse i kildesortering af husholdningsaffald
- Nr. 165: Luftforurening fra individuel og kollektiv trafik
- Nr. 166: Overfladeaktive stoffer - spredning og effekter i miljøet
- Nr. 167: Renere teknologi i mejeribranchen
- Nr. 168: Miljømessig vurdering af mælkeemballage
- Nr. 169: Renere teknologi i den grafiske branche
- Nr. 170: Ozonlagnedbrydende stoffer - forbrug i 1987 - 1989
- Nr. 171: Design af affaldsbeholdere
- Nr. 172: Økonomi i genanvendelse og affaldsbehandling
- Nr. 173: Fyring med halm - en metode til renere forbrænding
- Nr. 174: Spredningsudstyr til optimal udnyttelse af gylle
- Nr. 175: Affald i Danmark - teknisk rapport
- Nr. 176: Opløsningsmiddel-fattige serigrafifarver
- Nr. 177: Demonstrationsprojekt "Selektiv nedrivning"
- Nr. 178: Farveseparering af skår
- Nr. 179: Eco-labelling of Paper Products
- Nr. 180: Renere teknologi - bygge- og anlægsaffald
- Nr. 181: Beton med nedknust tegl som tilslag
- Nr. 182: Model til risikoanalyse af værtsmikroorganismer
- Nr. 183: Eksempler på risikoanalyse af værtsmikroorganismer
- Nr. 184: Danske sure og forsuringstruede søer
- Nr. 185: Jernudvaskning fra drænedede pyrritholdige arealer
- Nr. 186: Kommunale affaldsplaner
- Nr. 187: Planteplankton - metoder
- Nr. 188: Økotoxikologisk vurdering af industrispildevand
- Nr. 189: Renere teknologi ved fremstilling af støberikærner
- Nr. 190: Ozonlagnedbrydende stoffer - forbrug i 1990
- Nr. 191: Renere teknologi i jern- og metalstøberier
- Nr. 192: Dimensionering af grødefyldte bassiner til okkerrensning
- Nr. 193: Restprodukter fra røggasrensning ved affaldsforbrænding 2
- Nr. 194: Kildesortering i Kolding kommune
- Nr. 195: Lokal-kompostering i tæt, lav bebyggelse
- Nr. 196: Substitution af kviksølv i produkter
- Nr. 197: Grønne indkøb i amter og kommuner
- Nr. 198: Kommunale affaldsregulativer
- Nr. 199: Vegetabiliske olier - holdninger i den grafiske branche
- Nr. 200: Vandfugle og søers miljøtilstand
- Nr. 201: Ozonlagnedbrydende stoffer - forbrug i 1991
- Nr. 202: Genanvendelse kontra forbrænding af mælkekarteroner
- Nr. 203: Risikoscreening ved nyttiggørelse og deponering af slagge
- Nr. 204: Miljø- og arbejdsmiljøvurdering af materialer
- Nr. 205: Zooplankton i søer - metoder og artsliste
- Nr. 206: 2-delt indsamling i etageboliger i Svendborg kommune
- Nr. 207: 2-delt indsamling i etageboliger i Århus kommune
- Nr. 208: Vejles affaldssystem
- Nr. 209: Jernudvaskning ved dræning af arealer med jern i grundvand
- Nr. 210: Branchebekendtgørelser som styringsmiddel i miljøpolitikken
- Nr. 211: Okkerbelastning af jyske vandløb
- Nr. 212: Miljø og arbejdsmiljø i den grafiske branche
- Nr. 213: Forbrug af og forurening med cadmium
- Nr. 214: 3-delt indsamlingssystem for dagrenovation
- Nr. 215: Forebyggende miljøarbejde
- Nr. 216: Korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner
- Nr. 217: Indsamling af køleskabe og fryser
- Nr. 218: Miljøvurdering af fotokemikalier
- Nr. 219: Husspildevand og renere teknologi
- Nr. 220: Indsamling af madaffald fra husstande i København
- Nr. 221: Byggeriets materialeforbrug
- Nr. 222: Rensning og recirkulering af industrivaskerivand
- Nr. 223: Benzin- og dieselolieforurenede grunde
- Nr. 224: Miljømessig vurdering af mikrobiologiske plantebeskyttelsesmidler
- Nr. 225: Spildevandsrensning ved ionbytning
- Nr. 226: Organotin i danske farvande
- Nr. 227: Miljøvurdering af SEBS og PET
- Nr. 228: Miljøvurdering af EVA

Miljøvurdering af EVA

Rapporten omfatter en vurdering af de miljø- og sundhedsmæssige forhold knyttet til materialet ethylen-vinylacetat copolymer (EVA) vurderet i hele materialets livscyklus. Idet materialet EVA er et potentielt alternativ til PVC, er det vurderet relativt i forhold til PVC.

PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC
PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC
PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC
PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC **PVC** PVC PVC
PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC
PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC

Pris kr. 45,- inkl. 25% moms

ISSN nr. 0105-3094
ISBN nr. 87-7810-031-3

Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Strandgade 29 · 1401 København K · Tlf 32 66 01 00

Miljøprojekt nr. 228

1993

Miljøvurdering af EVA

Plastmaterialet ethylen-vinylacetat copolymer

Anders Schmidt
Lisbeth Engel Hansen
Leif Hoffmann
Jørgen Larsen
Kari Elvestad
Dansk Teknologisk Institut. Miljøteknik

Rapporten er udarbejdet med tilskud fra Rådet vedrørende genanvendelse og mindre forurenende teknologi.

Det skal bemærkes, at de fremsatte synspunkter ikke nødvendigvis dækkes af Rådet eller Miljøstyrelsen.

Indholdsfortegnelse

- 0. **Sammenfatning 5**
- 0.1 **Summary 12**
- Miljøvurdering af ethylen-vinylacetat-copolymer (EVA)**
- 1. **Ethylen-vinylacetat-copolymer (EVA) 14**
 - 1.1. **Indledning 14**
 - 1.2. **Fremstilling af EVA 14**
 - 1.2.1. **Copolymerisater 15**
 - 1.3. **Compounding 16**
 - 1.4. **Råvarer 16**
 - 1.4.1. **Ethylen 16**
 - 1.4.2. **Vinylacetat 18**
 - 1.4.3. **Fyldstoffer 19**
 - 1.4.4. **Initiatorer 20**
 - 1.4.5. **Øvrige tilsætningsstoffer 20**
 - 1.5. **Emissioner 20**
 - 1.6. **Sundhedsmæssige effekter 21**
 - 1.6.1. **Ethylen 22**
 - 1.6.2. **Vinylacetat 22**
 - 1.6.3. **Carbonhydrider 24**
 - 1.6.4. **Hexan 25**
 - 1.6.5. **Fyldstoffer 25**
 - 1.7. **Effekter på det ydre miljø 25**
 - 1.7.1. **Ethylen 25**
 - 1.7.2. **Vinylacetat 25**
 - 1.8. **Brand og uheld 26**
- 2. **Forarbejdning af EVA 27**
 - 2.1. **Emissioner 27**
 - 2.2. **Sundhedseffekter 28**
 - 2.2.1. **Eddikesyre 28**
 - 2.2.2. **Formaldehyd 28**
 - 2.2.3. **Acetaldehyd 29**
 - 2.2.4. **Acrolein 29**
 - 2.3. **Effekter på det ydre miljø 30**

- 2.4. Brand og uheld 30
- 3. Færdigvareproduktion 31
 - 3.1. Emissioner 31
 - 3.2. Effekter på sundhed og miljø 31
 - 3.3. Brand og uheld 31
- 4. Forbrug 32
- 5. Genanvendelse 33
- 6. Affaldsbortskaffelse 34
 - 6.1. Forbrænding 34
 - 6.2. Deponering 34
 - 6.3. Kompostering 34
- 7. Referencer 35

0. Sammenfatning

Afdelingen for Miljøteknik ved Dansk Teknologisk Institut har med støtte fra Rådet vedrørende genanvendelse og mindre forurenende teknologier gennemført en miljøvurdering af ethylen-vinylacetat copolymer (EVA) som et muligt alternativ til PVC. Arbejdet er afsluttet i april 1992.

Miljøvurderingen er foretaget efter de samme retningslinier som i rapporten "Miljøvurdering af PVC og udvalgte alternative materialer" (Miljørapport nr. 131). Det metodemæssige grundlag for rapporten er fyldestgørende beskrevet i Miljørapport nr. 131, men skal kort resumeres her.

Metode

En *miljøvurdering* omfatter i dette projekt en gennemgang af materialets *livscyklus* omfattende:

- Fremstilling af råmaterialer,
- forarbejdning til halvfabrikata,
- produktion af færdigvarer,
- erhvervsmæssigt og privat brug,
- genanvendelse og
- affaldsbortskaffelse,

hvor sidstnævnte opdeles på forbrænding, kompostering og deponering.

I forhold til andre forslag til livscyklus mangler den her anvendte en selvstændig vurdering af distribution placeret mellem produktion af færdigvarer og forbrug. I stedet indgår transport i vurderingerne på de øvrige trin i det omfang, der foreligger data. Af specielt relevans er energiforbrug og uheld ved transport.

På hvert trin i livscyklus diskuteres en række *miljømæssige elementer*:

- Ressourceforbrug (energi og materialer),
- eksponering i arbejdsmiljøet,
- effekter i arbejdsmiljøet,
- eksponering i det ydre miljø,
- effekter i det ydre miljø og
- uheld (især forhold ved brand).

Resultatet af denne vurdering anskueliggøres for de enkelte materialer i en *specifik matrix* og i en mindre omfattende *relativ matrix*, hvor et alternativt materiale sammenlignes med PVC. I de enkelte felter i den specifikke matrix anføres, om der er tale om et meget belastende forhold, et belastende forhold, ingen belastning eller manglende viden. Tilsvarende angives i den relative matrix, om der er tale om forhold, der trinvis gradueres fra meget bedre til meget værre end PVC.

Baggrunden for det efterfølgende resumé er sammenfattet og dokumenteret i rapporten, og det skal understreges, at både resuméet her og sammenfatningen er forenklede i forhold til dokumentationsmaterialet. Dette medfører, at der for specifikke produkter i praksis kan være tale om anvendelse af miljø- eller sundhedsbelastende additiver, som *ikke* er omfattet af den (afgrænsede) vurdering.

Vurdering af EVA

Materiale vurderingen omfatter ethylen-vinylacetat copolymer (EVA), der kan bestå af fra 5 til 50% vinylacetat copolymeriseret med ethylen. I tilfælde af, at indholdet af vinylacetat overstiger 50%, betegnes materialet som vinylacetat-ethylen copolymer, og hvis indholdet af vinylacetat er under 5%, betegnes materialet som modificeret low density polyethylen (LDPE).

