

Miljøprojekt nr. 287

1995

Miljøvurdering af EVOH og EVA

Miljøprojekt

- 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 pyritholdige arealer
- Nr. 186: Kommunale affaldsplaner
- Nr. 187: Planteplankton - metoder
- Nr. 188: Økotoksikologisk vurdering af industrispildevand
- Nr. 189: Renere teknologi ved fremstilling af støberikærner
- Nr. 190: Ozonlagsnedbrydende 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: Ozonlagsnedbrydende stoffer - forbrug i 1991
- Nr. 202: Genanvendelse kontra forbrænding af mælkekartoner
- 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 frysere
- 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: Miljømæssig 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
- Nr. 229: Miljøvurdering af EAA OG EMA
- Nr. 230: Chromfri, kemisk forbehandling af aluminium
- Nr. 231: Vand- og stofbalance i en natureng
- Nr. 232: Renere teknologi i Hvidovre Vandforsyning
- Nr. 233: Renere teknologi i træ- og møbelbranchen i Nordjylland

Miljøprojekt

- Nr. 234: Renere teknologi i Hadsund kommune
- Nr. 235: Emission af toluen fra dybtrykte tryksager
- Nr. 236: Renere teknologi ved affedtning af aluminium
- Nr. 237: PVC-holdige produkter i den grafiske branche
- Nr. 238: Komposteringsanlæg Århus Nord
- Nr. 239: Renere teknologi i den nordjyske fiskeindustri
- Nr. 240: Evaluering af Det Nordjyske Rammeprogram for Renere Teknologi
- Nr. 241: Differentierede renovationsgebyrer
- Nr. 242: Grøn, statslig indkøbspolitik
- Nr. 243: Planteplankton - økologi
- Nr. 244: Miljøvurderinger og substitutionsovervejelser
- Nr. 245: Tilslutning af industrispildevand til kommunale renseanlæg
- Nr. 246: Ozonlagsnedbrydende stoffer - forbrug i 1992
- Nr. 247: Principper for fastsættelse af jordkvalitetskriterier
- Nr. 248: Klorparaffiner i Danmark
- Nr. 249: Emission af dioxiner fra pejse og brændeovne
- Nr. 250: Økotoxikologiske kvalitetskriterier for overfladevand
- Nr. 251: Phytoplankton - Ecology
- Nr. 252: Emballagevalg og affaldsproduktion på sygehuse
- Nr. 253: Miljørigtig projektering
- Nr. 254: Ecotoxicological Evaluation of Industrial Wastewater
- Nr. 255: Fældningskemikaliers indhold af miljøfremmede stoffer
- Nr. 256: Mikrobiologiske bekæmpelsesmidler
- Nr. 257: Produktion og miljøforhold i papirindustrien
- Nr. 258: Dyrkningsforsøg med kompost 1989-1993
- Nr. 259: Vandforbrug i fremstillingsindustrien
- Nr. 260: Industrispildevands miljøfarlighed
- Nr. 261: Ozonlagsnedbrydende stoffer - forbrug i 1993
- Nr. 262: Rensemåskine med kulbrinter
- Nr. 263: Grøn indkøbspolitik i amter og kommuner
- Nr. 264: Dagrenovation fra private husholdninger
- Nr. 265: Vægtafhængig dagrenovation - Tinglev Kommune
- Nr. 266: Blæserensning og korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner
- Nr. 267: Renere teknologi i malteri-, bryggeri- og mineralvandsindustrien
- Nr. 268: Kortlægning af ressourcehåndtering i tekstil vådbehandling
- Nr. 269: Miljøbelastning fra affaldsbehandlingsanlæg
- Nr. 270: Genetisk modificerede herbicidresistente planter
- Nr. 271: Rengøringsfunktionen på sygehuse
- Nr. 272: Kliniske engangsartiklers miljøbelastning
- Nr. 273: Røntgenfunktionens miljøbelastning
- Nr. 274: Miljøfarlige kemikalier på sygehuslaboratorier
- Nr. 275: Ånære arealers samspil med vandløb
- Nr. 276: Demonstrationsejendomme for bedre udnyttelse af husdyrgødning
- Nr. 277: Genetically modified animals
- Nr. 278: Miljøfremmede stoffer i renseanlæg
- Nr. 279: Renere teknologi i Grenås industri
- Nr. 280: Bortskaffelse af elektronikprodukter
- Nr. 281: Miljøprioritering af industriprodukter
- Nr. 282: Neurotoxicology
- Nr. 283: Ammoniakfordampning fra landbruget
- Nr. 284: Indsatsområder for renere teknologi i den grafiske branche
- Nr. 285: Traffic PAH and Other Mutagens in Air in Denmark
- Nr. 286: TIC-nettets indsats for renere teknologi i mindre virksomheder
- Nr. 287: Miljøvurdering af EVOH og EVA
- Nr. 288: Miljøvurdering af LLDPE

Miljøvurdering af EVOH og EVA

Rapporten omfatter en vurdering af de miljø- og sundhedsmæssige forhold knyttet til materialet ethylen-vinylalkohol (EVOH) vurderet i hele materialets livscyklus. Da materialet EVOH er et potentielt alternativ til PVC, er det vurderet relativt til PVC. Rapporten indeholder desuden et supplement til den vurdering af ethylen-vinylacetat copolymer (EVA), der tidligere er offentliggjort i "Miljøvurdering af EVA", Miljøprojekt 228.

Pris kr. 65,- (inkl. 25% moms)

ISSN: 0105-3094

ISBN: 87-7810-327-4

Miljø- og Energiministeriet **Miljøstyrelsen**
Strandgade 29 · 1401 København K · Telefon 32 66 01 00

Miljøprojekt nr. 287

1995

Miljøvurdering af EVOH og EVA

Plastmaterialet ethylen-vinylalkohol samt supplement til miljøvurdering af plastmaterialet ethylen-vinylacetat copolymer.

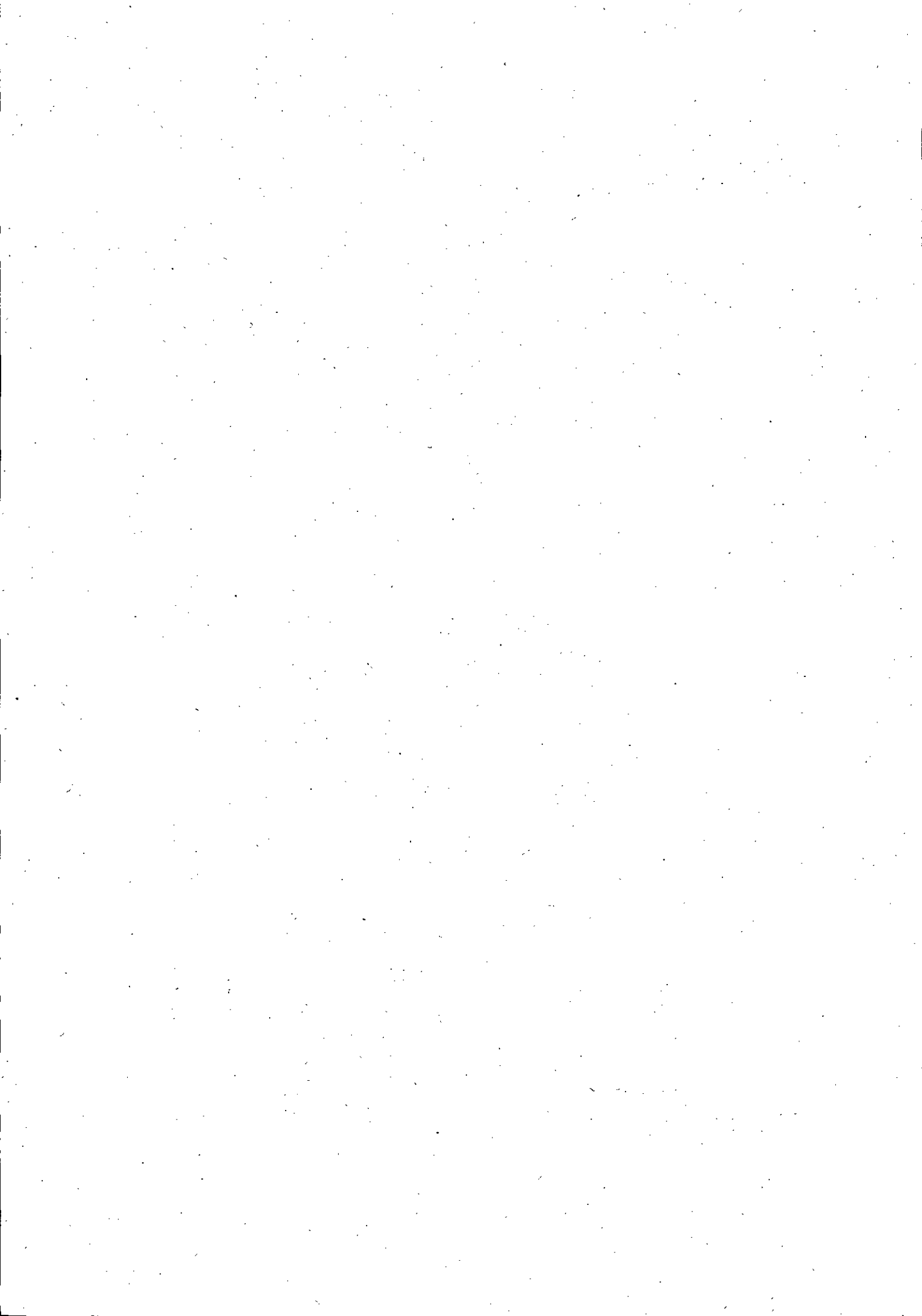
Susanne Møller
Jens Erik Jelnes
Henriette Færgemann
DTI/Miljøteknik

