

Miljøprojekt nr. 133

1990

PVC i byggeri og anlæg

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

Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Miljøprojekt

- Nr. 80 : Svømmebade og sygdomsrisici
- 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 : Sprøjtefri 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

Miljøprojekt nr. 133

1990

PVC i byggeri og anlæg

**Muligheder for samt tekniske og økonomiske
konsekvenser af at substituere PVC i byggeri og anlæg**

COWIconsult A/S

**Miljøministeriet
Miljøstyrelsen**

INDHOLDSFORTEGNELSE

1. Indledning	5
2. Sammenfatning	9
3. Anvendelse af PVC	17
4. PVC og vigtige alternative materialer .	21
4.1 Polyvinylchlorid, PVC	21
4.2 Alternative plasttyper	23
4.3 Aluminium	26
4.4 Træ	28
5. Generelle udviklingstendenser	31
5.1 Udvikling i forbrug og anvendelse af PVC	31
5.2 Udvikling af PVC-produkter	32
5.3 Regulering af PVC-anvendelsen	32
6. Miljøvurderinger	35
6.1 DTI's resumé og miljøvurderinger	35
6.2 Beton	46
6.3 Ler	46
6.4 Stål	47
7. Begrænsninger i substitution	49
8. Produktgennemgang	53
8.1 Rørprodukter	53
8.2 Kabler	69
8.3 Vinduesprofiler	85
8.4 Tagdækningsmaterialer	90
8.5 Profiler og lister	93
8.6 Ovenlys, lyspaneler, m.m.	94
8.7 Skilte	96
8.8 Folier	96
8.9 Gulv- og vægbelægninger	97
9. Økonomiske aspekter af PVC-substitution	101
10. Liste over forkortelser	113
11. Reference- og litteraturliste	115

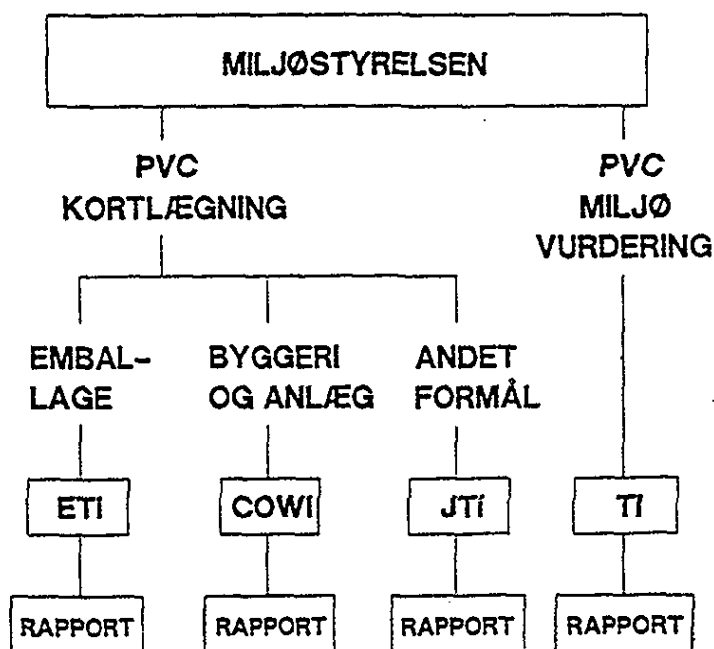
Bilag: 117

1. Stærkstrømsreglementet af 1962,
afsnit 7, 3.udgave, Bilag 1
2. Oversigt over gældende Dansk Standard
for plastrør og fittings
3. Oversigt over gældende Dansk Standard
for betonrør og lerrør

1 Indledning

Miljøstyrelsen har igangsat en analyse af PVC-forbruget i Danmark dels for at kortlægge anvendelsen af PVC, dels for at undersøge mulighederne for at substituere PVC med andre materialer. Disse analyser foretages af tre virksomheder: Emballage & Transport Instituttet, som behandler emballage, COWIconsult, som behandler byggeri og anlæg, og Jysk Teknologisk, der behandler PVC til andre formål.

Sideløbende med de 3 kortlægningsprojekter foretager Dansk Teknologisk Institut - på tværs af projekterne - en vurdering af de miljømæssige konsekvenser af at erstatte PVC med udvalgte alternative materialer. DTI's sammenfatning af disse vurderinger er gengivet i afsnit 6.



Formål

Formålet med projektet er "at beskrive mulighederne for og de tekniske, økonomiske og miljømæssige konsekvenser af at vælge andre materialer end PVC og andre klorholdige plastmaterialer inden for de forskellige anvendelsesområder i byggeriet."

Følgegruppe

Samarbejdet med en bredt sammensat Følgegruppe har været en forudsætning for gennemførelse af projektet. Følgegruppen består af:

Miljøstyrelsen:

Eva Lise Bendixen
Aase Styrmer

Forbrugerrådet:

Henrik Søndergaard

Håndværksrådet:

Kaj Schmidt, Gulvbranchens Arbejdsgiverforening
Bent Jensen, Dansk VVS-Installatør Forening
Erik Hansen, Primo System Vinduet
Niels Strange, HO Byggefagenes Mesterforening

Byggefagenes Kooperative Landssammenslutning:

Finn Gertsen, NBT A/S af 1988

Industrirådet/Plastindustrien i Danmark:

Flemming Grunnet, Primo-Plast A/S
Kaare Hastrup, NKT A/S
Erling Kalriis, Nordisk Wavin A/S

Handelskammeret:

Finn Grabau, Hoechst Danmark A/S

Entreprenørforeningen:

Sven Konradsen, as Jens Villadsens Fabrikker

Byggefagenes Landssammenslutning:

Niels Tobiasen, Blik- og Rørarbejderforbundet

Praktiserende Arkitekters Råd:

Jørgen Nicolaisen, Arkitektfirmaet Helsted, Madsen & Thompson ApS

Jysk Teknologisk:

Aage S. Hillersborg

Danmarks Naturfredningsforening:

Stig Helmig

Foreningen af rådgivende Ingeniører:

Ole Jørgensen, N&R Consult A/S

Kommunernes Landsforening og Stadsingeniørforeningen:

Per Friis Jensen

Skov- & Naturstyrelsen:

Henrik J. Winther

Indsamlingen og behandlingen af oplysninger, samt de tekniske og økonomiske vurderinger er blevet diskuteret og korrigeret under møder med Følgegruppen. COWIconsult takker Følgegruppens medlemmer for deres medvirken ved dette projekt.

Videnindsamling

Indsamlingen af oplysninger er bl.a. baseret på tal fra Danmarks Statistik, interviews med virksomheder samt virksomhedsbesøg. Denne indsamling af oplysninger var særdeles vanskelig, idet Danmarks Statistik's oplysninger ikke umiddelbart var anvendelige, og indhentning af

oplysninger om forbrug etc. gennem telefoninterviews heller ikke var en anvendelig metode. Videnindsamling er derfor primært sket ved virksomhedsbesøg samt oplysninger fra Miljøstyrelsens miljørapport nr.87/1987 (1985-tal).

Til indsamling af oplysninger om såvel PVC som alternativer er der udarbejdet fire arbejds-skemaer med følgende temaer:

- produktions-, installations- og vedligeholdelsesprocesser
- tekniske egenskaber - fordele/begrænsninger
- økonomi
- påvirkning af ydre miljø, arbejdsmiljø og indeklima

For hver produktgruppe er der foretaget en evaluering af de indhentede oplysninger samt udarbejdet et skema, der sammenligner PVC-produktet med mulige alternativer.

For mange produktgrupper er det vanskeligt at fastlægge de økonomiske konsekvenser, som en substitution vil medføre. Flere produktgrupper indeholder mange dimensioner, typer, m.m. af et produkt, og det kan derfor ikke entydigt afgøres, om et alternativt materiale er dyrere eller billigere. I beskrivelsen er udvalgt 2-3 typiske anvendelser af produkterne.

Begrænsninger

Det har været nødvendigt at fastlægge et abstraktionsniveau, således at mindre - i relation til PVC-forbruget - betydende produkter af PVC ikke behandles, eller kun omtales kortfattet. Ligeledes er detaljeringsniveauet for angivelse af forbruget angivet ved "hele hundrede tons/år".

Rapporten beskriver skønsmæssigt 90% af den anvendte mængde PVC-compound inden for byggeri og anlæg.

Dette svarer til ca. 60% af den samlede mængde PVC-compound, der bliver forbrugt i Danmark (1985).

Baggrund

Kriteriet for valg af alternativer til PVC er udelukkende vurderet ud fra materialemæssige og ikke miljømæssige egenskaber.

Følgegruppen for dette projekt har ikke medvirket ved den miljømæssige vurdering.

Rapportens
opbygning

De følgende afsnit i rapporten er bygget op
som følger:

Afsnit 3, Anvendelse af PVC, beskriver tomtrentlige mængder PVC, der anvendes til forskellige produkter.