Fingeraftryk

De problematiske led (fingeraftrykkene) i EVA's livscyklus er først og fremmest polymeriseringsprocessen, der foregår ved en høj temperatur og et højt tryk. Der vil således være en stor risiko for ukontrollerede reaktioner med en betydelig brand- og eksplosionsfare.

Nedbrydningsprodukterne ved forarbejdning af de enkelte materialer omfatter en række syrer, aldehyder og ketoner, hvis væsentligste effekter i denne sammenhæng er luftvejsirritation. I tilfælde af langvarig eksponering for relativt høje koncentrationer af disse nedbrydningsprodukter er der dog risiko for mere kroniske effekter som for eksempel vedvarende forringet lungefunktion.

Energiforbruget ved fremstilling af EVA har ikke kunnet gøres nøjagtigt op. Da low density polyethylen (LDPE) er en væsentlig bestanddel af alle materialer, må det imidlertid formodes, at energibehovet ved produktion ikke vil afvige meget fra forbruget ved fremstilling af LDPE. Der vil i så tilfælde være tale om et energiforbrug, der er større end ved fremstilling af PVC, men til gengæld af samme størrelsesorden eller mindre end energibehovet ved fremstilling af andre plastmaterialer.

I det omfang, der er tilsat halogenerede brandhæmmere, vil dette betyde potentiel belastning med "dioxiner" ved forbrænding af EVA-affald.

Konklusion - sammenligning

I forhold til PVC må EVA betegnes som et miljøvenligt alternativ. Denne vurdering bygger primært på, at der ikke anvendes tungmetaltholdige additiver i EVA's livscyklus. Ved en lang række anvendelsesområder for EVA vil der heller ikke være tilsat halogenerede brandhæmmere, og der vil således ikke være tale om de potentielt belastende eksponeringer og effekter af hverken tungmetaller eller "dioxiner" ved produktion og affaldsbortskaffelse, som ses i PVC's livscyklus.

Da vinylacetatindholdet i EVA virker blødgørende på polymeren, er der ikke behov for tilsætning af blødgørere som f.ex. phthalater, der anvendes i stor udstrækning i sammenlignelige produkter, lavet af PVC. Der er således heller ikke mulighed for de effekter, som eksponering for phthalater kan have.

I en sammenligning mellem de to materialer må imidlertid også indgå det større energiforbrug ($\approx 20\%$), som er nødvendigt ved fremstillingen af EVA. Ligeledes skal det bemærkes, at risikoen for uheld ved produktion af EVA (og LDPE) er vurderet som potentielt meget belastende, idet produktionsprocessen foregår ved høj temperatur og højt tryk og implicerer stoffer, der er eksplosions- og brandfarlige.

Absolut vurderingsmatrice for ethylen-vinylacetat copolymer (EVA)

| | | A | B | C | D | E | F |
|---|---------------------------------|-------------------------|---------------|--------|----------------|----------------|----------------|
| | Proces | Ressourceforbrug (GJ/T) | Arbejds miljø | | Ydre miljø | | Uheld |
| | | | Eksp. on. | Effekt | Eksp. on. | Effekt | |
| 1 | Fremstilling af råmateriale | ? (70-80) | - | - | 0 | 0 | --- |
| 2 | Forarbejdning til halvfabrikata | 11-12 | - | - | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Produktion af færdigvarer | ? | - | - | 0 | 0 | 0 |
| 4 | Forbrug | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 ¹ |
| 5 | Genanvendelse | ? | - | - | 0 | 0 | 0 |
| 6 | Affald | | | | | | |
| | - Forbrænding | ? (-25) | 0 | 0 | 0 ¹ | 0 ¹ | 0 |
| | - Deponering | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | - Kompostering | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 |

- : Potentielt meget belastende
- : Potentielt noget belastende
- 0 : Potentielt ikke belastende
- ? : Mangel på viden

Note ¹: Der er mulighed for dannelse af dioxiner og hydrogenchlorid ved brand i eller forbrænding af brandhæmmede produkter.

- A1 Energiforbruget ved fremstilling af EVA kan ikke opgøres præcist, da det er afhængigt af indholdet af vinylacetat. Udgangspunktet er fremstilling af LDPE, hvortil der kræves 74-79 GJ/ton.
- A2 Forarbejdning til halvfabrikata kræver for plastmaterialers vedkommende generelt ca. 15% af den energimængde, der medgår til produktion af råmateriale.
- A3 Fremstilling af færdigvarer kræver i forhold til produktion og forarbejdning kun en ringe energimængde.
- A4 Udover energiforbrug til transport og distribution er generelt intet energiforbrug i forbrugsfasen.
- A5 Der er ikke fundet oplysninger, der belyser energiforbruget ved genanvendelse af EVA. Erfaringer fra andre plastmaterialer viser et energiforbrug svarende til forarbejdning til halvfabrikata.

- A6 Energigevinsten ved forbrænding af EVA i affaldsforbrændingsanlæg med energiudnyttelse er ca. 60% af energiindholdet i materialet, svarende til ca. 25 GJ/T.
- B1 Eksponering under produktionsprocessen vil generelt være ringe. Der kan dog være tale om eksponering for flygtige opløsningsmidler, f.eks. n-hexan samt støvende additiver.
- B2-B3 Også ved forarbejdning til halvfabrikata og produktion af færdigvarer vil der være mulighed for eksponering for støv fra additiver og den færdige plast. En mere signifikant eksponering er dog mulig for nedbrydningsprodukter ved opvarmning af plasten, også selvom procestemperaturen er tilpasset materialet.
- B4-B6 Den eneste relevante eksponeringsmulighed ved forbrug, genanvendelse og affaldsbortskaffelse er hudkontakt med det færdige materiale eller produkt.
- C1 Arbejdsmiljømæssige effekter vil formodentlig være knyttet til eksponering for vinylacetat og det neurotoksiske n-hexan. Langvarig eksponering for n-hexan kan medføre påvirkning af nerver i arme og ben og alvorlige eksponeringer kan medføre perifer neuropati, og effekten vurderes derfor som belastende. Der er imidlertid tale om en meget lav eksponering under normale driftsforhold, og sammenholdt med effektniveauer af stofferne betyder dette, at de sandsynlige effekter vil være irritation af øjne, næse og luftveje.
- C2-C3 Opvarmning af plast medfører en termisk nedbrydning med en lang række oxidationsprodukter til følge. En almindelig effekt af eksponering for disse stoffer er irritation af især øjne og luftveje.
- C4-C6 Hudkontakt med færdige produkter af EVA giver kun yderst sjældent anledning til problemer.
- D1 Der er ikke fundet oplysninger om væsentlige eksponeringer af det ydre miljø. EVA fremstilles i lukkede systemer med recirkulering, men der vil være mulighed for udledning af råvarer og katalysatorrester med spildevandet.
- D2-D4 Emissioner af støv og termiske nedbrydningsprodukter fra forarbejdningsprocessen vil ske via afkastet. Niveauerne vil generelt være lavt, selv uden rensningsforanstaltninger.
- D5-D6 EVA, der til mange formål ikke vil være brandhæmmet, giver ikke anledning til problemer ved affaldsforbrænding. I tilfælde af at EVA indholder halogenerede brandhæmmere, vil der kunne dannes bromerede eller chlorerede dioxiner. Chlorerede brandhæmmere vil også give anledning til dannelse af hydrogenchlorid, der nødvendiggør en røggasrensning. Materialet er stort set unedbrydeligt ved kompostering og vil derfor udgøre et æstetisk problem i komposten.
- E1-E6 Der er ikke fundet oplysninger om effekter i det ydre miljø som følge af aktiviteter i EVA's livscyklus. Grundmaterialer og emissioner er relativt harmløse, og en eventuel eksponering for opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter er så lille, at eventuelle effekter vil være neglige.

F1

Polymeriseringsprocessen foregår under højt tryk og temperatur. Da råmaterialerne er brandfarlige og eksplosive, vil der være en risiko for runaway reaktioner, og denne risiko må vurderes som potentielt meget belastende.

F2-F6

Uheld eller brand i forbindelse med håndtering af EVA-granulat eller færdige produkter, der indeholder EVA, vil ikke have alvorlige effekter for sundhed eller miljø. Der vil dog kunne dannes eddikesyre, der virker korroderende, ved brand i EVA, men dette vil generelt ikke være et problem på grund af den lille mængde.

- T1 Miljøforholdene ved produktion af EMA og EAA vurderes som meget bedre end PVC. Dette bygger især på, at der ved PVC-produktionen kan ske udledninger af monomer vinylchlorid og chlorerede dioxiner. Det bør også tages i betragtning, at der ved chlorproduktion, der ofte er en integreret del af produktionsprocessen for PVC, kan ske emissioner af kviksølv.
- T2-T4 Ved produktion af halvfabrikata og færdigvarer er miljøforholdene de samme for de to materialer, idet der ikke er fundet potentielt belastende forhold.
- T5 Genanvendelse af PVC-holdige produkter kan medføre emissioner af tungmetaller til miljøet (kabelskrot), og dette vurderes som et meget belastende forhold. Der er ikke fundet forhold, der peger på, at der skulle være miljømæssige belastninger ved genanvendelse af EVA-affald.
- T6 Ved forbrænding af affald vurderes det, at EVA vil være meget bedre end PVC, idet EVA ikke indeholder tungmetalholdige additiver. Ved mange anvendelsesområder for EVA (indpakning) vil produktet ikke indeholde halogenerede brandhæmmere og således ikke danne dioxiner ved forbrænding. Hvis produktet indeholder sådanne brandhæmmere, vil de to materialer blive vurderet til at have den samme potentielle effekt.
- U1 Uheld og brand ved fremstilling af de to materialer vurderes for begge som værende potentielt meget belastende.
- U2-U6 Ved brand i PVC vil der generelt udvikles hydrogenchlorid, der kan virke meget korroderende på fx. EDB-apparatur. Ved brand i EVA vil der også dannes korroderende stoffer (eddikesyre), men syren er svagere og mængderne er mindre. EVA vil derfor blive vurderet som bedre end PVC. Ved brand i PVC vil der også kunne udvikles dioxiner. Det samme er tilfældet for EVA, der er brandhæmmet med halogenerede brandhæmmere, og de to materialer vil i dette tilfælde have den samme potentielle belastning.

0.1 Summary

The Danish Technological Institute, Department of Environmental Technology, has performed an environmental assessment of ethylene-vinyl acetate copolymer (EVA) as a possible alternative to PVC. This study was finished in April 1992. The environmental assessment has been made following the same methodological procedure as in the report "Environmental assessment of PVC and selected alternative materials" (In Danish: Miljøprojekt nr. 131, Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen, 1990; In English: In press).