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

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

Indholdsfortegnelse

	Sammenfatning og konklusion	5
2	Indledning	9
3	Udvalgte råvarer til fremstilling af EVA	11
3.1	Fremstilling af ethylen	11
3.2	Råvareforbrug og emissioner	13
3.3	Opsummering	18
4	Materiale vurdering af Ethylen Vinyl Alkohol (EVOH)	19
4.1	Indledning	19
4.2	Fremstilling af EVOH	20
4.2.1	<i>Ressourceforbrug og emissioner</i>	<i>23</i>
4.2.2	<i>Sundheds- og miljømæssige effekter ved polymerfremstilling</i>	<i>23</i>
4.3	Produktion af færdigvarer	24
4.3.1	<i>Ressourceforbrug og emissioner</i>	<i>25</i>
4.3.2	<i>Miljø- og sundhedsmæssige effekter</i>	<i>25</i>
4.4	Forbrug af EVOH	26
4.5	Bortskaffelse af EVOH	26
5	Litteratur	27



1 Sammenfatning og konklusion

Fremstilling af ethylenvinylalkohol copolymer (EVOH) sker ud fra ethylen-vinylacetat-copolymer (EVA).

Beskrivelse og vurdering af miljø- og sundhedseffekter i EVA's livscyklus er foretaget i Miljøprojekt 228.

Siden rapportens udarbejdelse er fremkommet nye data vedr. råvarefremstillingen. Det er derfor nødvendigt at supplere den tidligere vurdering på enkelte punkter for at kunne bruge de nyeste data i vurderingen af EVOH.

Ethylen-vinylacetat copolymer (EVA)

De nye data giver alene anledning til ændring af konklusionen vedr. energiforbrug i miljø- og sundhedsvurdering af ethylen-vinylacetat copolymer (EVA). Energiforbruget for fremstillingen af EVA i almindelighed kan ikke opgøres præcist, idet indholdet af vinylacetat varierer mellem 5 og 50 %. Udgangspunktet for fremstillingen af EVA er low density polyethylen (LDPE), hvortil der i gennemsnit kræves 88,55 MJ/kg imod tidligere antaget 70-80 MJ/kg. Energigenvindingspotentialiet ved forbrænding ændres samtidig til ca. 40 MJ/kg EVA.

Der ændres ligeledes kun ved den relative vurdering i forhold til PVC på energipunktet. Der foreligger ikke nye data vedr. energiforbrug og emissioner i forbindelse med PVC fremstilling og er tidligere opgjort til 60 GJ/tons (5). De ændrede data vedr. LDPE medfører, at energiforbruget til fremstilling af EVA skønnes at være 32 % højere end ved fremstillingen af PVC.

Ethylen-vinyl alkohol copolymer (EVOH)

Materialevurderingen omfatter plastmaterialet Ethylen-vinylalkohol (EVOH), der er en copolymer mellem ethylen og vinylalkohol.

- Karakterisering

De problematiske led i EVOH's livscyklus fra fremstilling af monomeren til bortskaffelsen er:

- anvendelse og emission af flygtige organiske forbindelser ved polymeriseringsprocessen,
- afgivelse af dampe indeholdende aldehyder bl.a. acetaldehyd i forbindelse med forarbejdning, hvor temperaturen kommer over 240°C, og hvor en termooxidation sker.

Energiforbruget ved fremstilling af EVOH er anslået til at være > 100 MJ/kg.

- *Sammenligning*

EVOH indeholder ikke chlor, og ved en lang række anvendelsesområder for EVOH vil der ikke være tilsat halogenholdige brandhæmmere. Der anvendes ikke tungmetalholdige stabilisatorer til EVOH som tilfældet er med PVC til en række anvendelsesformål. Disse to forhold betyder, at der ved anvendelse af EVOH i stedet for PVC er en mindre potentiel eksponering af mennesker og miljø med tungmetaller og chlorerede forbindelser herunder dioxiner ved produktion og bortskaffelse.

EVOH er et relativt blødt materiale og velegnet til f.eks. bløde folier uden tilsætning af blødgørere, som tilfældet er for PVC, der ofte tilsættes phthalater for at opnå en tilpas blødhed.

På et område er EVOH mere miljøbelastende end PVC: EVOH kræver et større energiforbrug til fremstilling og forarbejdning. EVOH lavere densitet kompenserer til en vis grad herfor. En del af den bundne energi genvindes dog når polyethylen bortskaffes ved forbrænding hvor forbrændingsvarmen genvindes.

EVOH bedømmes til at være mindre sundheds- og miljøbelastende i kemisk henseende end PVC, idet der ved fremstillings og forbrændingsprocesserne ikke normalt forekommer kræftfremkaldende stoffer, som tilfældet er med PVC, hvor vinylchlorid er et velkendt carcinogen.

Sammenlignet med anvendelsen af PVC (Poly Vinyl Chlorid) vurderes EVOH at være mindre sundheds- og miljøbelastende ved en samlet vurdering.

Tabel 1 Absolut vurderingsmatrice for ethylen-vinylalkohol copolymer (EVOH)

		A	B	C	D	E	F
	Proces	Ressourceforbrug (MJ/kg)	Arbejds miljø		Ydre miljø		Uheld
			Eksp. on.	Effekt	Eksp. on.	Effekt	
1	Fremstilling af råmateriale	> 100	-	0	-	-	-
2	Forarbejdning til halvfabrikata og færdigvarer	(15)	-	0	0	0	0
3	Forbrug	?	0	0	0	0	0 ¹
4	Genanvendelse	?	-	-	0	0	0
5	Affald						
	- Forbrænding	- 40 ²	0	0	0	0	0
	- Deponering	?	0	0	0	0	0
	- Kompostering	?	0	0	0	0	0

--- : Potentielt meget belastende

- : Potentielt noget belastende

0 : Potentielt ikke belastende

? : Mangel på viden

() : Skønnet værdi

¹ I produkter brandhæmmet med chlorerede eller bromerede brandhæmmere er der dog mulighed for dannelse af dioxiner i forbindelse med brand.

² Der regnes med en energigevinst på 60 % af den bundne energi i materialet ved forbrænding i affaldsforbrændingsanlæg med varmegenvinding.

Tabel 2 Relativ vurderingsmatrice for EVOH i forhold til PVC

		R	S	T	U
	Proces	Ressourceforbrug	Arbejds miljø	Ydre miljø	Uheld
1	Fremstilling af råmateriale	- ³	+++	+++	+
2	Forarbejdning til halvfabrikata og færdigvarer	- ⁴	+	0	+
3	Forbrug	0	0	0	0
4	Genanvendelse	?	0	+	0
5	Affald				
	- Forbrænding	+	?	+++	+
	- Deponering	0	0	+	0
	- Kompostering	0	0	+	0

+++ : Meget bedre end PVC

+ : Bedre end PVC

0 : Samme som PVC

- : Værre end PVC

--- : Meget værre end PVC

? : Mangel på viden

³ Til fremstillingen af PVC regnes med et energiforbrug på 60 MJ/kg (3).