Afsnit 4, PVC og vigtige alternative materialer, beskriver dels PVC og dels alternative materialer, hvad angår tekniske data og egenskaber.

Afsnit 5, Generelle udviklingstendenser, beskriver udviklingen i anvendelse af PVC samt mulige materialer til substitution.

Afsnit 6, Miljøvurdering, er en afskrift af resuméet fra DTI's rapport om miljøvurderinger, samt COWiconsult's egne overordnede vurderinger.

Afsnit 7, Begrænsninger i substitution, beskriver hvilke love, standarder, normer, m.v. - såvel danske som udenlandske - der begrænser en evt. substitution, samt i hvilket omfang de evt. skal laves om, for at substitutionen bliver mulig.

Afsnit 8, Produktgennemgang, giver et samlet overblik over PVC-produkter i byggeri og anlæg samt hvilke alternativer, der er relevante.

Afsnit 9, Økonomisk vurdering, viser de økonomiske konsekvenser ved en substitution, illustreret med relevante eksempler.

2 Sammenfatning

PVC er et meget anvendt materiale inden for byggeri og anlæg, der gennem en produktudvikling er gjort velegnet og hensigtsmæssigt til mange formål.

PVC-materialets egenskaber kan varieres ved tilsætning af hjælpestoffer. Disse hjælpestoffer kan bl.a. påvirke styrke, sejhed, formbarhed og pris. PVC kan leveres glasklart eller gennemfarvet.

Det må konstateres, at det er teknisk muligt at substituere en væsentlig del af den anvendte PVC inden for byggeri og anlæg, men der vil i nogle tilfælde være tale om et "teknologisk" tilbageskridt og i andre tilfælde en forøgelse af omkostningerne.

Ved en teknisk mulig substitution forstås, at der på markedet eksisterer et produkt, eller det er muligt at producere et produkt, som kan erstatte PVC-produktet. Økonomisk mulig substitution forstås som anvendelsen af et alternativ, der ikke indeholder chlor eller andre halogener, og som kan anskaffes inden for samme prisramme.

For mange produkter gælder dog, at det er vanskeligt på nuværende tidspunkt at anvise et alternativt halogenfrit plastmateriale. Dette vil i de fleste tilfælde kræve et betydeligt udviklingsarbejde i relation til såvel materialer som produktionsudstyr. En omstillingsproces fra PVC til et alternativt plastmateriale skønnes i mange tilfælde at kræve en udviklingsperiode af størrelsesordenen 2-5 år.

Hvis det er nødvendigt at udvikle plastmaterialer, der i dag er ukendte, er udviklingstiden betydeligt længere, normalt minimum 5-10 år.

For en meget stor del af de produkter, hvortil der i dag ikke findes plastalternativer, findes der andre alternative materialer. En substitution vil derfor medføre, at produkterne skal produceres i andre brancher end plastbranchen.

PVC-produkter inden for byggeri og anlæg vurderes for 80-90%'s vedkommende inden for en 3-årig periode at kunne substitueres med

produkter af alternative materialer. Dette er set ud fra en forudsætning om, at de fornødne råvarer er til stede. Hvis råstofprisen kan holdes på det nuværende niveau, vil en sådan substitution kun medføre begrænsede samfundsøkonomiske konsekvenser.

For de øvrige 10-20%'s vedkommende vil der i nogle tilfælde kunne foretages en substitution i løbet af 3-5 år, eller det vil være nødvendigt med en produktudvikling og godkendelse af nye materialer. Dette kan vare op til ca 10 år.

En substitution af PVC-produkter til produkter af andre kendte materialer vil i flere tilfælde medføre et dårligere produkt, teknisk set, f.eks. afløbsrør af beton, som ikke er lige så holdbare, og som lettere bliver utætte, end tilsvarende af PVC. Derudover vil mange alternative materialer til PVC resultere i øgede vedligeholdelseskostninger og kortere levetider.

Rørprodukter

Til afløbs- og trykrør af dimensioner under 160 mm findes i dag en række substitutioner, som er teknisk og økonomisk mulige. For at opnå en øget anvendelse af det mest nærliggende plastmateriale, PE, er det dog nødvendigt med en væsentlig udvidelse af produktionskapaciteten. Plastbranchen betvivler, om råvarerne på nuværende tidspunkt er til stede i nødvendigt omfang.

Til drænrør anvendes i dag i begrænset omfang ler- og PE-rør. Disse rør er teknisk anvendelige i forhold til PVC-rør. Substitution med lerrør kan være økonomisk mulig, afhængigt af jordbundsforhold og opgavestørrelse.

Til eksempelvis vejbygning foretrækkes betonrør i en vis udstrækning på grund af krav til mekanisk styrke.

Zink er et traditionelt anvendt materiale til nedløbsrør og tagrender. Det er teknisk anvendeligt, men levetiden er - specielt i et aggressivt luftmiljø - meget kortere end for PVC-materialer. Zink-produkter er væsentligt dyrere og kan ikke udføres som "gør-det-selv"-arbejde.

Det er i dag muligt i begrænset omfang at substituere el-rør af PVC med PE og stål. PE-rør markedsføres allerede nu, men anvendes mest i større dimensioner til nedlægning i jord.

Kabelprodukter . Kabelprodukter kan opdeles i 3 hovedgrupper: telekabler, installationskabler og forsyningskabler. PVC anvendes som kappe-, isolations- og fyldmateriale.

I telekabler anvendes nogenlunde lige store mængder af PVC-compound og PE til isolation.

Telekabler kan opdeles i kabler for lavfrekvenstransmission og kabler for højfrekvenstransmission. I kabler for transmission af lave frekvenser anvendes PVC som isolerende materiale, mens der i kabler for transmission af høje frekvenser anvendes PE på grund af bedre elektriske egenskaber.

Kappematerialet for begge kabeltyper er ofte PVC.

Det er muligt at substituere PVC-isolerede telekabler med PE-isolerede kabler.

I installationskabler anvendes næsten udelukkende PVC som isolations- og kappemateriale. I praksis er det kun i få, specielle tilfælde, at der anvendes andre materialer, eksempelvis ved krav om kulde- og varmebestandighed eller bøjelighed. Her anvendes typisk gummibaserede kabler. Substitution af PVC-isolerede kabler ved tilbagevenden til gummiisolerede kabeltyper vil medføre et teknisk kompromis med hensyn til levetid og mekaniske egenskaber. Denne substitution vil medføre en betydelig forøgelse af produktionsprisen for kablerne.

Det er i dag muligt at substituere installationskabler af PVC med halogen-frie kabler. Disse er DEMKO-godkendt, men det er nødvendigt med en udvikling af produktionsudstyret og råvareleverancerne.

Substitution af PVC-isolerede installationskabler med PE/PEX-isolerede kabler med brandhæmmet PE-kappe vurderes muligt, men vil medføre et teknisk kompromis og en forøgelse af produktionsprisen. Det tekniske kompromis vil indebære bedre elektriske egenskaber end PVC, mekaniske egenskaber, der er ligeværdige med PVC, og dårligere brandegenskaber end PVC. Der findes ikke et godkendt PE/PEX-installationskabel på markedet.

I forsyningskabler anvendes der af tekniske årsager ikke PVC som isolationsmateriale ved høje spændinger. Ved lavere spændinger an-

vendes PVC trods teknisk dårligere egenskaber, idet ingen andre materialer er prismæssigt konkurrencedygtige.

Som kappemateriale til forsyningskabler er PVC helt dominerende. Det vurderes dog, at der inden for de nærmeste år vil kunne ske en substitution af PVC med en brandhæmmet og UV-lysbestandig PE.

Vinduesprofiler Til vinduer findes alternative materialer, der markedsføres på lige fod med PVC, primært træ og aluminium. Der findes ikke i dag i Danmark alternative plastmaterialer, der er økonomisk konkurrencedygtige til fremstilling af vinduesprofiler.

Genanvendelse Generelt foregår der for alle produkter en udbredt genanvendelse af produktionsaffald. I et stigende omfang genbruges brugte PVC-rørprodukter ved, at producenterne dels modtager materiale, som har ligget for længe hos grossisten, eller er blevet beskadiget inden montering, og dels rør fra renoveringsopgaver, som så renses for urenheder, inden de genanvendes i produktionen.

Genanvendelse af brugte PVC-produkter i ny produktion foregår ved at granulere materialet og tilsætte granulatet til den nye compound.

Genanvendelse af PVC fra kabler foregår primært fra produktionsaffald. Der eksisterer ingen organiseret genanvendelse af PVC- og andre plastprodukter fra brugte kabler.

I udlandet foregår på forsøgsbasis genanvendelse af PVC fra vinduesprofiler. Disse opskæres og adskilles på specialfabrik.