Method

The report describes a life-cycle for the material consisting of the following phases: production of raw materials, manufacturing of semi-products, production of final goods, use, re-use and waste disposal. For each of the phases a number of environmental elements are discussed: Resource consumption, exposure and effects in the work environment, exposure and effects in the natural environment, and accidents (eg., fires).

The results of this assessment are displayed in both a *specific matrix*, where focus is on the material, and in a *relative matrix* where the material is compared to PVC. In the specific matrix each element is graded following a three-step scale: potential for severe impact ("---"), potential for some impact ("-"), and no potential impact ("0"). In the relative matrix the two materials are compared in each element using a scaling from much worse than PVC to much better than PVC.

Assessment of EVA

The assessment of EVA comprises the qualities of the material with a content of copolymerized vinyl acetate from 5 to 50%. If the content of vinyl acetate is lower than 5%, the material is regarded as a modified low density polyethylene (LDPE).

Fingerprints

The problematic elements ("the fingerprints") in the life-cycle of EVA is primarily the production process. This process takes place at an elevated temperature and pressure and there is thus a great risk of run-away reaction with a significant danger of fires and explosions.

The breakdown products when processing the material comprises a number of acids, ketones and aldehydes with a potential for airway irritation. In the case of long-term exposure there may be a risk of more chronic effects like a permanent decrease in lung function.

The energy consumption in the production of EVA has been estimated from figures obtained from the production of LDPE. The energy consumption may differ according to the quality of the EVA, but will in all circumstances be larger than for PVC.

If chlorinated or brominated fire retardants are added this will cause a potential impact of "dioxins" when incinerating EVA-waste.

Conclusion - comparison

EVA must be considered as an environmentally friendly alternative to PVC. This judgement is primarily based on the fact that no heavy metal-additives are used in the life-cycle of EVA. Most products made of EVA will not contain halogenated fire retardants and accordingly, there will be no potential for exposure and effect of heavy metals and "dioxins" by production and waste disposal as is seen in the life-cycle of PVC.

The vinyl acetate in the final polymer acts as a plasticiser and there is no need for addition of other plasticisers like eg. phthalates often used in comparable products made of PVC. There is thus not possibility of the effects that exposure to phthalates may cause.

The energy consumption in production must also be regarded in a comparison between the two materials. This consumption is estimated as being 20% larger for EVA than for PVC. Also the risk of accidents in the production of EVA is assessed as having a great potential for impact as the process demands high temperature and pressure and involves compounds with a high potential for fire and explosion.

Ved copolymerisation med ethylen og en anden monomer vil der oftest være tale om næsten ideale forhold, således at forholdet mellem comonomere er det samme i både polymer og reaktionsblandingen.

Højtryks lav og medium densitets polyethylen (LDPE og MDPE) samt copolymerer som EVA, EAA, EMA og ethylen-butylen kan fremstilles på to måder, enten som en kontinuert proces i en rørreaktor eller som en batch-proces i en autoklave (med omrøring).

I den kontinuerte proces er reaktoren et langt rør (op til 2 km) med en indre diameter på op til 6,4 cm. Ethylen tilføres i den ene ende af røret under højt tryk sammen med initiatorer og kædeoverførselsmidler. Reaktion sker lineært i røret, og en blanding af polyethylen og ethylen udledes under et meget lavere tryk i den anden ende af røret.

I batch-processen injiceres ethylen under højt tryk sammen med initiatorer og kædeoverførselsmidler i toppen af autoklaven. Reaktionen finder sted i kammeret under højt tryk (1500-3000 atm), og det færdige produkt udledes under kontrollerede forhold fra bunden af reaktoren. Følgende proces-trin kan identificeres:

1. Trykket på fødestrømmen af ethylen øges fra mindre end 100 atm til 1500-3000 atm. Hvis der er tale om copolymerisering, må comonomeren også sættes under tryk.
2. Fri-radikal initiatorer, f.eks. oxygen eller peroxider tilsættes. Reaktionen er en typisk fri-radikal polymerisering med propagering af polymerkæder og radikal-kombination eller kædeoverførsel.
3. Tilsætning af kædeoverførselsmidler for at standse kadedilvæksten og kontrollere molekylvægten. Molekylvægt og -distribution kontrolleres af typen af og forholdet mellem initiatorer og kædeoverførselsmidler, f.eks. alkener, ketoner og aldehyder.
4. Temperaturen kontrolleres ved at opvarme fødestrømmen og køle reaktoren. Reaktionstemperaturen vil normalt ikke overstige 300°C for at forhindre dekomponering.
5. Ved udledning fra reaktoren er 15-40% af ethylenen omdannet til polyethylen. Den tiloversblevne ethylen separeres i op til tre trin og recirkuleres. Den recirkulerede ethylen renses, og overskud af initiatorer, kædeoverførselsmidler samt olie og voks fjernes i separationsøjler. Hvis der er tale om copolymerisering, fjernes copolymeren også ved separation.
6. Den varme polyethylenmasse snittes til granulat. Kølevand forhindrer sammenklæbning og -klumpning af den granulerede masse.

1.2.1. Copolymerisater

Set fra et molekylært synspunkt er forskellen på en homopolymer (f.eks. polyethylen) og en copolymer (f.eks. ethylen-acrylsyre copolymer) den, at homopolymeren er en lang kæde af identiske "perler", mens copolymeren består af en kæde af to forskellige "perler", der kommer i mere eller mindre tilfældig rækkefølge.

Fremstillingsprocesserne for homo- og copolymerer er generelt identiske, bortset fra det faktum, at to forskellige monomerer vil polymerisere med forskellig hastighed. Hvis man blander to monomerer og polymeriserer disse uden at tage hensyn til denne faktor, vil resultatet blive, at den første del af copolymeren overvejende vil bestå af den hurtigst polymeriserende monomer, mens den sidste del vil bestå af den langsomst polymeriserende monomer.

Dette problem kan løses på forskellige måder. Den simpleste måde er at tilsætte de blandede monomerer langsomt til en batch, således at hver portion er polymeriseret, før den næste tilsættes. En anden metode er at starte processen med tilstedeværelsen af monomerer i forhold til deres polymeriseringshastighed og derefter tilsætte yderligere monomer i det forhold, som er ønskeligt i det færdige produkt. Den tilsatte monomerblanding slutter sig til de voksende polymerkæder og giver et homogent produkt.

1.3. Compounding

Polymeren konfektioneres ved at opblende granulat af polymeren med fyldstoffer og eventuelle tilsætningsstoffer. Derefter compunderes materialet ved opvarmning og granulering i en extruder.

1.4. Råvarer

Som råvarer i processerne anvendes dels monomere (ethylen og vinylacetat) og fyldstoffer, dels initiatorer/katalysatorer.

1.4.1. Ethylen

Ethylen er en farveløs, brandbar gas, som fremstilles teknisk ved termisk sønderdeling (cracking) af destillater (naphta) fra råolieraffineringen (Sandmeyer, 1981). Ethylen kan desuden fremstilles ud fra naturgas. I USA bliver 80% af den samlede ethylenproduktion fremstillet af naturgas, mens den europæiske produktion for 90%’s vedkommende sker på basis af råolie (CSG/Tellus, 1990). Det er et vigtigt industrielt råstof til fremstilling af utallige kemiske forbindelser, bl.a. polyethylen og ethylenoxid. Verdensproduktionen af ethylen var i 1979 omkring 15 mio. ton/år (IARC, 1979), men CSG/Tellus (1990) opgiver produktionen i USA alene til at være 18,3 mio. ton i 1988. Den kraftige stigning i forbruget skyldes formodentlig en øget produktion af polyethylen.

Ethylen forekommer i alt plantevæv i betydelige mængder. Som plantehormon er det effektivt ved så lave koncentrationer som 0,06 mg/l (Sandmeyer, 1981). Mindre end 0,5 mio. kg bliver årligt brugt til at kunstmodne frugt og grøntsager i USA. Ethylen bliver produceret af jordmikroorganismer inkluderende svampe (IARC, 1979).

Ethylen forekommer i udeluften i koncentrationer fra 5 ppb i baggrundsområder til 1-7 ppm i storbyer (IARC, 1979).

Fremstilling med naturgas som basis

Forarbejdning af naturgas til ethylen involverer fire trin:

- Fjernelse af vand og kondensat af carbonhydrider
- Fjernelse af gasser, der ikke er carbonhydrider

- Gassen gøres flydende
- Destillation

Ved kilden fjernes vand og kondensat af carbonhydrider, dvs. tungere forbindelser med fem eller flere kulstofatomer. Derefter pumpes naturgasen til et anlæg, hvor de gasser, der ikke er carbonhydrider (primært hydrogensulfid), fjernes. De næste trin i processen omfatter separation af carbonhydriderne i stoffer med ens kogepunkt. Den største fraktion er methan (CH_4 , op til 97%), og andre indholdsstoffer er ethan (C_2H_6), propan (C_3H_8) og butan (C_4H_{10}). Methanen fjernes først og de andre komponenter gøres flydende under tryk. Derefter separeres de tungere carbonhydrider ved destillation, der giver ethylen, ethan og andre tungere carbonhydrider.

Den største forurening i naturgas er hydrogensulfid. Denne forurening kan fjernes i en amin-opløsning, der absorberer hydrogensulfiden. Hvis hydrogensulfid afbrændes, bliver stoffet oxideret og danner svovloxider, der udledes til atmosfæren. Det er imidlertid muligt at genvinde hydrogensulfid og anvende denne i produktion af svovlforbindelser, herunder svovlsyre.

Fremstilling med råolie som basis

Fremstilling af ethylen ud fra råolie er mere kompliceret end ud fra naturgas. Processen involverer 3 trin:

- afsaltning
- destillation
- katalytisk cracking

Før der kan ske en separering af råolie, må denne transporteres, lagres og afsaltes. Under lagringen danner vand og suspenderede faste stoffer et lag under råolien. Når vandet fjernes, bliver den resterende olieemulsion ofte ledt bort via et kloaksystem. Ved rensning af tankskibe og lagertanke bliver olie og suspenderede stoffer ledt ud med spildevandet. Før råolien destilleres fjernes de opløste salte i råolien.

Destillation af råolie er en fler-trins proces, der kan inkludere præ-fraktionering, destillation ved normalt tryk og vakuumdestillation. Som ved destillation af naturgas separeres de enkelte komponenter efter kogepunkt. De gasformige forbindelser vil findes i toppen og de tungere forbindelser (gasolie og reststoffer) i bunden.