⁴ Der regnes med et energiforbrug i gennemsnit til forarbejdning på 15 % hvilket vil sige 9 MJ/kg for PVC.

2 Indledning

I en tidligere udført miljø- og sundhedsvurdering af ethylen-vinylacetat-copolymer (EVA) (3) udgivet som Miljøprojekt 228 (1993) er der anvendt data for produktion af Low Density Polyethylen (LDPE) som udgangspunkt for beskrivelse af produktionen af EVA, idet der ikke forelå tilgængelige specifikke data for fremstilling af EVA og idet LDPE er hovedbestanddelen i EVA.

Det har siden været muligt at fremskaffe opdateret materiale vedrørende fremstillingen af LDPE. Kun afsnit, der vedrører LDPE i den tidligere foretagne vurdering af EVA er revideret omfattende afsnittene 1.4.1 og 1.5 i (3) omhandlende fremstilling af ethylen og emissioner i denne forbindelse. Beskrivelser vedrørende øvrige råstoffer, produktionsprocesser og håndtering i materialets livscyklus og vurderinger af miljø- og sundhedseffekter fremgår af Miljøprojekt 228 (1993). Det er valgt ikke at gentage de uændrede dele i denne rapport.

I nærværende supplement anvendes data for forbrug af energi og råvarer samt emissioner og affaldsproduktion ved produktion af polyethylen fra en undersøgelse foretaget af The European Centre for Plastics in the Environment (PWMI) i maj 1993, der er en miljøafdeling under Association of Plastic Manufacturers in Europe (APME) (1) (2).

Undersøgelsen omfatter 36 europæiske ethylenpolymerisations fabrikker, der tilsammen producerer 4,5 millioner ton polyethylen af alle typer. Ud af disse producerer 10 fabrikker 1,3 millioner ton high density polyethylen (HDPE), svarende til ca. 29% af den samlede produktion, 22 fabrikker producerer 2,8 millioner ton LDPE, svarende til ca. 62% af den samlede produktion og de resterende 4 fabrikker producerer 359.000 ton linear low density polyethylen (LLDPE) svarende til ca. 8% af den samlede produktion.

De indsamlede data i PWMI rapportererne er behandlet såvel samlet som hver for sig, således at det er muligt at vurdere produktionen af polyethylen generelt og specifikt for hver af de tre typer.

Yderligere er der i disse data inkluderet data for råstofudvinding og fremstilling af ethylen, således at datamaterialet samlet giver en beskrivelse af miljøpåvirkningerne i livscyklusfaserne råstofudvinding og råvare fremstilling dog excl. compounding.

3 Udvalgte råvarer til fremstilling af EVA

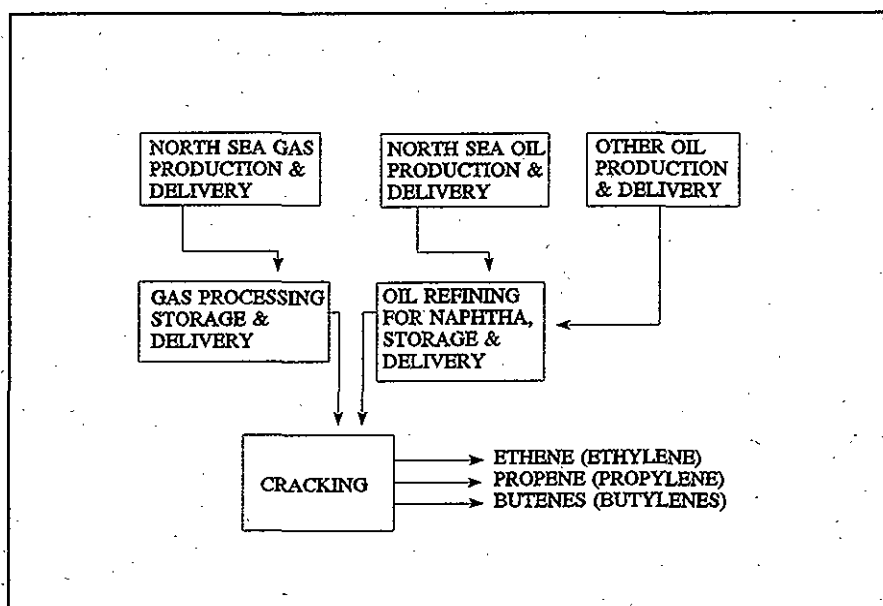
Som råvarer i processerne anvendes dels monomere (ethylen og vinylacetat) dels initiatorer/katalysatorer. Efter polymeriseringen tilsættes evt. fyldstoffer

3.1 Fremstilling af ethylen

De primære kilder til produktion af monomere, herunder ethylen, er råolie og naturgas.

Ethylen er en farveløs, brændbar gas, som fremstilles teknisk ud fra raffineret råolie (naphta) og/eller naturgas. I praksis tilføres en blanding af naphta og naturgas til crackningsprocessen.

En oversigt over fremstillingsprocesserne ses i figur (1).



Figur 1 Fremstilling af olefiner ud fra naturgas og råolie (2)

Råstofudvinding

En stor del af de råstoffer, der anvendes til produktion af ethylen i Europa og især i Nordeuropa udvindes fra olie- og naturgasfelterne i Nordsøen. I 1990 udgjorde olie fra Nordsøen således ca. 15% af det samlede forbrug, mens den tilsvarende procentdel for naturgas udgjorde ca. 78% (2).

Naturgas

Naturgas er en blanding af lavmolekylære, sædvanligvis mættede hydrocarboner blandet med ikke-brændbare gasser som kvælstof og kuldioxid. Nogle naturgaskilder indeholder betydelige mængder svovl, f.eks. inde-

holder Lacq feltet i Frankrig over 15 % hydrogensulfid. Svovlet må fjernes før brug (2).

Hydrogensulfid 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 (3).

Sammensætningen og dermed brændværdien af naturgassen varierer meget som funktion af udvindingsstedet, f.eks. refereres brændværdier varierende mellem 30 og 48 MJ/m³ og (2) anvender en værdi på 38,8 MJ/m³ som gennemsnitsværdi.

Råolie

Molekylvægten for hydrocarbonerne i råolie er langt højere end for naturgas. Råolie indeholder desuden en del opløst naturgas, der frigives ved forarbejdningen af råolien.

Variationerne i sammensætningen af råolie betyder, ligesom for naturgas, at brændværdierne for olien varierer markant. I (2) er anvendt en gennemsnitlig brændværdi for råolie på 45 MJ/kg.

Raffinering

Ved raffineringprocessen destilleres råolien i en række fraktioner, der hver især er en blanding af hydrocarboner med et snævrere interval for molekylvægten.

Fraktionerne består primært af mættede hydrocarboner med en ringe reaktivitet.

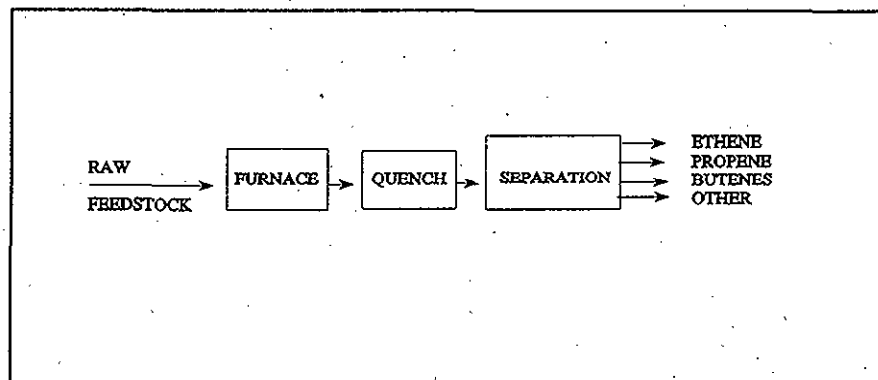
Raffineringprocessen anvendes ligeledes til at fjerne uønskede urenheder såsom svovl og metaller fra råolien. Metallerne kan sælges som biprodukter (2).