Kommuner kan med hjemmel i bekendtgørelse om kommunale indsamlinger af genanvendelige materialer fra private husstande og erhvervs-virksomheder etablere indsamlingsordninger også med henblik på at genanvende plast.

Genvinding af plast fra erhvervsaffald er indtil videre begrænset til en enkelt type PE-plast (nemlig LDPE), idet der er afsætningsmuligheder for dette. Hvis der på længere sigt opstår afsætningsmuligheder for PVC-affald, vil det være muligt at udnytte bestemmelserne til også at etablere indsamlingsordninger for PVC-plast fra erhvervsaffald.

Teknisk mulig
hed for substi
tution af PVC

I skema 2.1 nedenfor er vist en oversigt over de tekniske muligheder for substitution af PVC med produkter, der i dag markedsføres eller produkter, det i dag er muligt at producere.

En økonomisk vurdering vil vise, at en substitution i mange tilfælde vil medføre en kraftig meromkostning i anlægsudgifter. En vurdering heraf kan fås fra sammenligningsskemaerne, som anført i rapportens afsnit 8.

<u>RØRPRODUKTER</u>				
<u>Afløbsrør</u>	<u>PVC</u>	<u>PE</u>	<u>Beton 2)</u>	<u>Støbejern</u>
Dimension mm	32-630	32-630 1)	100-1000	65-200
Mulig subst. mm	32-110	100%	20% 4)	50%
Mulig subst. mm	160-315	50% 3)	100% 4)	75% 5)
Mulig subst. mm	større dim.	100%	100% 4)	0
<u>Drænrør</u>	<u>PVC</u>	<u>PE</u>	<u>Beton</u>	<u>Ler</u>
Dimension mm	50-180 mm	80-200	80-400	55-200
Mulig subst. mm	50-180 mm	50% 3)	100% 3)	100%
<u>Trykrør</u>	<u>PVC</u>	<u>PE</u>	<u>Støbejern</u>	<u>ABS</u>
Dimension mm	50-500	50-500 1)	80-300 1)	12-315 1)
Mulig subst. mm	50-500	100%	50-100%	50-100%
<u>Nedløbsrør</u>	<u>PVC</u>	<u>Zink</u>	<u>GUP</u>	
Dimension mm	75-110	64-118	75-110	
Mulig subst. mm	75-110	100%	80%	
<u>Tagrender</u>	<u>PVC</u>	<u>Zink</u>	<u>GUP</u>	
Dimension størr.	10-11-12	10-11-12 11)	10-11-12	
Mulig subst. størr.	10-11-12	100%	80%	
<u>El-rør</u>	<u>PVC</u>	<u>PE</u>	<u>Stål</u>	
Dimension mm	16-90	62-130	16-40	
Mulig sub. indvendig i jord	16-90	10% 12)	40%	
	62-130	100%	0%	
<u>Ventil, kanaler</u>	<u>PVC</u>	<u>PE</u>	<u>Stål</u>	
Mulig sub. runde firkant.		10% 6)	70%	
		100% 7)	70%	
<u>KABELPRODUKTER</u>				
Forsyningskabler	PVC	PE		
Mulig subst.		100% 8)		
Telekabler	PVC	PE		
Mulig subst.		100%		
Installationskabler	PVC	PE	Gummi	PEX-EVA/PE
Mulig subst.		100% 9)	100 13)	100% 14)
<u>VINDUESPROFILER</u>				
	PVC	Træ	Aluminium	Træ/Alu.
Dimension	Alle 10)	Alle 10)	Alle 10)	Alle 10)
Mulig subst.	Alle	100%	100%	100%

Skema 2.1: Tekniske muligheder for substitution af PVC med produkter, der i dag markedsføres, eller produkter, det i dag er muligt at producere. Der er i skemaet ikke taget højde for de miljømæssige og økonomiske vurderinger.

Noter

- 1) Kan produceres i større dimensioner
- 2) Betonrør bruges kun i jord
- 3) Fittingsprodukter er ikke udviklet
- 4) Korrosionsmæssig dårlig
- 5) Indtil 200 mm
- 6) Produktudvikling mangler
- 7) Kan produceres efter opgave
- 8) Substitution af stikledninger (indføring i bygning) mulig over en årrække
- 9) Substitution mulig over en årrække. Kabeltypen er udgået af produktion. Prøvningsbestemmelser eksisterer
- 10) Alle de dimensioner der bliver fremstillet i PVC-profiler
- 11) Medfører kortere levetid i aggressivt miljø
- 12) Produceres ikke i små dimensioner
- 13) Substitution mulig over en årrække. Prøvningsbestemmelser eksisterer
- 14) Halogen-fri kabeltype kan produceres og leveres. Godkendelse foreligger

3 Anvendelse af PVC

Det har ikke været muligt inden for dette projekts rammer at fremskaffe officielle opdaterede tal og oplysninger om:

- forbrug
- produktion
- import/eksport

af PVC-resin, PVC-compound, PVC-halvfabrikata og PVC-helfabrikata.

Som baggrund for prioritering af hvilke produktgrupper, der beskrives i denne rapport, er anvendt oplysninger fra "Miljøprojekt nr.87, Substitution af PVC-plast med andre plastmaterialer, Miljøstyrelsen, 1987" /1/. Taloplysninger herfra er fra 1985, se skema 3.1.

Derudover er søgt oplysninger hos Danmarks Statistik, men da disse oplysninger er grupperet på en anden måde, end der her er behov for, kan disse kun pege på generelle udviklingstendenser.

<u>Blød PVC</u>	
Kabler, ledninger	7.000 tons
Gulv- og vægbeklædn.	5.300 -
Slanger	3.700 -
Profiler	400 -
Diverse	500 - 16.900 tons
<u>Hård PVC</u>	
Mufferør	16.300 tons
Fittings	2.100 -
Andre rør	9.000 -
Vinduer, døre, m.m.	3.300 -
Tagrender, ovenlys, m.m.	2.300 - 33.000 tons
I alt: blød + hård PVC	49.900 tons

Skema 3.1

Årlig forsyning af PVC-produkter (produktion + nettoimport), anvendt inden for byggeri og anlæg (1985). De anførte mængder er PVC-compound /1/.

Der er i skema 3.1 ikke taget hensyn til hvor stor en mængde PVC-resin, der er anvendt inden for de enkelte produktgrupper. Under forudsætning af ca 50% PVC-resin i en blød PVC og ca 90% PVC-resin i en hård PVC fås det i skema 3.2 anførte forbrug af PVC-resin i 1985.

	PVC-compound tons	PVC-resin tons	% af total
Rørprodukter	27.400	24.500	64
Kabelprodukter	7.000	3.500	9
Vinduer, døre, m.m.	3.300	3.000	8
Gulv- og vægbeklædn.	5.300	2.700	7
Tagrender, ovenlys, mm.	2.300	2.100	6
Slanger	3.700	1.850	5
Profiler	400	200	0,5
Diverse	500	250	0,7
Total	49.900	38.100	100

Skema 3.2

Forsyning af PVC-compound, PVC-resin og oversigt over procentuel anvendelse af PVC-resin i 1985. Efter /1/.

Som det fremgår af skema 3.2, anvendes størstedelen af den samlede mængde PVC-resin inden for ganske få produktgrupper.

Opdatering af 1985-tallene

Leverandører og producenter har i stor udstrækning bidraget med oplysninger fra de seneste år, men der ligger store usikkerheder bag flere af disse tal. Det har ikke været muligt at opstille en samlet opgørelse over anvendelsen af PVC og nuværende alternativer. I skema 3.3 er opstillet de oplysninger, det har været muligt at fremskaffe for 1988. De anførte produktgrupper dækker skønsmæssigt 90% af det samlede forbrug af PVC-resin inden for byggeri og anlæg. Den resterende del er sammensat af en lang række forskellige produkter, der således kun i meget lille udstrækning bidrager til det samlede PVC-forbrug.

Oplysningerne i skema 3.3 må kun betragtes som orienterende. De giver kun et groft skøn over materialeforbruget indenfor de nævnte produktområder.

	PVC-compound tons/år	PVC-resin tons/år	Alternativer
Rørprodukter i alt	31.000	28.000	
- drænrør	3.000	2.000	Ler, PEH, beton
- afløbsrør	14.000	12.000	Beton, PEM, støbe- jern, stål, ABS ³⁾
- trykrør	10.000	9.000	PEH/PEM, ABS ³⁾ , stål, støbejern
- el-rør	3.000	2.000	PEH
- tagrender/ nedløbsrør	2.200	2.000	Zink
- ventilationskanaler	100	90	PE, stål
Kabelprodukter i alt ²⁾	15.000		
- installationskabler	12.000	5.000	Gummi, PE/PEX
- telekabler	1.000	400	PE/PEX
- forsyningskabler	2.000	1.000	PE/PEX
Vinduesprofiler ¹⁾	(3.000)	(2.000)	Træ, aluminium
Tagbelægning			Polymertagpap, CPE, PE, EPDM, m.fl.
Ovenlys, lyspaneler, m.m.			PMMA, PC, GUP
Profiler, lister			Træ, aluminium, stål, m.fl.
Folier			PE, EPDM, m.fl.
Skilte			PMMA, PC, aluminium, PS, m.fl.
Isolering			PUR, PS, m.fl.
Væg- og gulvbeklædning			PMMA, GUP, linoleum, m.fl.