Gasolie fra destillationen crackes i en katalytisk cracker for at forøge værdien af de carbonhydrider, der findes i gasolien. Under processen udsættes gasolien for en katalysator og opvarmes til $450\text{-}510^\circ\text{C}$. Kombinationen af katalysator og varme medfører, at carbonhydriderne spaltes i gasser (C_2 og højere), industri- og motorbenzin, lette og tunge fuelolier.

Råolie som basis for ethylenproduktion giver anledning til en række emissioner til luft og vand.

Spildevand fra afsaltningsprocessen indeholder olieemulsion, fri olie, ammoniak, phenoler, sulfider samt suspenderede og opløste faste stoffer. Disse emissioner har et højt BOD (biokemisk oxygenforbrug), der er et standardudtryk for organisk materiale i vand.

Fra destillationsprocessen vil der kunne komme spildevand, der indeholder sulfider, ammoniak, olie, chlorider, mercaptaner og phenoler.

Spildevandet fra den katalytiske cracking indeholder olie, sulfider, phenoler, cyanider og ammoniak. Disse forureninger medfører høje pH-niveauer og BOD-koncentrationer.

Luftforureninger fra den råolie-baserede proces omfatter svovloxider (SO_2), nitrogenoxider (NO_x), carbonhydrider, aldehyder, carbonmonoxid, ammoniak og partikler. Mængden af disse emissioner er for amerikanske produktioner anslået af CSG/Tellus (1990), tabel 1.1.

| Stof | Mængde pr. år (USA) | kg/ton ethylen |
|----------------------------------|---------------------|----------------|
| Carbonhydrider (VOC) | 6,7 mill. kg | 0,37 |
| Nitrogenoxider (NO_x) | 0,09 mill. kg | 0,005 |
| Svovloxider (SO_2) | 27,9 mill. kg | 1,55 |
| Carbonmonoxid (CO) | 0,09 mill. kg | 0,005 |
| Partikler | 0,09 mill. kg | 0,005 |

Tabel 1

Emissioner til luft fra produktion af ethylen ud fra råolie (CSG/Tellus, 1990).

Energiforbrug

CSG/Tellus (1990) har foretaget en opgørelse over energiindholdet i ethylen. Opgørelsen bygger på, at der til fremstilling af ethylen bruges 80% naturgas, 10% naphtha/raffinert og 10% let fuelolie. Ved denne fordeling, der formodes at være karakteristisk for amerikanske forhold, anvendes der i alt 71,6 MJ pr. kg ethylen. Kindler og Nikles (1980) har beregnet, at der til produktion af et kg ethylen anvendes 63 MJ. Udgangspunktet for denne beregning har været produktion af råolie.

1.4.2. Vinylacetat

Vinylacetat er en farveløs væske med et kogepunkt på 72°C. Stoffet er meget brandfarligt, idet det har et flammepunkt på - 8°C.

Fremstilling af vinylacetat

Fremstilling af vinylacetat i USA foregår næsten udelukkende ved hjælp af dampfase-ethylenprocessen (Zey, 1982). I denne proces ledes en blanding af ethylen, ilt og eddikesyre - alle på dampform - hen over en fixed-bed palladium-katalysator ved forhøjet temperatur og tryk. Mindre end 70% af råstofferne omdannes ved hver passage over katalysatoren, hvorfor råvarerne genvindes og returneres. Herved opnås et udbytte af vinylacetat på 91-95%.

Vinylacetat kan også fremstilles ud fra acetylen eller acetaldehyd.

Fysisk-kemiske data for monomere, samt for eddikesyre, der er et vigtigt afspaltningsprodukt ved bearbejdning af EVA, er angivet i tabel 1.2.

| Stof | Vinylacetat | Ethylen | Eddikesyre |
|-----------------------------|-------------|----------|-------------|
| CASNR. | 108-05-4 | 74-85-1 | 64-19-7 |
| Bruttoformel | $C_4H_6O_2$ | C_2H_4 | $C_2H_4O_2$ |
| Molvægt | 86,09 | 28,054 | 60,05 |
| Smeltepunkt (°C) | -93,2 | -169 | 16,7 |
| Kogepunkt (°C) | 72,2 | -104 | 118 |
| Densitet (g/ml) | 0,9317 | | 1,049 |
| Damptæthed (luft=1) | 3 | 0,98 | 2,07 |
| Grænseværdi (ppm) (1988) | 10 | | 10 |
| Lugtgrænse (ppm) | 0,5 | 500 | 0,7 |

Tabel 1.2.

Fysisk-kemiske data for stoffer og nedbrydningsprodukter ved fremstilling og forarbejdning af EVA.

1.4.3. Fyldstoffer

Indholdet af fyldstoffer i EVA er afhængig af anvendelsesområde. Dominighaus (1988) nævner, at der i polymerer med et vinylacetatindhold på 30-40% kan anvendes et højt indhold af fyldstoffer, så det skønnes sandsynligt, at der i mange tilfælde, hvor de tekniske egenskaber ikke er kritiske, vil være en vis mængde fyldstoffer tilstede. Gächter & Müller (1987) nævner følgende fyldstoffer, der anvendes i teknisk EVA:

- Kridt
- Tungspat (bariumsulfat)
- Carbon black
- Bariumferrit
- Aluminiumoxidtrihydrat
- Talkum

1.4.4. Initiatorer

Som initiator i fremstillingen af EVA anvendes primært oxygen og/eller peroxider. I de tilfælde, hvor der anvendes peroxider er disse opløst i organiske opløsningsmidler, normalt mættede carbonhydrider i området C₆ - C₁₁. Typen af peroxid og carbonhydrid er ikke nærmere specificeret; generelt er organiske peroxider eksplosive og carbonhydrider er letflygtige og brandfarlige.

1.4.5. Øvrige tilsætningsstoffer

Ved polymerisering af EVA anvendes brint og/eller carbonhydrider som tilsætningsstoffer, der har til formål at regulere kædelængden.

Øvrige tilsætningsstoffer, der anvendes ved polymerfremstillingen er ikke kendte; men der er sandsynligvis anvendt en række tilsætningsstoffer under compoundingen, som har til formål at regulere det færdige materiales egenskaber. Det kan dreje sig om følgende (Gächter & Müller, 1987):

- Stabilisatorer og antioxidanter, der har til formål at forhindre nedbrydning af materialet under forarbejdning og brug.
- Brandhæmmere, der har til formål at modvirke EVA's brandnærende egenskaber.

Det skønnes sandsynligt, at materialet indeholder små mængder (op til 0,5%) antioxidanter. Hvilken type antioxidant, der er anvendt vides ikke; men almindeligt anvendte stoffer er 2,6-di(*t*-butyl)-*p*-cresol (BHT) og organiske phosphitforbindelser (Gächter & Müller, 1987).

Babrauskas *et al.* (1988) anfører, at der til brug i kabler kan anvendes chlorerede cycloaliphatiske forbindelser som brandhæmmere i mængder på op til 38%.

1.5. Emissioner

Der er ikke fundet specifikke data vedrørende fremstilling af EVA med hensyn til typen og størrelsen af emissioner til arbejdsmiljø og ydre miljø. I det følgende opgøres derfor emissionerne og energiforbruget ved produktion af LDPE, der er hovedindholdet i en række copolymerer, herunder EVA. Tallene stammer fra BUS (1984), og er sandsynligvis ikke up to date. I forbindelse med andre materialevurderinger (Christiansen *et al.*, 1990) er der blevet anvendt tal fra den samme undersøgelse, og det vil derfor være muligt at foretage en forsigtig sammenligning.

| | |
|----------------------------------|-------|
| Råvareforbrug | |
| Vand (l) | 17,22 |
| Naturgas (g) | 1068 |
| Hjælpstoffer (g) | 35 |
| Energiforbrug | |
| Thermiske ækvivalenter (MJ) | 74,15 |
| Emissioner til luft | |
| Støv (g) | 4,49 |
| Kulmonoxid (g) | 10,14 |
| NO _x (g) | 33,69 |
| SO ₂ (g) | 12,88 |
| Hydrocarboner (g) | 34,45 |
| Aldehyder (som formaldehyd) (mg) | 29 |
| Organiske forbindelser (mg) | 12 |
| Emissioner til vand | |
| Uopløselige forbindelser (g) | 3,32 |
| Syrer (g) | 0,31 |
| BOD (g) | 2,33 |
| Forsæbbare olier og fedt (g) | 1,89 |
| Opløste stoffer (g) | 5,03 |
| Metalioner (g) | 0,09 |
| Affald | |
| Fast affald (cm ³) | 49,85 |
| Fast affald (g) | 59,31 |
| Heraf fra | |
| Udvinding af råmateriale | 36,01 |
| Produktionsproces | 10,05 |
| Energiproduktion | 13,26 |

Tabel 1.3

Råvare- og energiforbrug samt emissioner ved fremstilling af 1 kg Low Density Polyethylen (LDPE) (BUS, 1984).

De ovennævnte tal relaterer sig til en livscyklusanalyse af LDPE som emballagemateriale. I forbindelse med fremstilling af EVA vil der desuden være emissioner fra fremstilling af vinylacetat og de tilsætningsstoffer, der anvendes.

1.6. Sundhedsmæssige effekter

Nedenfor gives en beskrivelse af de stoffer, der er relevante, dvs. ethylen, vinylacetat, carbonhydrider samt inerte fyldstoffer.

1.6.1. Ethylen

Den akutte toksicit af ethylen er meget lille. Eksponering for koncentrationer under 2,5% (25.000 ppm) i kort tid er uden fysiologisk effekt, mens højere koncentrationer kan virke bedøvende eller kvælende pga. fortrængning af oxygen.

I forsøgsdyr er der blevet påvist en vis metabolisk omdannelse af ethylen til det kræftfremkaldende ethylenoxid, og i forsøgsdyr udsat for 3000 ppm ethylen i 2 år, kunne der konstateres en forøgelse af antal dyr med leukæmi i forhold til kontroldyr (Rostron, 1984). Den dødelige koncentration via inhalation for mus er 950.000 ppm (RTECS). Ethylen er klassificeret i gruppe 3 - ikke klassificerbar mht. carcinogenicitet i mennesker, da der ikke foreligger fyldestgørende data (IARC, 1987). Der er ikke fundet undersøgelser for embryotoksicitet eller mutagenicitet (IARC, 1979).

Lugtgrænsen er omkring 20 ppm. Der er ingen arbejdsmiljømæssig grænseværdi, men i USA er en grænseværdi på 1000 ppm blevet anbefalet (Sandmeyer, 1981).

1.6.2. Vinylacetat

Afsnittene om optagelsesveje, distribution, biotransformation og toksikologiske mekanismer er, hvor intet andet er angivet, refereret fra Mäki-Paakkanen & Norppa (1988).