Cracking

Crackingprocessen er den første i en række processer, hvor de mættede forbindelser omdannes til forbindelser, der er egnede som råmateriale ved polymerisationsprocesserne.

Crackeren udfører principielt to funktioner, nemlig en reduktion af kompleksiteten af den behandlede fraktion samt en omdannelse af hydrocarbonerne til umættede forbindelser, der er mere reaktive end de mættede forbindelser (2).

I praksis består crackingprocessen af tre trin som vist i figur 2. I praksis opfører processen sig som én enhed, og data er kun til rådighed for hele systemet.



Figur 2 De principielle operationer i crackingprocessen

3.2 Råvareforbrug og emissioner

Der er ikke fundet specifikke data vedrørende fremstilling af EVA med hensyn til typen og størrelsen af emissioner til arbejdsmiljø og det ydre miljø. I det følgende er angivet råvareforbrug og emissioner for fremstillingen af Low Density Polyethylen (LDPE).

Råvareforbrug

I (1) er råvareforbruget til produktion af LDPE opdelt i forbrug af energikilder og forbrug af øvrige råvarer. Energiforbruget er underinddelt i den del af den totale energimængde, der bindes i produktet, kaldet råmateriale og den del, som anvendes til drift af produktionsudstyret kaldet brændstof.

I tabel 3 ses gennemsnitsdata for energiforbruget til produktion af 1 kg LDPE, kumuleret fra råstofudvindingsfasen til polymerisationsprocessen.

Data anvendt til energi beregningen repræsenterer et vægtet gennemsnit for samtlige LDPE-producerende fabrikker i undersøgelsen, og da der er stor variation imellem fabrikkerne i såvel produktionsmetode og valg af råvarer som transport og lignende dækker den gennemsnitlige værdi for det totale energiforbrug på 88,55 MJ/kg over et interval fra 73-107 MJ/kg (1).

Det bemærkes, at forholdet mellem energiforbruget til brændstof og som råmateriale er usikkert, idet affald fra produktionen af hydrocarboner ofte indgår som brændsel, således at brændselsforbruget reelt er højere end angivet.

Brændværdi

Brændværdien af LDPE er 40 MJ/kg ved 60 % udnyttelse af råmaterialet. Brændværdien af EVA copolymeren må forventes at ligge i samme størrelsesorden.

Tabel 4 Energiforbrug til produktion af 1 kg LDPE (MJ) (1)

Brændstof	Kul	3,28
	Olie	3,58
	Gas	12,38
	Vand	0,54
	Kernekraft	1,67
	Øvrige	0,21
	Total	21,66
Råmateriale	Kul	<0,01
	Olie	33,87
	Træ	<0,01
	Gas	33,02
	Total	66,89
Total	Brændstof og råmateriale	88,55

Ud over energiforbruget opdelt i brændstof og råvarer forbruges der en række mineralske forbindelser samt store mængder vand ved fremstillingen af LDPE.

I tabel 4 ses vægtede gennemsnitsdata for forbruget af øvrige råvarer til produktion af 1 kg LDPE, kumuleret fra råstofudvindingsfasen til polymerisationsprocessen.

I beregninger af anvendelsen af øvrige råmaterialer er hjælpestoffer såsom antioxidant, metalliske katalysatorer, farve og fyldstoffer ikke medtaget, ligesom al emballage også er udeladt.

Tabel 5 Forbrug af øvrige råmaterialer ved produktion af 1 kg LDPE (1)

Råmateriale	Mængde (mg)/kg
Jernmalm	200
Kalksten	150
Vand	24000000
Bauxit	300
Natriumklorid	8000
Ler	20
Jernmangan	<1

Emissioner

Ud over forbruget af energi og øvrige råmaterialer giver (1) ligeledes en række data for emissioner fra produktionen til luft og vand samt som fast affald.

Det bemærkes, at nøjagtigheden af data varierer meget, idet der generelt findes relativt nøjagtige informationer om de emissioner, der anses for at have stor effekt på miljøet, og som derfor er reguleret fra offentlig side. Derimod er data for de ikke regulerede emissioner ofte estimeret.

I tabel 5 ses gennemsnitsdata for emissioner til luft ved produktion af 1 kg LDPE, kumuleret fra råstofudvindingsfasen til polymerisationsprocessen (1).

Ved beregning af emissionerne er det antaget, at samtlige comonomerer der anvendes ved polymerisationsprocessen består af hexan.

Tabel 6 Emissioner til luft ved produktion af 1 kg LDPE (1)

Emission	Mængde (mg)/kg
Støv	3000
Carbonmonoxid	900
Carbondioxid	1250000
Svovloxider	9000
Nitrogenoxider	12000
Hydrogenchlorid	70
Hydrogenflourid	5
Hydrocarboner	21000
Andre organiske forb.	1
Metaller	5

I tabel 6 ses gennemsnitsdata for emissioner til vand ved produktion af 1 kg LDPE, kumuleret fra råstofudvindingsfasen til polymerisationsprocessen.

Tabel 7 Emissioner til vand ved produktion af 1 kg LDPE (1)

Emission	Mængde (mg)/kg
COD	1500
BOD	200
Syre (H ⁺)	60
Nitrat	5
Metaller	250
Ammoniumioner	5
Chloridioner	130
Opl. org. materiale	20
Suspenderet materiale	500
Olie	200
Hydrocarboner	100
Opl. faste stoffer	300
Fosfat	5
Øvrige nitrogenforbindelser	10

Affaldsproduktion

I tabel 7 ses gennemsnitsdata for produktionen af fast affald ved produktion af 1 kg LDPE, kumuleret fra råstofudvindingsfasen til polymerisationsprocessen (1).

Tabel 8 Produktion af fast affald ved produktion af 1 kg LDPE (1)

Affaldstype	Mængde (mg)/kg
Industriaffald	3500
Mineralsk affald	26000
Slagge & aske	9000
Toxiske kemikalier	100
Ikke-toxiske kemikalier	800

3.3 Opsummering

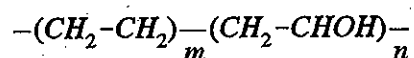
De nye data giver alene anledning til ændring af konklusionen vedr. energiforbrug i miljø- og sundhedsvurdering af EVA. Energiforbruget for fremstillingen af EVA i almindelighed kan ikke opgøres præcist, idet indholdet af vinylacetat varierer mellem 5 og 50 %. Udgangspunktet for fremstillingen af EVA er LDPE, hvortil der i gennemsnit kræves 88,55 MJ/kg imod tidligere antaget 70-80 MJ/kg. Energigenvindingspotentialet ved forbrænding ændres samtidig til ca. 40 MJ/kg EVA.

Der ændres ligeledes kun ved den relative vurdering i forhold til PVC på energipunktet. Der foreligger ikke nye data vedr. energiforbrug og emissioner i forbindelse med PVC fremstilling og er tidligere opgjort til 60 GJ/tons (5). De ændrede data vedr EVA (LDPE) medfører, at energiforbruget til fremstilling af EVA skønnes at være 32 % højere end ved fremstillingen af PVC.

4 Materialevurdering af Ethylen Vinyl Alkohol (EVOH)

4.1 Indledning

Den anvendte EVOH polymer er en copolymer af ethylen og vinylalkohol. Polymeren er krystallinsk og har følgende molekylestruktur:



Størrelsen af m og n varierer hen gennem kæden.

Materialet har gode barriere egenskaber især overfor gasser, f.eks. ilt, kuldioxid og kvælstof. Hvilke har stor betydning i forbindelse med emballering af fødevarer. Barriere egenskaberne angives at være bedre end andre barriere materialer f.eks. PVDC (8). EVOH har en kraftig antistatisk effekt, når materialet benyttes som et overfladelag. På grund af tilstedeværelsen af OH grupper er EVOH let at trykke tekst og lign. på (12).

Polyvinylalkohol er vanskeligt at forarbejde og copolymeriseres derfor med ethylen (8). Fordelingen i copolymeren mellem ethylen og vinylalkohol kan variere mellem 18 - 34 mol % ethylen og 66-82 mol % vinylalkohol (mol %) (9).