Skema 3.3

Skønnet forsyning af PVC-produkter og oplysninger om nærliggende alternativer inden for byggeri og anlæg i 1988 baseret på oplysninger fra leverandører og producenter

¹⁾ Oplysningerne for vinduesprofiler er fra 1985

²⁾ Forskellen i den angivne compound-mængde for 1985 og 1988 skyldes dels stor stigning i forbruget og dels forskel i opgørelse og indhentning af data

³⁾ ABS er endnu ikke godkendt til drikkevandsrør i Danmark

Miljøstyrelsen, "Plastindustrien i Danmark", Danmarks Statistik og Jysk Teknologisk har i 1988 påbegyndt et projekt med det formål at udarbejde en årlig materialestrømsanalyse efter fastlagte retningslinier. Oplysningerne for 1989 forventes ifølge Miljøstyrelsen offentliggjort i foråret 1990. Herefter er det muligt at revidere alle taloplysninger i nærværende rapport.

4 PVC og vigtige alternative materialer

I de efterfølgende afsnit gennemgås en række egenskaber ved PVC og de vigtigste alternative materialer. En fuldstændig gennemgang af materialerne er meget omfattende. Der henvises til speciallitteraturen /1/, /2/, /3/, /4/, /5/ og /6/.

4.1 Polyvinylchlorid, PVC

Fremstilling

PVC fremstilles af gasarterne acetylen og chlorbrinte, der ved reaktion danner gasarten vinylchlorid. Polyvinylchlorid fremstilles derefter ved polymerisering af vinylchloriden. Slutproduktet foreligger som et pulver, PVC-resin. Herudfra kan der dannes PVC-compound ved tilsætning af hjælpestoffer/additiver, således at forskellige egenskaber kan opnås.

Der skelnes mellem blød PVC og hård PVC.

De almindeligste produktionsmetoder for PVC-compound er:

- ekstrudering (sprøjtning, strengpresning)
- sprøjtestøbning
- kalandrering
- strygning
- dypning
- evt. opskumning

Sammensætning

Af hensyn til det endelige PVC-produkts funktion og holdbarhed tilsættes en række additiver:

- blødgøringsmidler (for blød eller svagt blødgjort PVC) op til 50% af f.eks. phtalsyreester, aliphatiske estre af dicarbonsyre, alkylsulfonsyreester af phenoler
- stabilisatorer og antioxidant indeholdende op til 2% metal-organiske forbindelser af organiske syrer og Ba, Zn, Pb, Cd. Cd anvendes kun på dispensation
- farvepigmenter, uorganiske metaloxider op til 0,5 - 1,0 vægt% (kan indeholde f.eks. Ti, Cu, Cr, Ni, Pb)
- smøremidler; normalt ca 1%, men op til 4% indhold af f.eks. Ca-stearat, stearinsyre, fedtsyreester, voks eller glycerinmonostearat

- fyldstoffer; op til 50% indhold af f.eks. kridt, kaolin, glasfiber, carbon black, talkum, dolomit, silikater, stenmel, zink-oxid, m.m.
- brandhæmmende midler, ofte chlor- og bromholdige komponenter (ofte kun i blødgjort PVC)
- røgdepressorer, f.eks. aluminiumtrihydrat, antimontrioxid-metaller, blandinger af kobberoxid og molybdæn-oxid
- antistatiske additiver, f.eks. alkylsulfonater, sulphater, phosphater, m.v.

Den aktuelle sammensætning af det enkelte PVC-produkt afhænger af dets funktion og de ønskede egenskaber med hensyn til hårdhed, styrke, elasticitet og farve, m.m.

Tekniske egenskaber

Densiteten af hård PVC er 1300-1500 kg/m³, og for blød PVC 1200-1400 kg/m³.

Styrke- og elasticitetsegenskaberne for PVC-produkter kan i meget vid udstrækning varieres med den geometriske udformning og sammensætning af compound.

Hård PVC er generelt kuldebestandigt og kan anvendes til udendørs brug. Det er i så fald nødvendigt med UV-stabilisatorer.

PVC er ustabil ved temperaturer over 70°C. Afhängigt af de tilsatte stabilisatorer påbegyndes en blødgøring af materialet.

PVC's elasticitet falder kraftigt ved temperaturer under frysepunktet.

Hårde PVC-produkter har en længdeudvidelseskoefficient på 0,08 mm/m°C, og en varmeledningkoefficient på 0,15-0,20 W/m°C.

Brand

PVC er selvslukkende, dvs. udsættes PVC for åben ild, kan det brænde, men fjernes flammen, ophører det med at brænde. Materialets antændelsestemperatur er ca 390°C. Den nedre brandværdi af PVC er 15 MJ/kg.

Blød PVC kan brænde i en hed atmosfære på nogle 100°C, og det brænder - såfremt der ikke er tilsat brandhæmmende midler - normalt bedre end

hård PVC. Stærk blødgjort PVC uden brandhæmmende midler er normalt ikke selvslukkende.

Ved brand udvikler PVC chlorbrinte, som i forbindelse med vand danner saltsyre. Saltsyre kan forårsage alvorlig korrosion i tekniske installationer, m.m. Derudover er chlorbrinte sundhedsskadelig.

Desuden vil PVC under brand udvikle andre sundhedsskadelige stoffer, jf. rapport fra Teknologisk Institut.

Overflade

Gennemfarvet PVC får kun beskedne farveændringer i løbet af 10-20 år. Direkte sollys kan dog medføre en falmning af mørkfarvet PVC i løbet af 4-6 år, hvilket i nogen grad kan modvirkes ved tilsætning af UV-stabilisatorer.

Bearbejdning

Hårde PVC-produkter kan bearbejdes ved afskæring, boring, fræsning, slibning, m.m. Bukning kan foretages efter en kortvarig opvarmning til ca 70°C.

Produkterne kan samles ved limning, svejsning, nitning og med mekaniske samlingsmetoder.

Vedligehold

PVC-produkter kræver i de fleste anvendelser kun et meget begrænset vedligehold.

Af æstetiske årsager kan en periodevis rengøring/afrensning være påkrævet, alt afhængig af omgivelsernes aggressivitet. Til rengøring anvendes almindelige rengøringsmidler.

Levetid

Ved almindelig brug kan hovedparten af PVC-produkter anvendt inden for byggeri og anlæg forventes at have en levetid på over 30 år.

Den nøjagtige levetid for et PVC-produkt anvendt inden for byggeri og anlæg kendes ikke, men en væsentlig del af produkterne er afprøvet ved ældningsforsøg, der antyder levetider på 50-100 år under normal anvendelse og påvirkning.

4.2 Alternative plasttyper

Der anvendes i byggeri og anlæg en række plasttyper som alternativ til PVC. De vigtigste alternative plasttyper samt disses egenskaber i forhold til PVC fremgår af følgende skema 4.1.

	PVC(hård)	PEL	PEH	PP	PMMA	PS	ABS	PC	GUP
Densitet kg/m ³	1400	910-925	945-965	900-910	1120-1180	1050	1040-1060	1200	2000
Længdeudv.koeff., mm/m°C	0,05-0,20	0,2	0,2	0,1-0,2	0,08	0,08	0,06-0,12	0,07	0,1-0,5
E-modul, bøjning, 1000 N/mm ²	2-3	0,2-0,5	0,6-1,0	1,2-1,4	2,6	3,0-3,2	2,6	2,2-2,5	3,5-17,5
Varmeledn.koeff., W/m°C	0,15-0,20	0,25-0,35	0,40-0,50	0,22	0,18	0,18	0,18	0,20	0,4-0,8
Max.anvendel- sestemperatur °C	70	80	95	120	90	60-80	70	130-135	100-170
Nedsat styrke ved temp. under °C	-5	<-40	<-40	0 til -10	<-40	<-40	0 til -40	<-40	ca -40
Limbarhed	ja	dårlig	dårlig	dårlig	ja	ja	ja	ja	ja
Kemikaliebestan- dighed v. 20°C (generelt)									
- syre	meget god	meget god	meget god	meget god	god	meget god	god	god	god
- base	meget god	meget god	meget god	meget god	meget god	meget god	meget god	dårlig	dårlig
- org.opløsn. midler	(dårlig)	god	god	god	dårlig	dårlig	(dårlig)	god	-
Brændbarhed	ja, men- selvsluk.	ja, selv- brændende	ja, selv- brændende	ja, selv- brændende	ja, selv- brændende	ja, selv- brændende	ja, selv- brændende	ja, selv- brændende	ja, selv- brændende
Forbrændings- produkter ved ufuldstændig for- brænding	a, b, c	a, (b), (c)	a, (b), (c)	a, (b), (c)	a, (c)	a, (b)	a, (b), (c)	a, (c)	a, (c)

Skema 4.1:

Oversigtsskema for PVC og alternative plastmaterialer.