Optagelseveje

De primære optagelsesveje for vinylacetat er indånding af dampe samt hud- og øjenkontakt med selve væsken. Der er ikke fundet kvantitative oplysninger om optagelsen af vinylacetat hos mennesker, men enkelte dyreforsøg har vist, at vinylacetat givet oralt eller via luftvejene absorberes hurtigt. Der kunne ikke påvises vinylacetat i blodet under eller efter eksponeringen, hvilket tyder på, at inhaleret vinylacetat nedbrydes hurtigt.

Distribution

Der er ikke fundet data vedrørende distribution af vinylacetat hos mennesker og dyr.

Biotransformation

Vinylacetat hydrolyseres i mange biologiske systemer hurtigt af esteraser til eddikesyre og via en intermediær, vinylalkohol, til acetaldehyd.

Eliminationshastigheden for vinylacetat er lineært korreleret til atmosfærens indhold for koncentrationer op til 2300 mg/m³ (650 ppm). Hvis koncentrationen bliver højere, vil der optræde mætningsfænomener.

Toksikologiske mekanismer

Da vinylacetat hydrolyseres hurtigt i kroppen, forårsages stoffets toksicitet sandsynligvis af metabolitter, af hvilke acetaldehyd er den mest reaktive. Der findes intet bevis for epoxidering af vinylacetat.

| Dyreart | Eksponeeringsvej | LD ₅₀ /LC ₅₀ |
|---------|----------------------|------------------------------------|
| Rotter | Oral | 2920 mg/kg |
| Mus | Oral | 1613 mg/kg |
| Kaniner | Hudapplikation | 2329-4659 mg/kg |
| Rotter | Inhalation (4 timer) | 11400-14450 mg/m ³ |
| Mus | Inhalation (4 timer) | 5150-5400 mg/m ³ |
| Marsvin | Inhalation (4 timer) | 21750 mg/m ³ |
| Kaniner | Inhalation (4 timer) | 8800 mg/m ³ |

Tabel 4
Akut toksicitet af vinylacetat.

Den akutte toksicitet i forsøgsdyr er således moderat til lav.

Effekter på mennesker

Lugtgrænsen for vinylacetat angives af forskellige forfattere til at ligge omkring 0,5 ppm (Amoore og Hautala, 1983, Ruth, 1986). Dette stemmer overens med erfaringerne fra en amerikansk undersøgelse, hvor forfatterne noterede en let lugt ved koncentrationer omkring 0,4 ppm og konkluderede, at i industrielle omgivelser kunne lugten af vinylacetat skelnes fra andre ved koncentrationer lige under 5 ppm (Deese og Joyner, 1969)

Hud- og øjenkontakt

Kontinuerlig hudkontakt med flydende vinylacetat medfører svær irritation og blæredannelser. Erfaringerne tyder på, at vinylacetat ikke fremkalder allergisk kontakteksem. Ved uheld, hvor vinylacetat er kommet i øjnene, er der konstateret hævelser af bindehinden, men ingen kroniske effekter.

Påvirkning af luftvejene

Ved fremstilling af vinylacetat, hvor der blev målt koncentrationer på mellem 5 og 10 ppm og topværdier på op til 326 ppm, rapporteredes hos to ud af 21 arbejdere irritation af de øvre luftveje og en arbejder klagede over smerter i brystet ved eksponering for høje koncentrationer. Tre personer, der blev eksponeret for 22 ppm klagede over hæshed og hoste. Forfatterne konkluderer, at eksponering for koncentrationer under 10 ppm knap forårsager irritation, mens eksponering for 22 ppm forårsager irritation af de øvre luftveje hos de fleste arbejdere (Deese og Joyner, 1969).

I den ovennævnte amerikanske undersøgelse konkluderede forfatterne endvidere, at langtidseksponering for koncentrationer af vinylacetat på mellem 5 og 10 ppm ikke forårsagede alvorlige kroniske effekter. Denne konklusion blev draget på baggrund af gennemførte helbredsundersøgelser og sammenligning med en kontrolgruppe.

I den russiske litteratur findes der rapporter om nedsættelse af lungefunktionen og symptomer på kronisk bronchitis blandt arbejdere, der har været eksponeret for vinylacetat i koncentrationer omkring 40 ppm i polyvinylacetatfabrikker. Frekvensen af de observerede effekter var relateret til

graden og længden af eksponeringen, men de undersøgte arbejdere havde også haft en samtidig eksponering for aldehyder og vinylcopolymerer.

Andre organer

Russiske undersøgelser tyder på en påvirkning af hjertefunktionen hos personer, der havde været eksponeret for op til 40 ppm (140 mg/m³). En vurdering af disse resultater er imidlertid ikke mulig på grund af samtidig eksponering for andre kemiske stoffer.

Der er rapporteret enkelte undersøgelser af både dyr og mennesker vedrørende effekter på centralnervesystemet med forandringer i den elektriske aktivitet og ændrede reflekser; men det er ikke muligt herudfra at drage konklusioner angående den eventuelle hjerneskadende effekt af vinylacetat.

Der er ikke fundet undersøgelser, der belyser påvirkningen af lever, nyrer og mave-tarmkanalen, eller om allergi og skader på forplantningsorganer og fostre.

Genotoksiske effekter

Der er observeret en øget forekomst af kromosomaberrationer hos arbejdere, beskæftiget med fremstilling af polyvinylacetat.

Vinylacetat inducerede ingen punktmutationer i Ames' *Salmonella*/mikrosom-test og var også inaktivt i SOS-kromosomtest med *Escherichia coli*. I dyrkede celler fra pattedyr er vinylacetat uden metabolisk aktivering derimod en effektiv inducer af kromosomskader.

Carcinogene effekter

Sammenhængen mellem risikoen for lungekræft og eksponering for 19 kemikalier, herunder vinylacetat, blev undersøgt blandt arbejdere på en fabrik der fremstillede syntetiske kemikalier. Der var en signifikant overhyppighed af lungekræft (42 observeret, 28,2 forventet, $P < 0,01$), men der kunne ikke konstateres nogen sammenhæng mellem eksponering specielt for vinylacetat og lungekræft (Waxweiler *et al.*, 1981).

I dyreforsøg er der konstateret forandringer i luftrørets epithel hos rotter, der blev eksponeret 5 timer/dag, 5 dage/uge i 10 måneder for koncentrationer på 2, 8, 28 og 142 ppm. Der blev ikke konstateret en dosis-respons sammenhæng, men i en kontrolgruppe var der ikke lignende forandringer. I en anden undersøgelse blev der konstateret et øget antal tumorer i livmoder, skjoldbruskkirtel og lever hos rotter, der var eksponeret for vinylacetat i drikkevandet (0, 1000 og 2500 mg/l) 5 dage om ugen i 100 uger.

Andre undersøgelser har ikke vist en øget forekomst af kræft i forbindelse med eksponering for vinylacetat, og IARC har vurderet beviserne for vinylacetats kræftfremkaldende virkning som utilstrækkelige (IARC, 1986).

Grænseværdien for vinylacetat i arbejdsmiljøet er 10 ppm (Arbejdstilsynet, 1988).

1.6.3. Carbonhydrider

Som nævnt i afsnit 1.3.3. er arten af carbonhydrider ikke specificeret ud over, at der er tale om mættede forbindelser i området C₆ - C₁₁. Bortset fra hexan, som omtales særskilt nedenfor, regnes denne stofgruppe for at være relativt uskadelig (Arbejdstilsynet, 1983). Nogle forgrenede carbonhydrider menes dog at kunne forårsage nyrekræft i rotter. Stofferne ind-

virker på centralnervesystemet og er derfor narkotiske i høje koncentrationer, og på grund af den høje fedtopløselighed vil hudkontakt medføre affedtning af huden, hvilket ved længerevarende kontakt kan udvikle sig til eksem (Arbejdstilsynet, 1983).

1.6.4. Hexan

Hexan adskiller sig fra de øvrige mættede carbonhydrider i gruppen. Det er det flygtigste af stofferne, og dampene og selve væsken har moderat irriterende egenskaber (Ladefoged, 1986). Kortvarige (10 min) eksponeringer for koncentrationer på 1500 ppm medfører luftvejsirritation, kvalme og hovedpine. Eksponering for 5000 ppm kan medføre svimmelhed og døsigthed, og massiv eksponering kan medføre bevidstløshed og dødsfald.

Langvarig eksponering for hexan i koncentrationer på 500 ppm og måske lavere kan medføre påvirkninger af nerver i arme og ben. Effekterne manifesterer sig som følelsesløshed eller prikkende fornemmelser i fingre og tæer, træthed, nedsat muskelkraft, kramper i benene, vanskeligheder ved at gå, mavesmerter, tab af appetitten og vægttab. Ved alvorlige eksponeringer kan der opstå perifer neuropati (Ladefoged, 1986; CCOHS, 1991). Der er ikke tilstrækkelige data til at vurdere den kræftfremkaldende, mutagene og fosterskadende effekt af hexan (CCOHS, 1991).

1.6.5. Fyldstoffer

De nævnte mulige fyldstoffer er stoffer, der ikke er akut toksiske. Da fyldstofferne er fint formalede, må man formode, at de kan give anledning til en del støvdannelse, der kan have effekt på lungernes mekaniske egenskaber.

En blanding af kaolin (96%) og titaniumdioxid (4%) er rapporteret at kunne forårsage pneumoconiose hos kaolinarbejdere (Wennig & Kirsch, 1988) og en anden undersøgelse har vist, at blandet støv med blandt andet kaolin, kvarts m.m. har forårsaget luftvejsobstruktion, bronchitis og emphysem hos kulinærberejdere (Friedberg & Schiller, 1988).

1.7. Effekter på det ydre miljø

1.7.1. Etylen

Den organoleptiske grænse (den koncentration, hvor man ved lugt- og smagssansen kan opdage tilstedeværelsen af et stof) i vand opgives til at være 0,5 mg/l (Verschueren, 1983).

Etylen er angivet at være toksisk for fisk, men koncentrationen er ikke angivet (RTECS). Etylen er imidlertid praktisk taget uopløseligt i vand (131 mg/l), og potentielle effekter af etylen vil derfor ske som følge af eksponering via luften. Biologiske effekter på planter er da også undersøgt mere grundigt. Verschueren, (1983) angiver, at der kan ske skader ved meget lave koncentrationer på enkelte timer, såsom øget vækst på bladoverflader, (hvorved bladene bøjer nedad, eng.: epinasty) ved 0,001 ppm og ødelæggelse af bægerblade i orkideer ved 0,002 ppm.