På grund af tilstedeværelsen af hydroxylgrupper i polymeren er den hydrofil og vil absorbere vanddamp. Når vand absorberes falder gas barriere egenskaberne (8).

EVOH tåler ikke for stor fugtighed og stiller følgelig særlige krav til emballeringen ved transport fra råvareproducent til færdigvareproducent. Et fugtindhold på $\leq 0,4$ % anbefales (6).

Tabel 9 Typiske fysiske data for EVOH (6).

	EVOH
Gennemsnit mol % ethylen	30
Smeltepunkt	183 °C
Densitet	1,2 g/cm ³
Smelte "flow"	3 g/10 min (210 °C, 2,16 kg)
Vandabsorption på 24 timer	5,9 vægt %

4.2 Fremstilling af EVOH

Fremstillingen af EVOH blev introduceret i midten af 70'erne (8), medens homopolymeren polyvinylalkohol (PVA) har været kommercielt tilgængelig siden 1939 (11).

Generelt kan alkoholer fremstilles ved hydrolyse af korresponderende estre; EVOH fremstilles således ved hydrolyse af EVA copolymer, hvilket benævnes alkoholysering.

Metoder til fremstilling af EVA er beskrevet i Miljøprojekt 228 (3). Det er valgt ikke at gentage den generelle beskrivelse her, men kun medtage præciseringer.

Polymeri- sering af EVA

Polymerer, der skal alkoholyseres efter polymeriseringen, fremstilles bedst ved opløsningspolymerisation, hvor polymeriseringen foregår i en opløsning af en let kulbrintefraktion, idet den efterfølgende alkoholysering kræver tilsætning af et sådant opløsningsmiddel (11).

Det er således muligt at undgå de dele af polymeriseringsprocessen, hvor kulbrintefractionen fordampes, og polymeren tørres, og i stedet foretage alkoholyseringen direkte i polymer-opløsningen (11).

Hydrolyse af EVA

Hydrolyse af EVA copolymer er ikke direkte beskrevet i den tilgængelige litteratur, hvorimod beskrivelse af hydrolyse af polyvinylacetat til polyvinylalkohol (PVA) findes i (11).

Det er i det følgende antaget, at indholdet af ethylen i copolymeren ikke ændrer ved hydrolyseringsprocessen, således at de forhold, der gør sig gældende for hydrolysering af polyvinylalkohol, kan antages at gælde for hydrolysering af ethylvinylacetat copolymer.

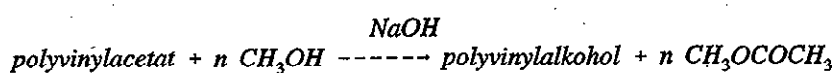
Selv om hydrolyse af lavmolekylære estre til deres korresponderende syrer og alkoholer forløber uden tilsætning af katalysatorer, foretages hydroly-

sen oftest ved forhøjet temperatur og med tilstedeværelse af enten sure eller basiske katalysatorer (10) for at øge reaktionshastigheden.

Hydrolyse af estre med basiske katalysatorer er en irreversibel proces, der resulterer i dannelsen af carboxylationer og alkoholer, mens surt katalyserede reaktioner er ligevægtsreaktioner (10).

Ved industriel alkoholysering af polyvinylacetat til polyvinylalkohol anvendes oftest methanol som reaktant, og natriumhydroxid som katalysator, mens anvendelsen af syrer som katalysatorer ikke forekommer i praksis, dels som følge af den lave reaktionsrate og dels som følge af de alvorlige korrosionsproblemer, der følger med anvendelsen af stærke syrer (11).

Den basisk katalyserede reaktion foregår efter følgende reaktionsskema:



Alkoholyseringsprocessen kan forløbe til forskellige hydrolysegrader, afhængig af reaktionsbetingelserne.

Reaktionen kan således bringes til afslutning ved neutralisering eller fjernelse af natriumhydroxid katalysatoren.

Tilsætning af vand fremmer forsæbningen af polyvinylacetat, og dermed forbruget af natriumhydroxid, og hydrolysegraden er således omvendt proportional med tilsætningen af vand.

Tilsætning af vand forøger dannelsen af biprodukt ved reaktionen. Ved alkoholysering af polyvinylalkohol dannes således natriumacetat som biprodukt. Dette biprodukt reterer i praksis i polymeren som et askeprodukt (11). Der er ikke fundet oplysninger om, hvor stor en askemængde, der er tale om.

Ved alkoholyseringen dannes et fint bundfald af polyvinylalkohol. Dette bundfald vaskes med methanol, filtreres og tørres til en geleagtig masse, der skæres til granulat.

Spildproduktet ved alkoholyseringen, methylacetat, kan genanvendes direkte som opløsningsmiddel, eller der kan tilsættes vand til produktet, hvorefter methanol og eddikesyre kan genindvindes ved ionbytning (11).

Methanol, der genindvindes på denne måde kan recirkuleres fuldstændigt til alkoholyseringsprocessen, og den dannede eddikesyre kan sælges som biprodukt (11).

Ingen af de tilgængelige opslagsværker omtaler additiver specifikt for EVOH.

EVOH indeholder 18-34 mol % ethylen stammende fra copolymeriseringen af ethylen og vinylacetat. EVOH må følgelig have nogle af polyethylens (LDPE) egenskaber og dermed behov for visse additiver.

Anvendelsen af additiver tilpasses slutproduktet. De vigtigste additiver, der anvendes i polyethylen er UV- og varmestabilisatorer, antioxidanter, brandhæmmere, antiblokmidler, slip- og antislipmidler, pigmenter, opskumningsmidler og fyldstoffer. Efter EVOH's primære anvendelse som barrierebehandling i coekstruderede emballager eller som overfladebehandling antages, at additiver som brandhæmmere, opskumningsmidler og fyldstoffer er af begrænset relevans. Dog omtaler (16) brug af glimmerminerale som fyldstof.

Stabilisatorer og antioxidanter

Til hindring af varmenedbrydning og oxidation med efterfølgende tværbinding af LDPE under forarbejdningen eller ved brug tilsættes stabilisatorer (15). Til LDPE anbefales stabilisatorsystemer svarende til dem, der anbefales til brug for polypropylen blot i mindre koncentrationer. Stabilisatorsystemerne består ifølge (15) af: processtabilisatorer (organisk fosphit), langtids varmestabilisatorer (phenolderivater med medium og især med højt molekylvægt normalt benyttet sammen med thioestre) og calcium- eller zink-stearat. Typiske processtabilisatorer er (15):

- 2,6-di(t-butyl)-p-cresol (BHT)
- tetrakis[2,4-di(t-butyl)phenyl]-4,4-biphenyldiphosphonit
- distearyl-pentaerythryldiphosphit
- tris(nonylphenyl)phosphit
- tris[2,4-di(t-butyl)phenyl]phosphit og
- tris[2,4-di(t-butyl)phenyl]pentaerythryldiphosphit

Typiske langtids varme stabilisatorer er (15):

- octadecyl 3-(3,5-ditert-butyl-4-hydroxyphenyl)-propionat
- pentaerythryl tetrakis-3-(3,5-ditert-butyl-4-hydroxyphenyl)-propionat
- 1,3,5-tris-(3,5-ditert-butyl-4-hydroxybenzyl)-isocyanurat
- 1,1,3-tris-(5-tert-butyl-4-hydroxy-2-methylphenyl)-butan
- 1,3,5-tris-(3,5-ditert-butyl-4-hydroxybenzyl)-mesitylen
- ethylenglycol bis-[3,3-bis-(3'-tert-butyl-4'-hydroxyphenyl)-butyrat]

Disse additiver anvendes normalt ikke i koncentrationer over 0,1% i LDPE (15).

Pigmenter

Til indfarvning af polyethylen anvendes primært en række uorganiske pigmenter (3):

- | | |
|------|---|
| Hvid | titandioxid, stabiliseret |
| Gul | cadmium, zinksulfid |
| | titan, nikkel, antimonoxid, titan, chrom(VI), antimonoxid |
| Rød | cadmiumsulfid, selenid |

Blå	natrium, aluminiumsilicat, sulfid, cobalt, aluminiumoxid
Grøn	cobalt, nikkel, zink, titan, aluminiumoxid, chrom (III) oxid
Brun	jern (II, III) oxid, chrom (VI) jern (III) oxid
Sort	carbon black

Anvendelsesforbudet fra 1987 har medført, at kun specielle produkter efter dispensation kan indfarves med cadmium.