Skemaet må kun betragtes som orienterende.

a: Kulilte; b: Giftige dampe/luftarter; c: Korroderende dampe/luftarter;

(): Afhængig af tilsetningsstofferne f.eks. brandhæmmende midler, men normalt kun ringe risiko

Kilde: Die Kunststoffe und Ihre Eigenschaften, Haus Dorninghaus, VDI Verlag, Düsseldorf, 1986
Plaster, Materialval og Materialdata, Sveriges Tekniskforbund, 1984
Perstorboken, 2. udgave, 1975

Det er forskellige fysiske/kemiske egenskaber, der har interesse ved valg af alternativer til PVC inden for de enkelte produktgrupper.

For drænrørs vedkommende er det især bøjelighed og kemikaliebestandighed (syre/base), der har interesse. Her ses, at der ikke er væsentlige forskelle på PVC og PE, udover at PE er lidt lettere at bøje end PVC. Desuden ses, at der ikke er væsentlige forskelle med hensyn til syre- og basebestandighed.

For afløbsrørs vedkommende er det især kemikaliebestandighed, der har interesse, og her ses, at PVC ikke er så bestandig over for opløsningsmidler som f.eks. PE og flere af de andre plasttyper.

Ved vurdering af trykrør og herunder specielt drikkevandsrør er det især afgivelse af stoffer til vandet samt styrkemæssige forhold, der har interesse. Skemaet indeholder ikke oplysninger om stofafgivelse. Med hensyn til styrke ses, at PVC har nedsat styrke, når temperaturen falder under -5°C , mens de fleste alternative materialers styrke først nedsættes ved betydelig lavere temperaturer. For ABS's vedkommende kan styrken dog nedsættes ved temperaturer højere end -5°C .

For tagrender og nedløbsrør er det især syrebestandighed og bøjelighed sammen med densitet, der er væsentligt. Som det ses af skemaet, er glasfiberarmeret, umættet polyester (GUP) ret stift, men også ret tungt. Der kan imidlertid opnås produkter med lille godstykkelser med samtidig bevarelse af stivhed, således at GUP rent teknisk er et egnet alternativ til PVC. Ingen af de andre plasttyper synes at have samme stivhed i forhold til vægt samt syrebestandighed, så de umiddelbart kan erstatte PVC.

For el-rørs vedkommende er det bl.a. temperaturbestandighed, der er afgørende. Her synes de fleste andre plasttyper at være lige så stabile som PVC. Kun PS er i visse tilfælde ringere.

For ventilationskanaler er det bl.a. kemikaliebestandighed, brandbarhed og udvikling af forbrændingsprodukter, der har interesse. Her ses, at de fleste alternative plasttyper er selvbrændende, mens PVC er selvslukkende. Til gengæld er risikoen for udvikling af sundhedsskadelige dampe større ved anvendelse af PVC-kanaler.

Med hensyn til kabler er det især egenskaber som bøjelighed og temperaturbestandighed, der har interesse. Af skemaet fremgår, at PE giver god bøjelighed og er anvendelig ved lige så høje temperaturer som PVC.

For vinduesprofiler er det bl.a. forhold som limbarhed, der er væsentlig. Af skemaet ses, at på dette felt kan PE/PP ikke erstatte PVC. Der ligger visse muligheder i nogle af de andre alternative plasttyper.

4.3 Aluminium

Aluminium er i en række tilfælde et relevant alternativ til PVC, bl.a. til vinduesprofiler, andre profiler, lister, udluftningshætter, skilte, m.m.

Fremstilling

Produkter af aluminium fremstilles ved:

- valsning
- ekstrudering, stangpresning
- støbning

Aluminium er et grundstof, som udvindes af lerarten bauxit.

Sammensætning

Aluminiumsprodukter til byggeriet fremstilles af en legering, hvori der indgår ca 85-95% ren aluminium. Legeringen indeholder desuden magnesium (Mg), silicium (Si) og mangan (Mn), samt zink (Zn), kobber (Cu), jern (Fe).

Legeringens sammensætning har stor betydning for materialets plasticitet, ydeevne, styrke, hårdhed, korrosionsbestandighed, holdbarhed, elektrisk modstand, bearbejdningsegenskaber, m.m.

Tekniske egenskaber

Aluminiums densitet er ca 2700 kg/m³.

Et aluminiumsprofils trækstyrke kan variere fra ca 50-60 MPa til 400 MPa, afhængigt af geometrisk udformning og legering.

Aluminium har en længdeudvidelseskoefficient på 0,024 mm/m°C, og en varmeledningkoefficient på 170 W/m°C.

Brand

Aluminium er ubrændbart, men smelter ved en temperatur på 550-660°C, afhængig af legeringens sammensætning.

Overflade	Aluminium opbygger selv en beskyttende oxidhinde, der gør materialet korrosionsbestandig. Modstanden over for korrosion kan yderligere forbedres gennem anodisering, dvs. en elektrokemisk overfladebehandling eller ved maling. Aluminium kan - udover anodisering - overfladebehandles ved: - mekanisk slibning og polering, anvendes primært af æstetiske årsager - kemisk behandling (glinsning og chromatering/fosfatering), anvendes ofte som forbehandlingsmetode for maling og lakering - coating (maling, lakering og plastbelægning), anvendes såvel af æstetiske årsager som af tekniske ditto (tilfører overfladen specielle egenskaber)
Bearbejdning	Aluminiumsprodukter er relativt lette at arbejde i form af afskæring, boring, stansning, drejning, bukning, fræsning, slibning, m.m. Til samling af aluminiumsemner kan anvendes: svejsning, lodning, limning, nitning og andre mekaniske samlingsmetoder.
Vedligehold	Aluminiumsprodukter kræver i de fleste anvendelser kun et meget begrænset vedligehold. Af overvejende æstetiske årsager kan en periodisk rengøring/rensning af produkterne være påkrævet. Hyppigheden heraf afhænger i høj grad af omgivelsernes aggressivitet. Til rengøring kan en sæbeopløsning anvendes. Soda- og syreholdige rensemidler bør ikke anvendes. Det beskyttende oxydlag på aluminiumsprofilerne er stabilt i miljøer med en lille pH-værdi mellem 4 og 8-9. Der er risiko for korrosion af aluminiumsprodukter, hvor disse er i kontakt med ædlere metaller, syrer, baser, havvand, m.v.
Levetid	Ved almindelig brug kan hovedparten af aluminiumsprodukter, anvendt inden for byggeri og anlæg, forventes at have en levetid på over 30 år.

4.4 Træ

Træ anvendes traditionelt i stor udstrækning inden for byggeri og anlæg og kan erstatte PVC på områderne: vinduesprofiler, øvrige profiler og lister.

Til byggeriet anvendes en række danske og nordiske træsorter samt eksotiske, importerede træsorter. Af de nordiske træsorter kan nævnes: Fyr, gran, bøg, eg, ask og valnød, m.fl. Af de eksotiske træsorter kan nævnes: Teak, mahogni, palisander, coto, maranti, limba, m.fl.

Ved valget af træsort er æstetik ofte af afgørende betydning. Prisen på de enkelte træsorter varierer meget, og inden for samme træsort varierer prisen afhængig af træets kvalitet.

Tekniske egenskaber

Træs tekniske egenskaber - styrke, elasticitet, form, stabilitet, holdbarhed, m.v. - afhænger i høj grad af træsort, bearbejdning, m.m.

Træets densitet er typisk i intervallet fra 400-600 kg/m³.

Bearbejdning

Træ er nemt at bearbejde. Imprægneret træ må dog ikke bearbejdes efter imprægneringen, da det beskyttende yderste lag af træet derved gennembrydes.

Brand

Træ er et brændbart materiale, som kan bidrage til udviklingen af en brand. Træ antændes ved ca 320°C.

Overflade

For at opnå en tilfredsstillende levetid for træ til udendørs anvendelse er det nødvendigt at forbedre træets naturlige holdbarhed ved kemisk beskyttelse i form af imprægnering eller overfladebehandling.

Som alternativ til PVC er det ikke relevant at betragte trykimprægneret træ. Til vinduer anvendes vakuumimprægnering: træet tilføres fungicider i en terpentinopløsning.

Vedligehold

Træprodukter, anvendt udendørs, skal - for at forebygge råd- og svampeangreb - overfladebehandles med et interval på 5-10.