1.7.2. Vinylacetat

Toksicitetsgrænsen (inhibering af celledeling) for dette stof varierer fra 6 mg/l for bakterier (*Pseudomonas putida*) til 370 mg/l for grønalger (*Scenedesmus quadricauda*). For forskellige fiskearter varierede middelgrænseværdien for toksicitet fra 18 mg/l til 42,3 mg/l (Verschueren, 1983).

Vinylacetat må således vurderes som værende middeltoksisk i det ydre miljø.

Da de øvrige stoffer ikke har markante fysiologiske effekter på mennesker, er der formodentlig heller ikke tale om alvorlige effekter på det omgivende miljø. Dette gælder dog ikke hexan, for hvilket det ikke kan udelukkes, at der kan optræde effekter på miljøet.

1.8. Brand og uheld

De stoffer, der anvendes ved fremstilling af EVA samt selve polymeren giver ikke umiddelbart anledning til dannelse af sundhedsmæssigt farlige stoffer ved brand. På grund af stoffernes relativt lave giftighed er konsekvenserne af et eventuelt utilsigtet udslip heller ikke alvorlige.

Fremstilling af polyethylen og copolymerer under højt tryk indebærer en mulighed for run-away nedbrydningsreaktioner. Hvis dette sker, må trykket på reaktoren straks fjernes og reaktoren lukkes ned. Da ethylen er et meget reaktivt stof, vil en ukontrolleret reaktion kunne medføre en høj risiko for eksplosion med deraf følgende risiko for arbejdere. På grund af den ringe toksicitet og miljøfarlighed af ethylen, formodes der ikke at være alvorlige effekter i miljøet ved en sådan hændelse.

2. Forarbejdning af EVA

EVA compounden kan forarbejdes på stort set samme måde som Low Density Polyethylen (LDPE), idet der dog i nogle tilfælde skal tages hensyn til indholdet af vinylacetat. Det anbefales at overholde en kort gennemløbstid for smelten samt ikke at overskride en temperatur på 230°C, idet der ellers sker en termisk nedbrydning med afspaltning af eddikesyre (Domininghaus, 1988). De mest almindelige forarbejdningsprocesser er

- Sprøjtstøbning,
- Extrudering af profiler,
- Extrudering af plader,
- Extrudering af folier
- Extrudering - blæsestøbning

En teknisk beskrivelse af disse processer kan findes i Christiansen *et al.* (1990) eller i Domininghaus (1988).

2.1. Emissioner

Emissioner fra forarbejdning af EVA stammer fra den termiske nedbrydning af materialet og vil derfor være begrænset til luftformige emissioner. EVA er ikke særligt velundersøgt med hensyn til nedbrydningsprodukter ved termisk forarbejdning. Ifølge Plastbase har EVA en væsentligt forringet varmestabilitet i forhold til polyethylen, og der fraspaltes eddikesyre allerede ved en forarbejdningstemperatur på ca. 200°C (Jensen *et al.*, 1989).

For at belyse eventuelle problemer, kan man tage udgangspunkt i de nedbrydningsprodukter, der er angivet for homopolymererne PVAC og PE.

I Patty (1981) er eddikesyre angivet som eneste nedbrydningsprodukt ved termisk forarbejdning af PVAC (Montgomery, 1982), mens andre forfattere på baggrund af upublicerede undersøgelser angiver acetaldehyd, crotonaldehyd, methylethylketon, vinylacetat og ethylacetat som sandsynlige nedbrydningsprodukter (Farhi *et al.*, 1986).

I forbindelse med termisk forarbejdning af polyethylen er de vigtigste nedbrydningsprodukter ved foreskrevne procesbetingelser oligomer-rester af ikke fuldt polymeriseret materiale. Ved overophedning eller langvarig opvarmning under luftens adgang dannes oxidationsprodukter af plasten (acetaldehyd, formaldehyd, acrolein, myresyre, eddikesyre peroxider) (Jensen *et al.*, 1989).

Da der ikke er fundet undersøgelser, der konkret viser, at disse stoffer emitteres ved forarbejdningen, er der heller ikke data, der viser størrelsen af emissionen.

Der er ikke fundet specielle oplysninger om belastning af det ydre miljø som følge af forarbejdning af EVA. Det må formodes, at den væsentligste emission er eddikesyre som fraspaltes ved (over)opvarmning af EVA, men det er ikke muligt at angive eksponeringsniveauer i det ydre miljø.

2.2. Sundhedseffekter

I det følgende beskrives de sundhedsmæssige effekter af de vigtigste af de stoffer, der er nævnt ovenfor, dvs. eddikesyre, formaldehyd, acetaldehyd og acrolein. Derudover er eksponeringen for vinylacetat formodentlig af betydning; men for dette stof henvises til beskrivelsen i afsnit 1.1.5.

2.2.1. Eddikesyre

Eddikesyredampe virker stærkt irriterende. Eksponering for 10 ppm i 8 timer kan give irritation af øjne, næse og hals. Ved eksponering for 100 ppm er der fundet udtalt irritation af øjne, næse og hals samt mulige skader på lunger, øjne og hud. I koncentrationer omkring 1000 ppm kan eksponering for eddikesyre ikke udholdes i mere end 3 minutter.

Efter eksponering for en beregnet gennemsnitskoncentration på 125 mg/m³ (50 ppm) gennem to år blev der i en gruppe på 12 arbejdere rapporteret om irritation af øjets bindehinde og de øvre luftveje samt om hyperkeratose af huden.

Oral indtagelse af koncentreret eddikesyre forårsager en forgiftning, der er karakteriseret ved stærke smerter i munden og hele vejen gennem fordøjelsessystemet, opkastninger, vejrtræknings- og cirkulationsproblemer samt eventuelt dødsfald.

Der er ikke fundet oplysninger, der indikerer at eddikesyre skulle have mutagen eller carcinogen effekt, hverken hos dyr eller mennesker (Guest *et al.*, 1982). Eddikesyre er da også en naturlig metabolit ved nedbrydningen af en række kemiske stoffer.

Grænseværdien for eddikesyredampe og -aerosol i arbejdsmiljøet er 10 ppm (25 mg/m³) (Arbejdstilsynet, 1988).

2.2.2. Formaldehyd

Formaldehyd er et normalt stofskifteprodukt hos mennesker. Den vigtigste eksponeringsvej for formaldehyd er indånding. Den store vandopløselighed af stoffet betyder, at en stor del bliver tilbageholdt i de øvre luftveje, men aerosoldannelse, f.eks. i forbindelse med forarbejdning af plast, kan betyde at stoffet kommer dybere ned i lungerne end det normalt vil være tilfældet.

Stoffets reaktivitet betyder, at der hos følsomme personer kan ske en smertefuld irritation af slimhinder i næse, svælg og øjne efter et par timers eksponering for koncentrationer omkring 0,2 ppm. Kortvarig indånding af 50 ppm kan medføre alvorlige skader på luftvejene og eventuelt dødsfald. Ved længere tids eksponering er der observeret kronisk irritation og permanente skader på næseslimhinden (Jensen, 1987).

Formaldehyd regnes for at være et allergifremkaldende stof, idet 1 % af befolkningen menes at være overfølsomme over for stoffet. De allergene egenskaber viser sig ved kontaktallergi, nældefeber og ikke mindst asthma.

Formaldehyd er fundet mutagent og carcinogent overfor forsøgsdyr, men der foreligger ingen beviser for en carcinogen effekt på mennesker. På grund af reaktiviteten må det forventes, at en eventuel kræftfremkaldende virkning især sker ved kontaktstedet (hud, næse, svælg). Dyreforsøg, hvor rotter indåndede 15 ppm formaldehyd 6 timer/dag, 5 dage/uge i to år resulterede i ondartede næsesvulster hos halvdelen af dyrene. Det er dog

muligt, at en kronisk irritation har banet vej for den kræftfremkaldende effekt. Ved befolkningsundersøgelser blandt tekstilarbejdere og andre formaldehyd-udsatte grupper i udlandet er der fundet en øget forekomst af mundhulekræft. Desuden er der fundet en forøget forekomst af hjernekræft og leukæmi hos anatomer, patologer og balsamører (Jensen, 1987).

Formaldehyd er optaget på IARC's liste over kræftfremkaldende stoffer samt på Arbejdstilsynets liste over kræftfremkaldende stoffer. I EF vurderer man stoffet anderledes, idet der ikke har været flertal for at give stoffet risikosætningen R-45 (kan fremkalde kræft). Grænseværdien i arbejdsmiljøet i Danmark er 1,2 mg/m³ (1 ppm) (Arbejdstilsynet, 1988).

2.2.3. Acetaldehyd

Den følgende sundhedsvurdering er baseret på Jensen, 1988.

Acetaldehyd dannes naturligt som et nedbrydningsprodukt i leveren hos mennesker efter indtagelse af alkohol. Ved indånding af stoffet vil det meste tilbageholdes i de øvre luftveje på grund af vandopløseligheden.

Stoffet virker irriterende på luftvejene. Frivillige forsøgspersoner, der blev eksponeret for 50 ppm i 15 minutter, kunne mærke en let svien som tegn på øjenirritation. Lidt højere koncentrationer kan resultere i en kraftigere øjenirritation og en brændende fornemmelse i luftvejene.

Efter indsprøjtning i forsøgsdyr er der observeret skader på fostre, blandt andet i form af hjernedefekter. Denne effekt kan være parallel til de fosterskader, der er observeret hos børn af alkoholikere, idet acetaldehyd jo er en metabolit ved nedbrydning af alkohol.

Acetaldehyd skader arvematerialet i bakterier, bananfluer og cellekulturer. Det er også vist, at indånding af meget høje koncentrationer (> 1500 ppm) i lang tid forårsager næsesvulster og nedbrydning af næseslimhinden hos rotter. Kun få mennesker er udsat for høje koncentrationer af acetaldehyd, men en enkelt undersøgelse fra det tidligere Østtyskland viste, at arbejdere i en acetaldehydfabrik havde en øget forekomst af kræft i lunger og mundhule. Den øgede kræfthyppighed, som er observeret hos alkoholikere, kan muligvis også skyldes acetaldehyd.

IARC (1985) vurderer, at der er tilstrækkelig dokumentation for den kræftfremkaldende effekt hos dyr, men ikke hos mennesker.

Grænseværdien for acetaldehyd i arbejdsmiljøet er 45 mg/m³ (25 ppm), og stoffet er optaget på Arbejdstilsynets liste over kræftfremkaldende stoffer (Arbejdstilsynet, 1988).

2.2.4. Acrolein

Acrolein, der er et relativt almindeligt nedbrydningsprodukt ved termisk forarbejdning af plast, er et stof, hvis primære effekt er irritation af øjne, næse og luftveje.