UV-stabilisatorer

Alle polyolefiner er sensitive overfor UV lys og kræver stabilisering overfor UV lys ved udendørs brug.

Til mere polære substrater kan den lavmolekylære HALS-I bruges, men de polymere HALS-II og HALS III angives at beskytte bedre (17).

HALS-I	= Bis-2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidyl sebacate
HALS-II	= Poly-(N- β -hydroxyethyl-2,2,6,6-tetramethyl-4-hydroxypiperidyl succinate)
HALS-III	= Poly-{[6-[(1,1,3,3-tetramethylbutyl)-imino]-1,3,5-triazine 2,4-diyl][2-(2,2,6,6-tetramethylpiperidyl)-imino]hexamethylene-[4-(2,2,6,6-tetramethylpiperidyl)-imino]}

Slip- og antiblokmidler

Til hindring af sammenklustering af den færdige film anvendes slipmidler. Til LDPE tilsættes oleamid i en koncentration på 0,05% før filmproduktionen.

Antiblokmidler anvendes, når film eller folier udsættes for stort tryk eller forhøjet temperatur. Midlet inkorporeres i plasten. Særlig effektiv er kalk eller siliciumholdig kalk i en koncentration på omkring 0,1%.

4.2.1 Ressourceforbrug og emissioner

Råvareforbrug og emissioner ved fremstillingen vil være tilsvarende EVA fremstillingen minus råvareforbrug og emissioner knyttet til fordampning af kulbrintebrændstoffet fra polymeriseringsprocessen og plus råvareforbrug og emissioner knyttet til hydrolyseprocessen.

Energiforbrug

Energiforbruget ved fremstillingen af EVOH kendes ikke og kan ikke angives eksakt da der er tale om et materiale med forskelligt indhold af polyethylen hhv. polyvinylalkohol. Det må imidlertid forventes, at energiforbruget er større end ved fremstilling af udgangsmaterialet EVA svarende til den energimængde, der medgår til hydrolysen og delvis til genvinding af afspaltningssprodukter. Energiforbruget til fremstilling af EVA er anslået til 73-107 MJ/kg. Det antages, at energiforbruget til EVOH er > 100 MJ/kg.

4.2.2 Sundheds- og miljømæssige effekter ved polymerfremstilling

Ved hydrolyseprocessen anvendes natriumhydroxid og methanol. Disse to stoffer kan udgøre en sundhedsrisiko.

Natriumhydroxid er klassificeret som ætsende. Fint støv af natriumhydroxid er stærkt luftvejsirriterende, da støvet opløses i slimhinderne, og dér giver anledning til ætsninger.

Methanol er klassificeret som giftig og kan optages via hud. Symptomer på methanolforgiftning er i første omgang beruselsesfornemmelser. Ved indtagelse af store mængder methanol kan der opstå blindhed og død.

Ud fra de foreliggende procesbeskrivelser må det antages, at eksponering for disse to stoffer vil være lav.

Methanol og methylacetat er flygtige organiske forbindelser, der i samspil med NO_x og sollys bidrager til troposfærisk ozondannelse (fotokemisk luftforurening).

Emissionens størrelse afhænger af graden af indkapsling af processen og af effektiviteten af genvindingen af h.h.v. methanol og methylacetat.

4.3 Produktion af færdigvarer

EVOH's evne til at optage vand begrænser materialets anvendelighed. Dette imødegås ved at indkapsle EVOH laget i polymerlag med gode barriere egenskaber overfor vand, så som polyolefiner (bl.a. PE og PP) (8). EVOH har dårlig vedhæftning til de fleste polymertyper. Derfor benyttes ofte klæberesiner for at give en tilstrækkelig vedhæftning. EVOH vedhæfter dog tilfredsstillende til nylon (8).

EVOH forarbejdes fortrinsvis ved:

- film extrusion eller coextrusion
- plade coextrusion
- sprøjtetøbning coextrusion
- profil coextrusion
- overfladebelægning ved extrusion
- laminering eller coextrusion
- termoformning af coextruderede film eller plader

Forarbejdningen sker på konventionelt udstyr (12).

EVOH ekstruderes ved temperaturer omkring 210 °C (6). Der foreligger ingen oplysninger om emissioner i forbindelse med ekstrusion eller andre forarbejdningsprocesser.

Hvis temperaturen kommer over 240 °C nedbrydes plasten (6). Der foreligger ingen oplysninger om nedbrydningsprodukterne.

Produktionsaffald kan skæres i småstykker og bruges igen i ekstruderen i EVOH laget. Laget kan indeholde 20 % af coekstrudatet og materialet kan gennemløbe processen op til 7 gange uden reduktion af de fysiske egenskaber. Benyttes EVOH holdigt produktionsaffald i yderlaget er det uegnet

til fødevareemballage, men op til 1,6 % kan bruges i produkter til andet formål (7).

Der foreligger ingen specifikke data om energiforbrug ved vareproduktion. Som tommelfingerregel regnes med at energiforbruget til varem fremstilling ligger på 15 % af energiforbruget til råvareproduktion. Dette svarer i dette tilfælde til minimum 15 MJ/kg. Det antages dog at være i overkanten da det store energiforbrug til fremstilling til dels er knyttet til at EVOH ikke kan polymeriseres direkte men må gå via EVA.

EVOH lag bruges i både fast og fleksibel emballage bl.a. til fødevarer (8). Materialet kan ligeledes benyttes til andre formål, hvor et barriere lag er påkrævet.

I 1988 var forbruget af EVOH på 2.000 t/år i USA. Forbruget er stigende (14).

4.3.1 Ressourceforbrug og emissioner

Affaldsmængder forbundet med færdigvareproduktion afhænger af den valgte produktionsproces. Under normale produktionsforhold ligger "scrap" procenten på < 10 % til 60 % (7) af råvareforbruget. Fordelingen fremgår af nedenstående tabel 9.

Tabel 10 Scrap mængder ved forskellige processer hvor EVOH benyttes i coekstrudering i procent af råvareforbrug (7).

Proces	Procesaffald ved normal produktion ("Scrap")
Film, blæste	< 10 %
Film, støbt	< 10 %
Sprøjtstøbning	20-35 %
Termoformning	40-60 %
Coating, coekstrudering	< 10 %

4.3.2 Miljø- og sundhedsmæssige effekter ved forarbejdning

Det kan tænkes, at der ved den termiske nedbrydning vil dannes ethylen og vinylalkohol. Sidstnævnte forbindelse er ustabil og vil omlægges til acetaldehyd. Acetaldehyd er en stærkt luftvejsirriterende forbindelse. Yderligere er stoffet kræftfremkaldende, og det kan forårsage reproduktionsskader.

*Nedbrydnings-
produkter*

Ved almindelig forarbejdning af EVOH skønnes der ikke at være stofspecifikke miljø- og sundhedseffekter, idet de anvendte stoffer ikke har specifikke toksiske egenskaber, og eksponeringen sandsynligvis vil være lav.

Ved forhøjet produktionstemperatur kan der dannes acetaldehyd, der er en stærkt luftvejsirriterende forbindelse. Yderligere er stoffet kræftfremkaldende, og det kan forårsage reproduktionsskader.

4.4 Forbrug af EVOH

Der foreligger ingen oplysninger om emissioner i forbindelse med brug af EVOH.

Rester af natriumacetat i polymeren må formodes at være små. Natriumacetaten er en svag base og giver ingen problemer i forbindelse med anvendelsen af plasten.

4.5 Bortskaffelse af EVOH

Forbrænding

Der er ikke fundet oplysninger om emissioner i forbindelse med forbrænding af EVOH. Det må forventes, at EVOH på linie med andre polyolefine forbrændes til kuldioxid og vand ved fuldstændig forbrænding. I praksis dannes ligeledes carbonmonoxid, sod og polycykliske aromatiske forbindelser (PAH) i mindre omfang (13).