Indendørs består vedligeholdet af træprodukter normalt i rengøring med f.eks. en sæbeopløsning, evt. ved slibning/lakering/maling

eller anden overfladebehandling. Behovet og dermed vedligeholdelsesintervallet afhænger af træsort og påvirkning. Ofte udføres vedligehold indendørs udelukkende af æstetiske hensyn.

Levetid

Jævnligt vedligehold af træ udendørs er nødvendig for at opnå en levetid på over 30 år.

Indendørs kan almindeligt vedligehold sikre en levetid på over 30-50 år.

5 Generelle udviklingstendenser

5.1 Udvikling i forbrug og anvendelse af PVC

Anvendelsen af PVC blev introduceret i Danmark i begyndelsen af 1950'erne. Forbruget af PVC som råvare i produktionen og som materiale i importerede færdigvarer er siden steget støt, dog tyder det på, at der er en vis stagnation sidst i 1980'erne.

I tabel 5.1 er vist udviklingen i forbruget af PVC i Danmark i perioden fra 1950 til 1983 dels i den totale PVC-mængde dels som eksempel i PVC-mængden til rørprodukter. Tallene er relative til indeks 100 i 1983.

	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1983	1985	1988
I alt	0,5	5	15	30	45	85	95	100	110	125
Rør	-	0,5	14	29	45	85	95	100	110	125

Tabel 5.1

Udviklingen i forbruget af PVC (regnet som compound), totalt og for PVC-rør, i Danmark. Forbruget i 1983 er tillagt index 100 /7/. Tallene for 1985 og 1988 er skønnet ud fra producentoplysninger.

Forbruget af PVC i Danmark medio 1980'erne er i alt opgjort til 77.800 tons pr år, regnet som compound, fordelt på ca. 31.000 tons blød PVC og ca. 46.800 tons hård PVC. Byggeri- og anlægssektoren lægger beslag på ca. 16.900 tons blød PVC og ca. 33.000 tons hård PVC. Alene forbruget af PVC til rør er opgjort til ca. 25.000 tons pr år /1/.

Bygge- og anlægssektoren lægger således beslag på hovedparten af det samlede PVC-forbrug. Endvidere har de fleste PVC-produkter, som anvendes i bygge- og anlægssektoren meget lang levetid, ofte over 30-40 år. Dette betyder, at en betydelig del af de store mængder PVC, som blev akkumuleret i samfundet i 1970'erne først kasseres efter år 2000.

Den akkumulerede mængde PVC-compound i byggeriet er opgjort til ca 800.000 t (1987) /1/. Med den vækst, som PVC-forbruget har haft siden, vil den samlede akkumulerede mængde PVC-compound i dag sandsynligvis have passeret 1 mio.t.

5.2 Udvikling af PVC-produkter

Anvendelsen af PVC har ikke blot undergået en markant mængdemæssig udvikling, men PVC er tillige udviklet kvalitetsmæssigt, bl.a. ved tilsætning og modificering ved hjælp af en lang række tilsætningsstoffer. PVC har dermed fundet anvendelse i en lang række nye produkter.

I vinduesproduktionen anvendes stadig cadmium og bly som tilsætning, men disse stoffer forventes - efter udtalelse fra branchen - at blive erstattet af andre mindre farlige stoffer inden for den nærmeste fremtid.

Prisen på PVC er samtidig faldet i forhold til andre materialer. Dette har betydet, at PVC på en lang række områder inden for byggeri og anlæg har kunnet fortrænge traditionelle materialer som træ, metal, beton, tagpap og tegl, m.v. Denne udvikling synes at fortsætte, omend visse af de traditionelle materialer nu synes at blive underkastet en produktudvikling, således at de på en række områder atter kan blive konkurrencedygtige.

5.3 Regulering af PVC-anvendelsen

Anvendelsen af PVC og PVC-holdige produkter reguleres på flere måder, dels de producerende virksomheders egen "regulering" i form af omkostningsvurderinger, markedsvurderinger, kvalitetsvurderinger, m.v., dels kan der forekomme nogle begrænsninger i form af økonomisk formåen og teknologisk udviklingspotentiale.

Brugerne har ligeledes indflydelse på udbudet af PVC-produkter via valget af materialer og produkter til opfyldelse af bestemte funktionskrav. Heri ligger overvejelser over kvalitet, design, pris, m.m.

Endelig har den statslige regulering indflydelse på anvendelsen af PVC og PVC-holdige produkter. I enkelte tilfælde kan der være tale om regulering, der fremmer anvendelsen af PVC, f.eks. Stærkstrømsreglementet, som foreskriver anvendelsen af PVC-kabler til en række nærmere angivne formål.

I andre tilfælde kan der være tale om regulering, der begrænser anvendelsen af PVC, f.eks. forskrifter om at anvende halogenfrie kabler til skibe og offshore. Så vidt det kan vur-

deres, har disse reguleringer indtil videre ikke medført nogen signifikant begrænsning af forbruget af PVC.

I lyset af de stigende miljøproblemer ved bortskaffelse af affald, specielt affald, der kan udvikle klorholdige forbindelser ved forbrænding, har miljømyndighederne i en række lande, f.eks. Sverige, Vest-Tyskland, Schweiz og Østrig i stigende grad interesseret sig for anvendelse og bortskaffelse af PVC.

Ydermere kan der forventes en produktudvikling af f.eks. PE og PP, som kan give disse produkter større markedsandele.

De reguleringsmetoder, der traditionelt tages i anvendelse ved regulering af miljøskadelige stoffer og produkter kan inddeles i:

- forbud
- kvoteordninger
- forbrugsafgifter
- indsamlingsordninger
- udviklingstilskud

De tre førstnævnte reguleringsmetoder vil have en umiddelbar begrænsende effekt på forbruget og anvendelsen af de stoffer og materialer, der reguleres. Den fjerde metode vil ikke umiddelbart have indflydelse på forbruget, og den sidstnævnte metode vil have en begrænsende effekt på lidt længere sigt.

Der findes efterhånden en del eksempler på, at den rette kombination af reguleringsmidler har medført både miljømæssige og konkurrencemæssige fordele. Dette er sket i form af substitution af miljøskadelige stoffer med mindre miljøskadelige.

Eksempler herpå er reduktion af formaldehydindhold i spånplader og anvendelsen af asbest i eternitplader. I begge tilfælde resulterede det offentliges indgreb i en produktudvikling, der ikke kun var til fordel for forbrugerne, men også - i en periode - skabte en markedsføringsfordel for producenterne.

Valget af reguleringsmetoder vil afhænge af en samlet vurdering, hvoraf nogle aspekter er belyst i denne rapport.

6 Miljøvurderinger

I dette afsnit gengives Dansk Teknologisk Institut's (DTI) resumé af den miljømæssige vurdering af PVC og udvalgte alternative materialer. Gengivelsen er skrevet med kursiv.

COWIconsult har i slutningen af dette afsnit foretaget en overordnet miljømæssig vurdering af beton, stål (støbejern) og ler. Dette er skrevet med normal skrift.

Det understreges, at COWIconsult's overordnede miljøvurdering ikke har været forelagt DTI's følgegruppe for kritik og kommentarer.

Følgegruppen for projektet: PVC i byggeri og anlæg, har ikke medvirket ved udarbejdelsen af hele afsnit 6 om miljøvurderinger.

6.1 DTI's resumé og miljøvurderinger

Afdelingen for Miljøteknik ved Dansk Teknologisk Institut har med støtte fra Rådet vedrørende genanvendelse og mindre forurenende teknologier gennemført en miljøvurdering af PVC og en række udvalgte alternative materialer. Vurderingen indgår som en del af grundlaget for Miljøministeriets forhandlinger med industrien og en række interesseorganisationer omkring en frivillig reduktion i forbruget af PVC. De udvalgte alternative materialer, som diskuteres i denne rapport, er:

- Polyethylen/polypropylen (PE/PP)
- Polystyren (PS)
- Polyethylenerephthalat (PET)
- Polyurethan (PUR)
- Kunstgummi (EPDM, CR og SBR)
- Vacuumimprægneret og overfladebehandlet træ
- Papir/pap
- Aluminium

Disse alternativer er udvalgt i samarbejde med Miljøstyrelsen og konsulenterne på de tekniske og økonomiske udredninger vedrørende alternative materialer til PVC på basis af de produktmæssigt set mest sandsynlige alternative materialer.

Det betyder ikke, at andre materialer ikke kan udgøre et alternativ, eller at der ikke kan være miljømæssige problemer forbundet hermed.

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

- fremstilling af råvarer
- forarbejdning til halvfabrikata
- produktion af færdigvarer
- forbrug
- 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 speciel 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 af 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.

For de udvalgte alternative materialer er der først foretaget en screening i samarbejde med interne og eksterne eksperter af elementerne i den specifikke matrix med henblik på at udpege de mest problematiske forhold og på basis heraf at afgrænse et kemisk "fingeraftryk" for materialet. Hermed menes de 4-5 kemiske stoffer eller situationer, som bedst beskriver de mulige miljøproblemer ved materialet.