I et forsøg med 42 raske personer medførte eksponering for acrolein i koncentrationer mellem 0,09 og 0,3 ppm subjektiv irritation og gener og øjets blinkningsfrekvens blev øget både som funktion af koncentrationen og eksponeringens varighed op til en vis grad. Respirationsfrekvensen faldt med stigende koncentration af acrolein. Ved en koncentration på 0,3

ppm var den akutte irritation betragtelig allerede efter 10-20 minutter (Weber-Tshopp *et al.*, 1977).

Der er ikke observeret teratogene effekter i forbindelse med eksponering for acrolein, og der er ikke beviser for carcinogene effekter i mennesker eller forsøgsdyr (IARC, 1985). På grund af stoffes irriterende effekt er det vanskeligt at gennemføre forsøg, der klart belyser de eventuelle kræftfremkaldende og fosterskadende effekter af stoffet. Grænseværdien for acrolein i arbejdsmiljøet er ekstrem lav, 0,1 ppm (0,25 mg/m³).

2.3. Effekter på det ydre miljø

Der er ikke rapporteret om effekter på det ydre miljø som følge af emissioner fra forarbejdning af EVA. Der er ingen emissionsprodukter, som giver anledning til mistanke om specielle toksiske effekter indenfor relevante eksponeringsniveauer.

2.4. Brand og uheld

EVA har, ligesom andre polyolefiner uden brandhæmmere, et lavt "limiting oxygen index". Dette betyder, at produkter af EVA vil være relativt hurtigt antændende og brandnærende. De primære emissioner ved brand er CO₂ og CO, og toksiciteten af emissionerne er vurderet til at ligge på linie med en række andre polymerer (Babrauskas *et al.*, 1988).

3. Færdigvareproduktion

3.1. Emissioner

Færdigvareproduktion omfatter blandt andet svejsning af ekstruderede folier. Som nævnt i afsnit 2 vil der ved opvarming over 200°C afgives en række stoffer, hvoraf eddikesyre er det væsentligste. Der kan derfor være behov for etablering af passende afsug, der også kan forhindre en eventuel syrekorrosion af arbejdsværktøjet (Jensen *et al.*, 1989). Udover denne oplysning, er der ikke fundet specifikke data for størrelsen og arten af emissioner i arbejdsmiljø og det ydre miljø.

3.2. Effekter på sundhed og miljø

Der henvises til afsnit 2.2. og 2.3. for en beskrivelse af de relevante stoffer og deres effekter.

3.3. Brand og uheld

Der er ingen speciel brandrisiko, og ved en eventuel brand vil der ikke udvikles store mængder farlige stoffer (jvf. afsnit 2.4.).

4. Forbrug

Der er ikke fundet oplysninger om problemer i forbindelse med forbrug af EVA. Der kan eventuelt ske en afdampning af eddikesyre, der kan give anledning til lette irritationer af øjne, næse og luftveje.

Hvis der opstår brand i bygninger, hvor materialet er anvendt, vil dette ikke medføre udvikling af store mængder farlige stoffer. Der vil dog være mulighed for dannelse af dioxiner ved brand i kabler o.l., hvor der er tilsat halogenerede brandhæmmere.

5. Genanvendelse

Der er ikke fundet oplysninger om, hvorvidt EVA kan genanvendes eller om dette giver anledning til problemer i arbejdsmiljøet eller det eksterne miljø.

6. Affaldsbortskaffelse

6.1. Forbrænding

Der er ikke fundet oplysninger om emissioner ved forbrænding af EVA. PE-delen af materialet vil formentlig nedbrydes på samme måde som de "rene" polymerer, dvs. at det i teorien nedbrydes til carbondioxid og vand. I praksis vil der også dannes meget små mængder carbonmonoxid, polycycliske aromatiske hydrocarboner (PAH) og sod (Ottosen, 1987).

6.2. Deponering

En enkelt undersøgelse (fra 1975) viser at polyvinylacetat er bionedbrydeligt samt at ethylen-vinylacetat copolymer viser de samme egenskaber til en vis grad, afhængigt af indholdet af vinylacetat. Stivelsesbaserede fyldstoffer i polyvinylacetat fremmer bionedbrydeligheden (Citeret efter Montgomery, 1982). Potts (1983) resumerer bionedbrydeligheden af forskellige polymerer, herunder EVA med ethylen/vinylacetat i forholdet 67/33, og konkluderer at der ikke er nogen copolymerer, der nedbrydes i den ASTM-test, der er relevant (tidligere ASTM D 1924-63, efter 1980 ASTM G 21-70). I denne test placeres prøver i eller på agar-plader, der ikke indeholder kulstof. Efter podning med test-organismen (fx *Aspergillus* eller *Penicillin*), inkuberes prøverne i tre uger. Vækst i svampekolonien er afhængig af udnyttelsen af polymerprøven som kulstofkilde, og efter op til tre ugers inkubationstid undersøges prøverne for svampevækst på overfladen og tildeles en rating på en skala, der går fra 0 til 4. Rating "0" gives, hvis der ikke er synlig vækst og "4" gives hvis 60-100% er dækket (voldsom vækst). Tolkning af resultaterne kan være vanskelig, idet prøven er meget følsom over for tilstedeværelsen af bionedbrydelige additiver eller urenheder som f.eks. fedtede fingeraftryk på overfladen af prøven.

Den biologiske nedbrydelighed af polyethylen forbedres hvis polymeren i forvejen er nedbrudt af lys. Lysnedbrydeligheden kan accelereres ved tilsætning af umættede estere som for eksempel vinylacetat (Montgomery, 1982).

Der er ikke fundet oplysninger om effekter på det eksterne miljø ved deponering af EVA, men polyvinylacetatemulsioner i koncentrationer fra 0,3 til 80 mg/l er ikke fundet toksiske for gedder, karper, daphnier og andre former for akvatisk liv (Citeret efter Montgomery, 1982).

6.3. Kompostering

Der er ikke fundet oplysninger om specielle forhold ved kompostering af EVA. Da materialet ikke indeholder tungmetaller, vil der ikke ske en forringelse af kompostens kvalitet, men den ringe eller manglende nedbrydelighed betyder, at EVA ikke egner sig til kompostering.

Referencer

- Amoore JE, Hautala E (1983). Odor as an aid to chemical safety: Odor thresholds compared with threshold limit values and volatilities for 214 industrial chemicals in air and water dilution. *J Appl Toxicol* 3(6): 272-290.
- Arbejdstilsynet (1983). Basisbog i arbejdsmedicin. Del II. Risikofaktorer i arbejdsmiljøet. København.
- Arbejdstilsynet (1988). Grænseværdier for stoffer og materialer. At-anvisning nr. 3.1.0.2. Arbejdstilsynet, København.
- Babrauskas V, Harris RH, Gann RG *et al.* (1988). Fire-hazard comparison of fire-retarded and non-fire-retarded products. NBS special publication no. 749. National Bureau of Standards, Maryland.
- Boysen RL (1981). Olefin Polymers (high pressure polyethylene). In: Kirk-Othmer (eds.): *Encyclopedia of chemical technology*. 3rd ed. Vol 16. John Wiley and Sons, New York.
- BUS (1984). Oekobilanzen von Packstoffen. Schriftenreihe Umweltsschutz Nr. 24. Bundesamt für Umweltsschutz, Bern, Schweiz.
- CCOHS (1991). Canadian Centre for Occupational Health and Safety. Database på CD-ROM.
- Christiansen K, Grove A, Engel Hansen L, Hoffmann L, Jensen AA, Pommer K, Schmidt A (1990). Miljøvurdering af PVC og udvalgte alternative materialer. Miljørapport nr. 131, Miljøstyrelsen, København.
- CSG/Tellus packaging study (1990). Environmental impacts of packaging production. Draft Report. The Tellus Institute, Boston.
- Deese DE, Joyner RE (1969). Vinyl acetate: A study of chronic human exposure. *Am Ind Hyg Assoc J* 30: 449-457.
- Domininghaus H (1988). Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften. VDI Verlag. Düsseldorf.
- Farhi R, Morel C, Cheron J (1986). Matières plastiques et adjuvants. Hygiène et sécurité. Institut National de Recherche et de Sécurité, Paris.
- Friedberg KD, Schiller E (1988). Silicon. In: Seiler HG, Sigel H, Sigel A (eds.): *Handbook on toxicity of inorganic compounds*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Gächter R, Müller H (red) (1987). *Plastics additives handbook*. Hanser Publishers, New York. 2nd edition.
- Gropper H, Birnkraut H-W, Payer W, Scheible P, Dittmann W, Pleniowski J, Goldbach G, Immel W (1980). Polyolefine. I: Gerhartz W, Moegenig D, Pfefferkorn R, Bucholz-Meisenheim H (red): *Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie*, 4. Auflage. Verlag Chemie. Weinheim.

Guest D, Katz GV, Astill BD (1982). Aliphatic carboxylic acids. In: Clayton C & Clayton D (eds.): *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology* (3.ed.), Kap. 54, John Wiley & Sons, New York.

IARC (1979). IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. 19. Some monomers, plastics and synthetic elastomers, and acrolein. Lyon.

IARC (1985). Aldehydes, epoxides and peroxides. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals on humans. 36. Allyl compounds. Lyon.

IARC (1986). IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals on humans. 39. Some chemicals used in plastics and elastomers, Lyon.

Jensen AA (1987). Focus på farlige stoffer i arbejdsmiljøet: Formaldehyd. *Arbejdsmiljø* 12:34-36.

Jensen AA (1988). Focus på farlige stoffer i arbejdsmiljøet: Acetaldehyd. *Arbejdsmiljø* 1:30-31.

Jensen B, Schmidt A, Wolkoff P (1989). Plastbase. En database over luftforureninger i plastindustrien og deres sundhedsmæssige virkninger. Arbejdsmiljøfondet. København.

Kindler H, Nikles A (1980). Energieaufwand zur Herstellung von Werkstoffen - Berechnungsgrundsätze und Energieäquivalenzwerte von Kunststoffen. *Kunststoffe* 70:802-807.

Ladefoged O (1986). Nordiska expertgruppen för gränsvärdesdokumentation. 68. n-Hexan. *Arbeta och hälsa* 20. Arbetarskyddsverket. Stockholm.

Mäki-Paakkanen J, Norppa H (1988). Nordiska expertgruppen för gränsvärdesdokumentation. 80. Vinylacetat. *Arbeta och hälsa* 80. Arbetarskyddsverket. Stockholm.

Montgomery RR (1982). Polymers. In: Clayton C & Clayton D (eds.): *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology* (3.ed.), Kap. 54, John Wiley & Sons, New York.

Ottosen LM (1987). Substitution af PVC-plast med andre plastmaterialer. Miljøprojekt 87. Miljøstyrelsen, København.