Brændværdi

Brændværdien af LDPE er 40 MJ/kg ved 60 % udnyttelse af råmateriale. Brændværdien af EVOH copolymeren må forventes at ligge i samme størrelsesorden.

På grund af EVOH's primære anvendelse til emballager er det ikke sædvanligt at tilsætte brandhæmmere. Der frigives således ingen halogener.

Deponering/ kompostering

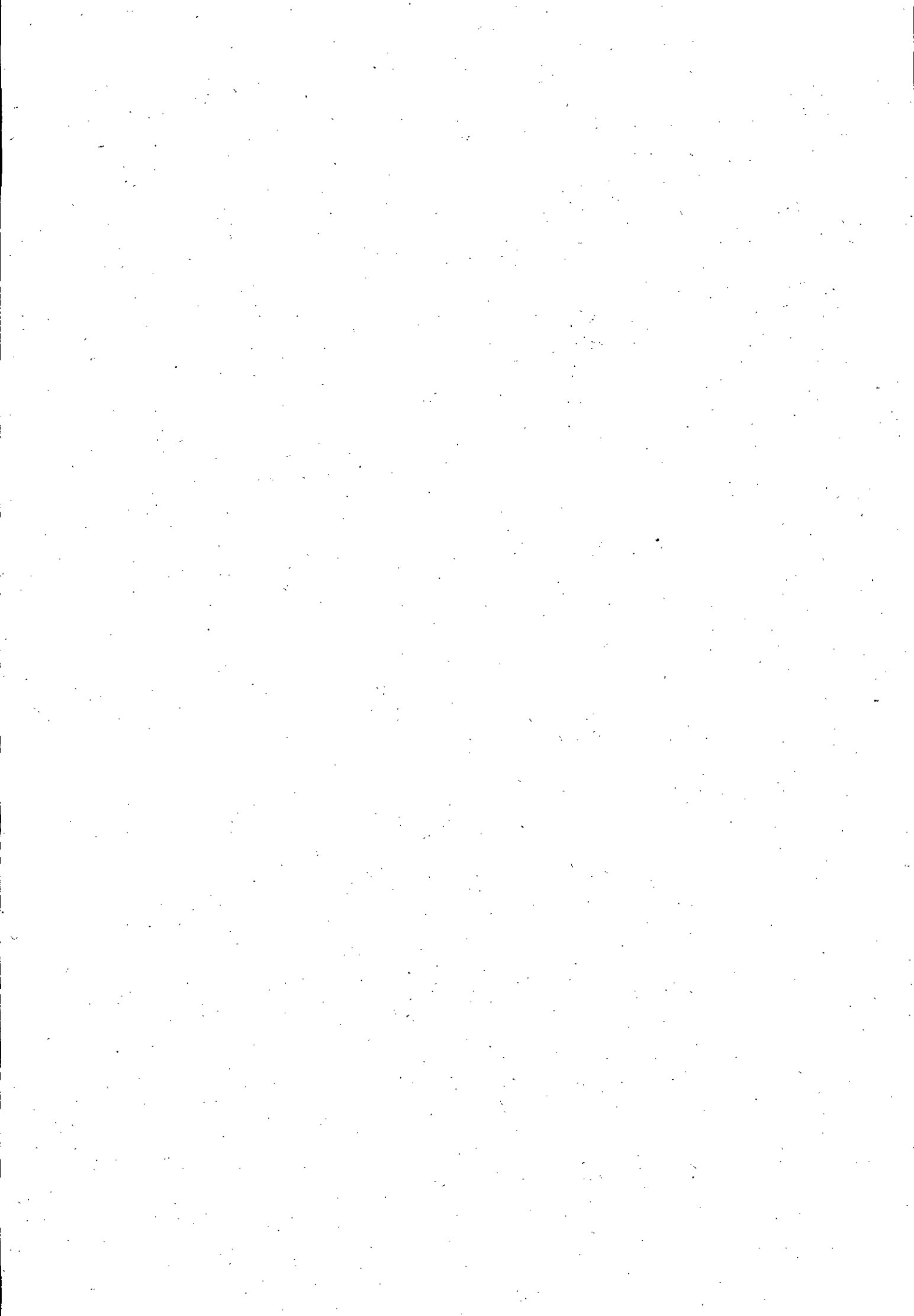
Polyvinylalkohol (PVA) angives af (11) at være bionedbrydelig i aktiveret slam anlæg efter nogle ugers akklimatisering. EVOH svarer til en copolymer af polyethylen (PE) og polyvinylalkohol (PVA) og er ikke i samme grad som PVA opløselig i vand. Polyethylen er ikke bionedbrydelig. Der er ikke fundet oplysninger, der angiver EVOH's bionedbrydelighed, men det må antages, at EVOH's egenskaber med hensyn til bionedbrydelighed ligger mellem PE og PVA's egenskaber.

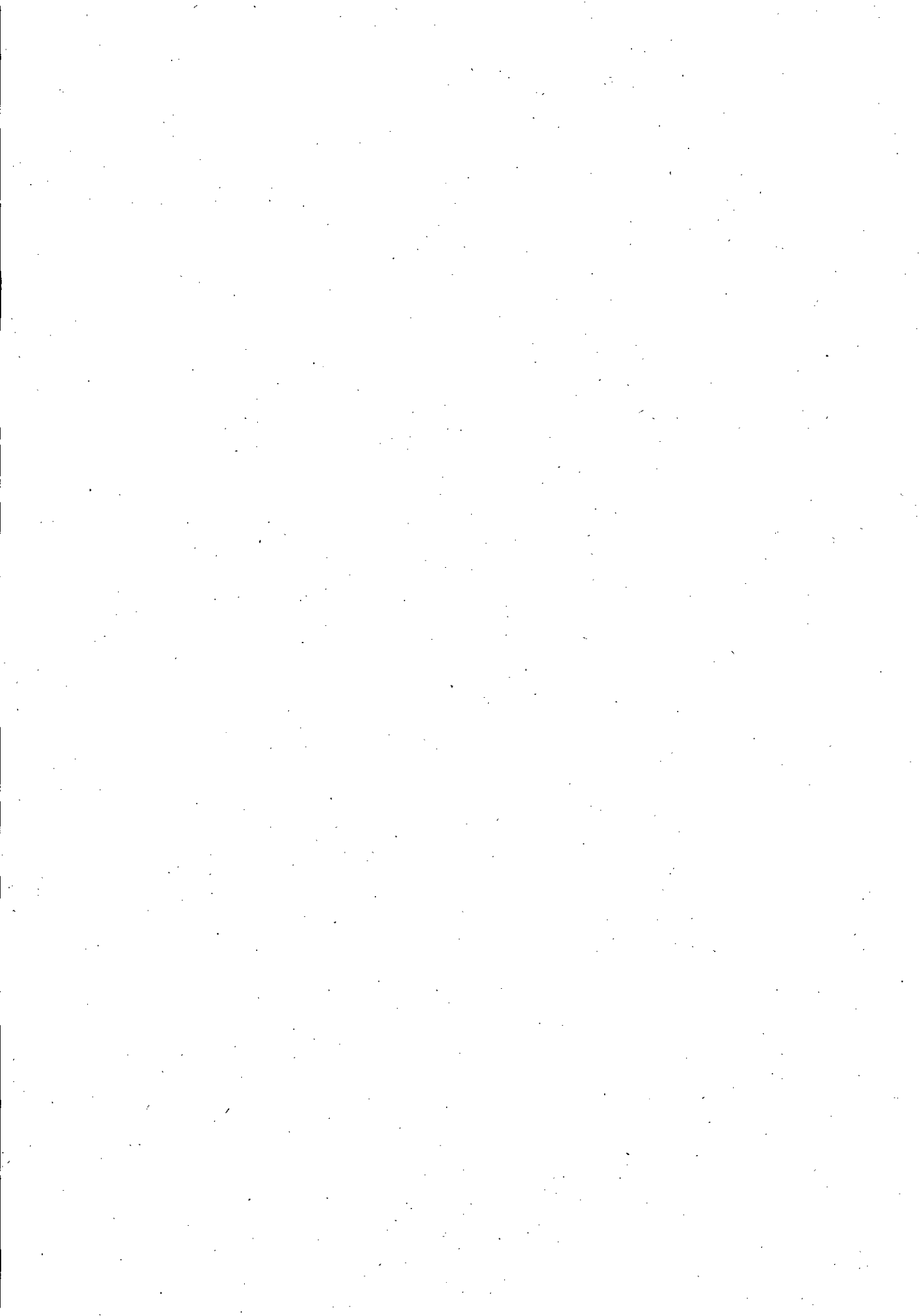
EVOH forventes således at blive nedbrudt på depot hurtigere end de fleste andre plastmaterialer. Eventuelle additiver vil blive frigivet i denne forbindelse.