For de enkelte materialer er der herigennem foretaget en indledende prioritering af materialets "miljøprofil", og de efterfølgende litteraturstudier og interviews er koncentreret om disse prioriteringer. For PVC gør der sig dog det forhold gældende, at der foreligger så megen litteratur, at vurderingsgrundlaget har været relativt bedre end for de øvrige materialer. Resultatet af de uddybende studier er som afslutning på materialevurderingerne sammenfattet i de beskrevne matricer.

Vurderingerne er i overvejende grad baseret på tilgængelig litteratur udvalgt i samråd med Miljøstyrelsen og interne og eksterne eksperter på de enkelte materialer eller de nævnte miljømæssige elementer. Endvidere er der suppleret med oplysninger ved interviews på områder, hvor den foreliggende litteratur var utilstrækkelig eller uaktuel. Det giver nogle begrænsninger: Mange eksponeringer i arbejdsmiljø og ydre miljø kan reduceres ved forureningsbegrænsende foranstaltninger som ventilation, filtre, m.m., men litteraturen dokumenterer ikke, hvorvidt noget sådant generelt karakteriserer hele industrien, eller hvorvidt disse foranstaltninger kun findes på enkelte virksomheder. Modsat gælder også, at mange arbejdsmiljøbelastninger ikke er dokumenteret ved videnskabelige undersøgelser, men kun foreligger som mistanker baseret på reaktioner fra ansatte. I begge situationer er der i denne rapport anlagt et "konservativt" skøn, idet der primært inddrages rimeligt dokumenterede resultater.

En miljøvurdering af denne art resulterer ikke i en entydig prioriteret rækkefølge af de undersøgte materialer i forhold til PVC-baseret på kvantificerede oplysninger om aktuelle eksponeringer og effekter. Tværtimod er der tale om kvalitative vurderinger af potentielle eksponeringer og effekter (samt uheld).

I det følgende sammenfattes resultaterne af de enkelte miljøvurderinger dels for de enkelte materialer i sig selv med vægt på en præsentation af "fingeraftrykket" dels sammenlignet med PVC. Baggrunden for resuméet er sammenfattet og dokumenteret i de enkelte kapitler, og det skal understreges, at både resuméet hér og sammenfatningerne 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.

Polyvinylchlorid (PVC)

Eksponering for vinylchloridmonomer i arbejdsmiljøet og heraf følgende mulighed for kræft udgør sammen med spildevandsemissioner af dioxiner og mulighed for spredning af chlor og VCM ved uheld de mest belastende forhold ved fremstilling af PVC. Tilsvarende vil der ved åben forarbejdning ved kalandrering kunne være tale om en væsentlig eksponering og effekt af blødgørere og hydrogenchlorid samt andre produkter og nedbrydningsprodukter i damp- eller aerosolform i arbejdsmiljøet.

Relateret til danske forhold synes den væsentligste miljøbelastning ved PVC at være knyttet til affaldsbortskaffelsen. Ved affaldsforbrænding dannes saltsyre, som sammen med de tilsatte tungmetaller (især cadmium og bly) har medført omkostningstunge rensningsinvesteringer samt et deponeringsproblem med restprodukterne, da især tungmetallerne udgør en langsigtet risiko for forurening af jord og grundvand. Ved forbrændingen dannes også dioxiner og dibenzofuraner (chlorerede og i mindre omfang bromerede), og selv om emissionerne reduceres væsentligt ved rensning, vil disse svært nedbrydelige stoffer stadig kunne spredes og opkoncentreres gennem fødekæderne. PVC er den væsentligste enkeltkilde til chlor i affald, og PVC bidrager også til indholdet af tungmetaller. Dette giver problemer ved kompostering af affald, hvor fejlsorteret PVC er med til at belaste det færdige kompostprodukt med især bly.

Eksponering for DEHP og hydrogenchlorid ved åben forarbejdning er ikke fundet meget belastende, men bør dog nævnes, da DEHP er optaget på Arbejdstilsynets kræftliste, og da hydrogenchlorid kan give anledning til væsentlige slimhindeirritationer.

Dannelse af saltsyre og dioxiner samt spredning af tungmetaller ved brand i PVC medfører også en væsentlig belastning ved forbrug. Belastningen med saltsyre og tungmetaller vil være direkte afhængig af mængden, det vil sige størst ved oplagring, mens dioxinbelastningen

vil være størst ved almindelige bygningsbrande. PVC er i sig selv ikke særlig brandbart, men vil i de fleste tilfælde være anvendt i lokaler, hvor der findes andet brandbart materiale.

Polyethylen/polypropylen (PE/PP)

Ved forarbejdning og anden opvarmning af PE/PP vil der - ligesom for PVC - kunne dannes en række arbejdsmiljøbelastende dampe og aerosoler af produkter og nedbrydningsprodukter, ligesom der ved brand i eller forbrænding af PE/PP tilsat bromerede brandhæmmere vil kunne dannes dioxiner.

Der er dog ikke tale om eksponeringer og heraf følgende effekter, som udgør meget belastende forhold.

Sammenlignet med PVC vil PE/PP derfor give væsentlige miljømæssige forbedringer især omkring ydre miljøbelastning ved fremstilling og affaldsforbrænding, mens der omkring arbejdsmiljø og uheld vil ses forbedringer ved fremstilling, forarbejdning og produktion af færdigvarer. Derimod vil energiforbruget ligge på samme niveau. Denne vurdering gælder ikke i samme grad for halogenbrandhæmmede produkter, selvom belastningen ved brand eller forbrænding er mindre end for PVC.

Polystyren (PS)

De mest belastende forhold omkring PS er knyttet til et væsentligt højere energiforbrug (end for de øvrige volumenplast) og de mulige reproduktionsskadende effekt af styren. Ved tilsætning af halogenerede brandhæmmere og opskumning af PS med CFC eller azodicarbamid ses også belastende forhold. Dette gælder både for almindelig PS, for HIPS (High Impact PS) og EPS (ekspanderet PS).

Polymerisering af PS kan ske eksplosivt ved mangelfuld kontrol, og en følgende brand vil medføre spredning af monomer og carbonmonoxid; uheld ved fremstilling udgør således et meget belastende forhold. Ved alle øvrige forhold i PS's livscyklus vil der ikke være tale om væsentlige problemer, hvis der ikke anvendes brandhæmmere eller CFC. Ved anvendelse af halogenerede brandhæmmere vil der ved brand og

forbrænding kunne dannes dioxiner, og ved opskumning med CFC vil dette medføre en miljøbelastning ved forarbejdning, forbrug og deponering.

Reproduktionsskadelige effekter af styren kan være et problem i arbejdsmiljøet ved fremstilling, forarbejdning og færdigvarefremstilling. Dette forhold undersøges p.t. og er derfor ikke endeligt vurderet.

Ved sammenligning med PVC vil PS normalt udgøre en miljømæssig forbedring, som er mest markant ved affaldsbortskaffelsens betydning for det ydre miljø. Mere specielt vil der ved opskumning med azodicarbonamid ske en væsentlig forringelse af arbejdsmiljøet, ligesom det ydre miljø vil belastes ved opskumning med CFC. Tilsvarende vil den miljømæssige forbedring være ubetydelig ved anvendelse af halogenerede brandhæmmere i PS.

Polyethylenterephthalat (PET)

Ved fremstilling af PET kræves mere energi end for PVC, mens der ved forarbejdning er en mindre reduktion i energiforbruget. Ved fremstillingen anvendes en række øjen- og luftvejsirriterende stoffer, ligesom der i produktionsvirksomheder er indikationer for en lav overhyppighed af kræft. Ved fremstilling anvendes en række tungmetalbaserede katalysatorer, som kan føre til eksterne miljøbelastninger ved emissioner fra især fremstilling og affaldsbortskaffelse.

PET giver dog ikke i de nævnte sammenhænge anledning til meget belastende forhold. Ved polymerfremstilling vil der ses noget belastende forhold både omkring arbejdsmiljø, ydre miljø og uheld, hvilket også gælder for eksponeringen af det ydre miljø ved affaldsbortskaffelsen som følge af indholdet af katalysatorrester.

Sammenlignet med PVC vil PET derfor medføre miljømæssige forbedringer omkring arbejdsmiljøet ved forarbejdning og genanvendelse, omkring ydre miljø ved fremstilling, genanvendelse og affaldsbortskaffelse og generelt omkring uheld. Der er ikke fundet specialanvendelser, som nødvendiggør forbehold i denne vurdering.

Polyurethan (PUR)

Som udgangspunkt for fremstillingen af PUR anvendes en række isocyanater - primært TDI og MDI, og vurderingen af PUR er koncentreret om disse. Endvidere er forholdene omkring opskumning med CFC og tilsætning af halogenerede brandhæmmere inddraget.