Potts JE (1984). Plastics, environmentally degradable. In: Kirk-Othmer (Eds.): *Encyclopedia of chemical technology* (Supplement). John Wiley & Sons, New York.

Rostron C (1984). Ethylene metabolism and carcinogenicity. *Fd Chem Toxic* 24(1): 70.

RTECS (1991). Registry of Toxic Effects of Chemical Substances. Database på CD-ROM.

Ruth JH (1986). Odor thresholds and irritation levels of several chemical substances: A review. *Am Ind Hyg Assoc J* 47: A142- A151.

Sandmeyer EE (1981). Aliphatic hydrocarbons. In: Clayton GD & Clayton FE (Eds.): *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*, Vol. 2b. John Wiley and Sons, New York.

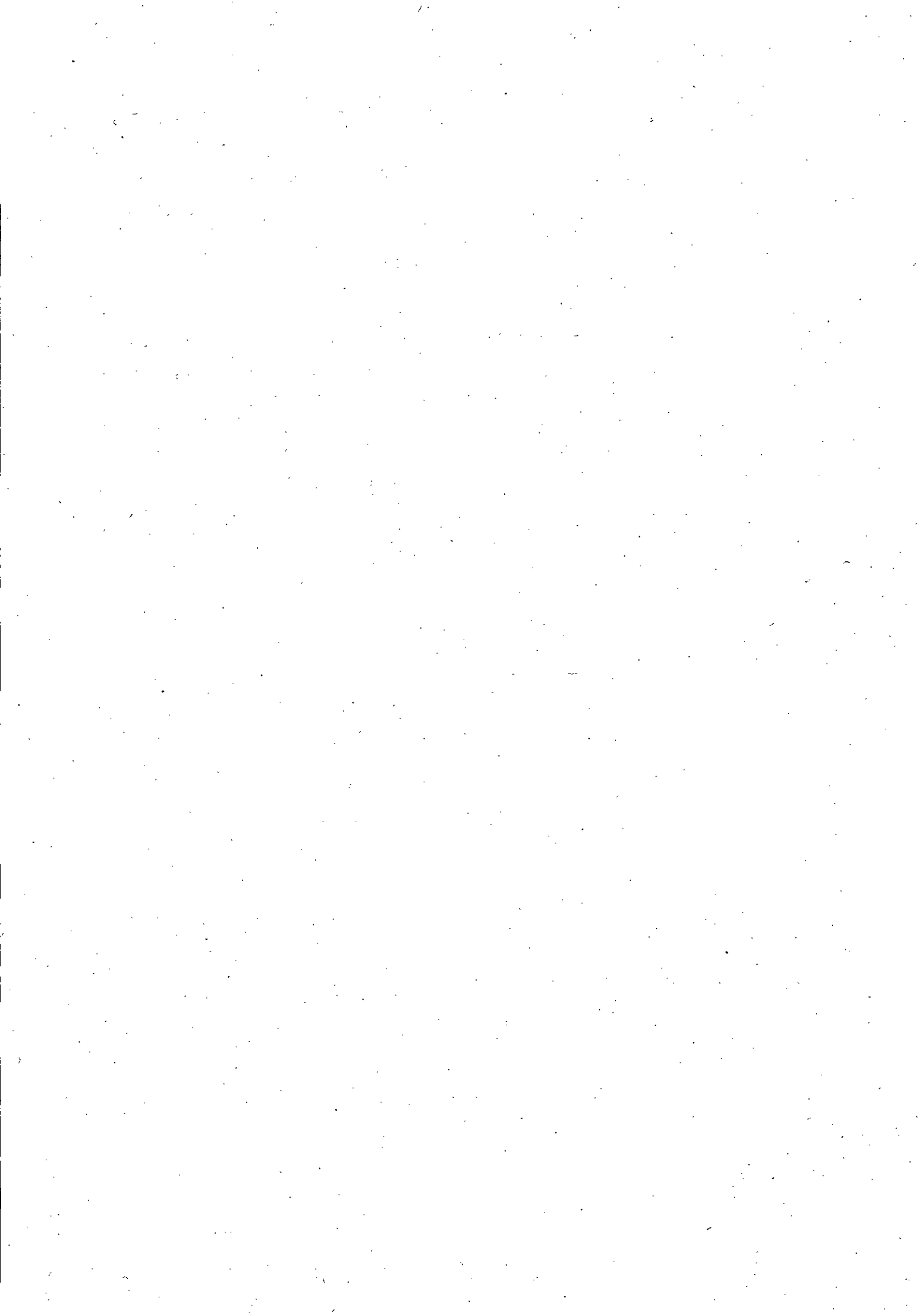
Waxweiler RJ, Smith AH, Falk H, Tyroler HA (1981). Excess lung cancer risk in a synthetic chemical plant. *Environ Health Perspec* 41: 159-165.

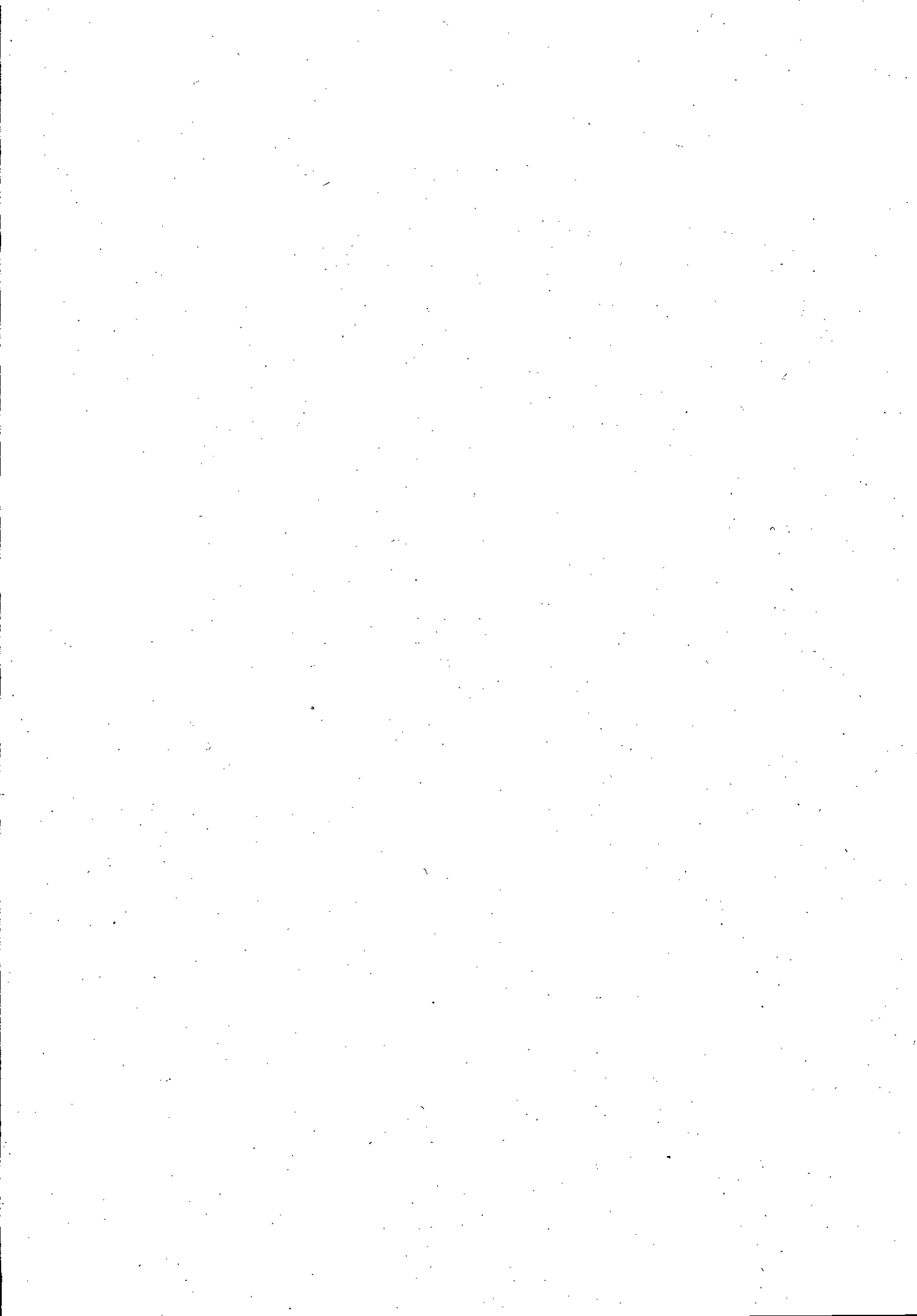
Weber-Tshopp A, Fischer T, Gierer R, Grandjean E (1977). Experimentelle Reizwirkungen von Acrolein auf den Menschen. *Int Arch Occup Environ Health* 40:117-130.

Wennig R, Kirsch N (1988). Titanium. In: Seiler HG, Sigel H, Sigel A (eds.): *Handbook on toxicity of inorganic compounds*. Marcel Dekker, Inc. New York.

Verschueren, K. (1983) *Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals*. Van Nostrand Reinhold Company. 2nd. edition.

Zey EG (1982). Esterification. In: Kirk-Othmer (eds): *Encyclopedia of Chemical Technology*. John Wiley and Sons. New York.





REGISTRERINGSBLAD

Udgiver: Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K

Serietitel, nr.: Miljøprojekt, 228

Udgivelsesår: 1993

Titel:
Miljøvurdering af EVA

Undertitel:
Plastmaterialet ethylen-vinylacetat copolymer

Forfatter(e):
Schmidt, Anders; Hansen, Lisbeth Engel; Hoffmann, Leif;
Larsen, Jørgen; Elvestad, Kari

Udførende institution(er):
Miljøstyrelsen. Rådet vedr. genanvendelse og mindre forurenende
teknologi (spons); Dansk Teknologisk Institut. Miljøteknik

Resumé:
Rapporten omfatter en vurdering af de miljø- og sundhedsmæssige
forhold knyttet til materialet ethylen-vinylacetat copolymer
(EVA) vurderet i hele materialets livscyklus. Idet materialet
EVA er et potentielt alternativ til PVC, er det vurderet
relativt i forhold til PVC.

Emneord:
livscyklusvurdering; polyetylenvinylacetater; substitution;
PVC

ISBN: 87-7810-031-3

ISSN: 0105-3094

Pris (inkl. moms): 45 kr.

Format: A4

Sideantal: 40

Md./år for redaktionens afslutning: december 1991

Oplag: 400

Andre oplysninger:
Livscyklusvurdering af PVC m.v. findes i "Miljøvurdering af PVC
og udvalgte alternative materialer", Miljøprojekt 131.

Tryk: Scantryk, København

Trykt på 100% genbrugspapir Cyclus