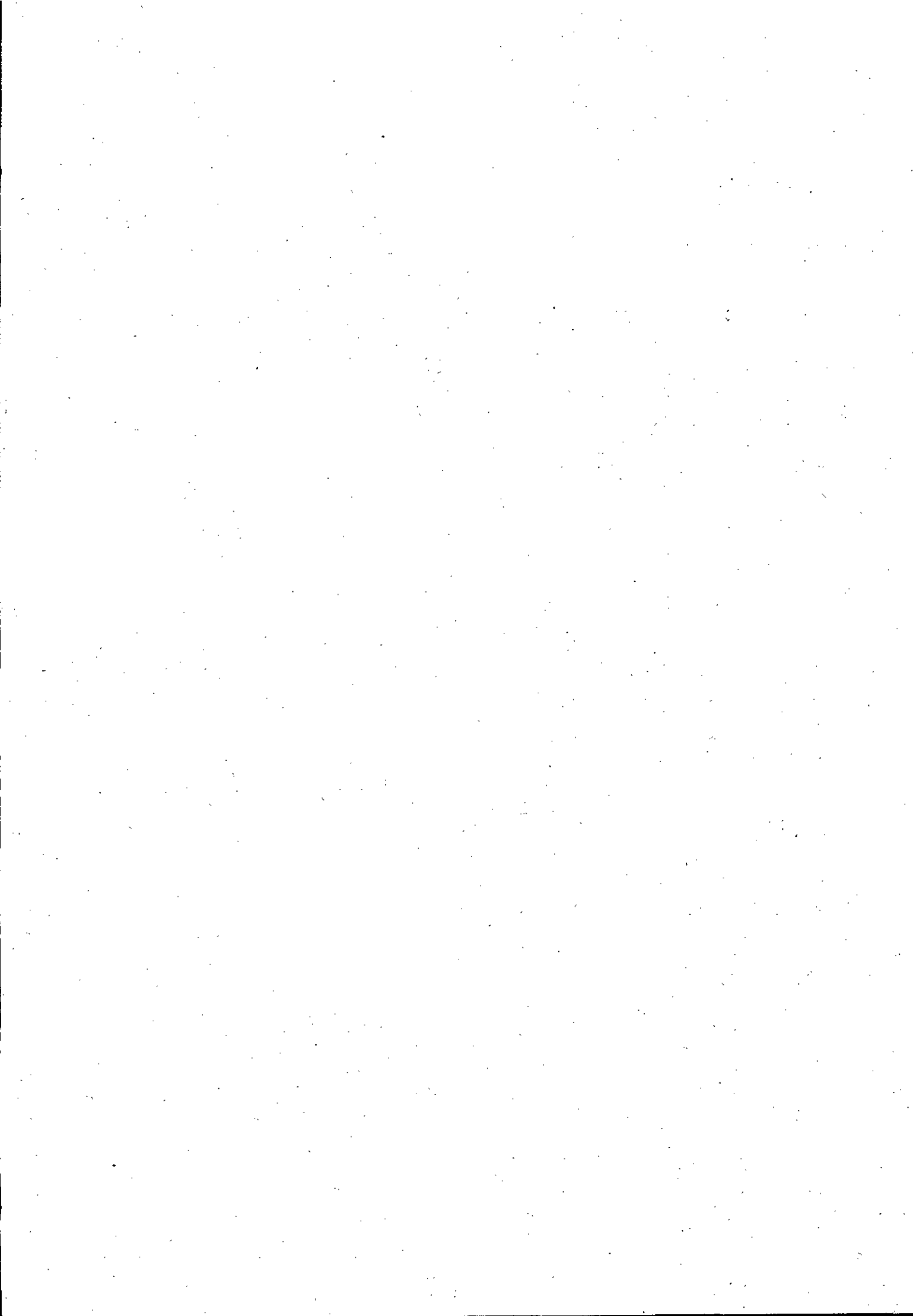
5 Litteratur

- 1) Boustead, I. (1993): Eco-profiles of the European plastics industry, Report 3: Polyethylene and Polypropylene, A Report for The European Centre for Plastics in the Environment.
- 2) Boustead, I. (1993): Eco-profiles of the European plastics industry, Report 2: Olefin Feedstock Sources, A Report for The European Centre for Plastics in the Environment
- 3) Schmidt A, Engel Hansen L, Hoffman L, Larsen J, Elvestad K (1992): Miljøvurdering af ethylen-vinylacetat-copolymer (EVA), Dansk Teknologisk Institut, Miljøteknik. ; Miljøprojekt 228 (1993).
- 5) 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.
- 6) Du Pont (1993): Preliminary Data Sheet for "Selar" Ethylene Vinyl Alcohol Resin.
- 7) Kitchel F T (1991). Regrind utilization in EVOH barrier structures. Tappi Journal, march 1991.11
- 8) Foster, Ronald H. (1989): Ethylene-vinyl alcohol copolymers. I Modern Plastics Encyclopedia.
- 9) Jelen, Pavel (1988): Food Packaging. I Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry vol. A11. VCH Verlag Gesellschaft, Weinheim, Tyskland.
- 10) Elam, Edward U. (1980): Esters, organic. Kirk-Othmer (ed): vol. 9. Encyclopedia of Chemical Technology. Johan Wiley R Sons. New York.
- 11) Cincera, David L (1983): Vinyl Polymers (vinyl Chloride). Kirk-Other (ed). Encyclopedia of Industrial Chemistry. vol 23. Encyclopedia of Chemical Technology.
- 12) Kuraray Co., LTD, Japan (1993). Introduction to EVAL. Resins.

- 13) Nisted, Torben. Forbrænding af forskellige plastmaterialer. Notat i Ottesen, Lars M. (1987). Miljøstyrelsen. Miljøprojekt 87.
- 14) Schmitz, Peter, 1988; Janacha, Sigfried, (1988). Films. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Vol. A11. VCH Verlag Gesellschaft, Weinheim, Tyskland.
- 15) Schwarzenbach, Dr. K, Antioxidants (1987). In: Gächter & Müller (ed). Plastics Additives 2ed edition.
- 16) Gabriele, Michael C. Barrier Resins. Plastics Technology, July 1991.
- 17) Müller, Helmut: Light stabilizers for Thermoplastics, (1987) Plastics Additives Handbook, Gächter and Müller (ed)
- 18) Bratz, Walter (1987). Gächter and Müller (ed): Plastics Additives Handbook. Lubricants.







REGISTRERINGSBLAD

Udgiver: Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K

Serietitel, nr.: Miljøprojekt, 287

Udgivelsesår: 1995

Titel:

Miljøvurdering af EVOH og EVA

Undertitel:

Plastmaterialet ethylen-vinylalkohol samt supplement til miljøvurdering af plastmaterialet ethylen-vinylacetat copolymer

Forfatter(e):

Møller, Susanne; Jelnes, Jens Erik; Færgemann, Henriette

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-vinylalkohol (EVOH) vurderet i hele materialets livscyklus. Da materialet EVOH er et potentielt alternativ til PVC, er det vurderet relativt til PVC. Rapporten indeholder desuden et supplement til den vurdering af ethylen-vinylacetat copolymer (EVA), der tidligere er offentliggjort i "Miljøvurdering af EVA", Miljøprojekt 228.

Emneord:

polyetylenvinylacetater; livscyklusvurdering; PVC; substitution

ISBN: 87-7810-327-4

ISSN: 0105-3094

Pris (inkl. moms): 65 kr.

Format: A4

Sideantal: 28

Md./år for redaktionens afslutning: januar 1995

Oplag: 400

Andre oplysninger:

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

Tryk: P. J. Schmidt Tryk, Vojens

Trykt på 100% genbrugspapir Cyclus