Isocyanater har nogle markante sundhedsmæssige effekter og vil udgøre meget belastende problemer i arbejdsmiljøet ved fremstilling, forarbejdning og færdigvareproduktion; dette gælder også ved uheld. Endvidere vil der ved varmepåvirkning og især ved brand under forbrug kunne forekomme en væsentlig eksponering. Luftemissioner fra de nævnte trin i livscyklus vil også kunne medføre eksponering og effekt hos omkringboende. For termoplastisk PUR gælder dog, at der kun vil være en betydende eksponering ved fremstillingsprocessen.

En række PUR-typer opskummes med CFC eller tilsættes halogenerede brandhæmmere. Dette vil, som for de ovennævnte plasttyper, medføre væsentlige belastninger ved uheld (brand) og affaldsforbrænding samt ved deponering.

Den arbejdsmiljømæssige betydning af induktion af hyperaktivitet i luftveje, lungefunktionsnedsættelse og irritation af øjne, næse og slimhinder forårsaget af isocyanater medfører væsentlige forværrelser i forhold til PVC. Ved anvendelse af PUR vil der ses miljøforbedringer ved affaldsbortskaffelsen grundet, at der ikke er tilsat tungmetaller og chlor. Disse forbedringer er dog ikke tilstrækkelige til, at PUR samlet udgør et miljømæssigt set fordelagtigt alternativ.

Kunstgummi

Der findes mange forskellige typer af kunstgummi, der kan kombineres med forskellige typer vulkaniseringsmidler. De gennemførte vurderinger er koncentreret om:

- Ethylen-propylen-dien-gummi (EPDM) uden antioxidant og vulkaniseret med organiske peroxider
- Chloropren-gummi (CR) med indbygget svovl, aromatiske aminer som antioxidant og vulkanisering accelereret med zinkoxid samt

- Styren-butadien-gummi (SBR) med substituerede phenoler som antioxidant og svovl-vulkaniseret

For alle tre typer mangler der oplysninger om energi- og materialeforbrug.

For EPDM er problemerne især knyttet til stor brand- og eksplosionsrisiko, anvendelse af det neurotoksiske hexan ved fremstilling og udvikling af kræftfremkaldende benzen ved vulkanisering (forarbejdning).

CR karakteriseres ved udvikling af saltsyre og formentlig også dioxiner ved forbrænding samt brand i materialet, anvendelse af det muligvis kræftfremkaldende chloropren ved fremstilling, udvikling af irriterende og kræftfremkaldende gasser ved vulkanisering og risiko for allergisk kontakteksem ved anvendelse af de fremstillede produkter.

Omkring SBR er der især tale om risiko for udslip af det kræftfremkaldende stof butadien ved råvarefremstilling, udvikling af irriterende og kræftfremkaldende gasser ved vulkanisering og udvikling af svovl- og nitrogenoxider ved forbrænding.

Ved den specifikke vurdering af EPDM er der ikke fundet noget belastende forhold. Noget belastende forhold vil ses ved fremstilling grundet eksponering og effekter i arbejdsmiljø og ydre miljø af hexan og støv, og tilsvarende gælder for benzen ved forarbejdning.

Der er for såvel CR som SBR fundet meget belastende effekter (mulighed for kræft i arbejdsmiljøet ved råvarefremstilling, forarbejdning og forbrug (herunder produktion af færdigvarer). Ved uheld vild er for såvel CR som SBR være væsentlige belastninger i fremstillingsleddet, ligesom der også vil være væsentlige belastninger ved uheld med CR under vulkanisering og forbrug.

Sammenlignet med PVC vil EPDM medføre miljømæssige forbedringer især ved uheld under forbrug og for det ydre miljø ved affaldsbortskaffelsen, hvilket gør EPDM til et miljømæssigt set attraktivt alternativ. For CR og SBR vil der i arbejdsmiljøet forekomme en række forværringer ved fremstilling, forarbejdning og forbrug, og disse materialer vil derfor ikke udgøre attraktive alternativer.

Vacuumimprægneret og overfladebehandlet træ

Træs livscyklus er især kendetegnet ved, at der under råvarefremstilling og forarbejdning udvikles træstøv, der anses for at være kræftfremkaldende. Endvidere anvendes der under imprægneringen (forarbejdning) mineralsk terpentin, som kan give effekter på centralnervesystemet såvel hos eksponerede i arbejdsmiljøet som hos omkringboende. Ved imprægneringen vil der også være risiko for udslip af biologisk aktive stoffer - især organotinforbindelser - i forbindelse med uheld, og endelig emitteres der en række stoffer fra overfladebehandling (fremstilling af færdigvarer).

Ved den specifikke vurdering er der således fundet meget belastende forhold i arbejdsmiljøet ved fremstilling på grund af eksponering for og effekter af træstøv. Ligeledes vil udslip af tributyltinforbindelser til vandmiljøet ved uheld under forarbejdning føre til meget belastende problemer. Igangværende ændringer i forarbejdningsleddet med reduktion i mængden af anvendt mineralsk terpentin og samtidige emissionsbegrænsninger reducerer belastningen i dette trin af træs livscyklus. Lignende forhold gør sig gældende for fremstilling af færdigvarer med overfladebehandling.

Energi- og materialeforbruget er ikke vurderet kvantitativt; men det skal dog påpeges, at træ er en fornyelig ressource, der ikke kræver tilførsel af fossil energi ved råvarefremstilling.

Sammenlignet med PVC vil anvendelse af træ (til vinduesrammer) medføre en række miljøforbedringer ved fremstilling især omkring uheld. Udslip af organotinforbindelser ved uheld under forarbejdningen vil derimod medføre en væsentlig forværring. Sammenfattende udgør imprægneret og overfladebehandlet træ dog et miljømæssigt set fordelagtigt alternativ til PVC.

Papir/pap

Miljøvurderingen af papir/pap er koncentreret om papir fremstillet på basis af henholdsvis returfibres og sulfatmasse. For begge typer vil spildevandet fra fremstilling indeholde store mængder sedimenterbart og iltforbrugende materialer. Ved afsværtning af returfibres ses

også emission af "de-inknings"-kemikalier og ved blegning af sulfatmasse emission af chlorforbindelser herunder dioxiner. Blegning af returfibre sker ved brug af ikke-chlorbaserede kemikalier (hydrogenperoxid), men et restindhold af chlor i returfibrene vil kunne medvirke til emission af chlorforbindelser. Ved spildevandsrensning fra begge fremstillings typer vil disse stoffer overføres til slam. Ved sulfatmassefremstilling anvendes endvidere en lang række ætsende og på anden vis sundhedsskadelige stoffer.

Meget belastende forhold ses i tilknytning til blegning (fremstilling) af sulfatmasse, hvor det ydre miljø belastes betydeligt med iltforbrugende stoffer og chlorforbindelser. Endvidere vil der ved uheld ske spredning af chlor.

En mindre belastning grundet udledning af iltforbrugende spildevand fås ved fremstilling baseret på returfibre eller ubleget sulfatmasse. Endvidere vil anvendelsen af returfibre kunne medføre en noget belastende eksponering i arbejdsmiljøet ved fremstilling (genanvendelse).

Ved sammenligning med PVC vil fremstillingen af ubleget sulfatmasse og returfibre medføre en belastning med sedimenterbart og iltforbrugende materiale, der vurderes at være af samme betydning som belastningen fra PVC-produktionen. Fremstillingen af chlorbleget sulfatmasse giver herudover anledning til udledning af en lang række chlorerede stoffer samt yderligere sedimenterbart og iltforbrugende materiale, hvilket vurderes at være værre end belastningen fra PVC-produktionen. Ved affaldsbortskaffelsen ses derimod markante forbedringer, og også omkring uheld vil papir medføre en reduktion af risici.

Ved sammenligningen skal der også tages hensyn til, at papir baseres på en fornyelig ressource, ligesom genanvendelse er en integreret del af forbruget enten ved papirgenbrug (tørt affald) eller som strukturmateriale i kompost (vådt affald).

Aluminium

Aluminiumstøv fra fremstilling og forarbejdning kan medføre sundhedseffekter, ligesom der er eksplosionsrisici ved forarbejdning og bortskaffelse. Aluminiumioner vil forefindes i slam og slagger fra fremstilling og i slam fra forarbejdning (anodisering), og disse udgør et væsentlig langsigtet deponeringsproblem på grund af risikoen for udvaskning til overflade- og grundvand med heraf følgende effekter på ydre miljø og mennesker.

Ved fremstilling vil der også dannes kræftfremkaldende PAH-forbindelser og sundhedsskadelige fluorider, ligesom energi- og råstofforbrug er markant højere end for PVC.

De væsentligste belastninger er således knyttet til fremstilling af primær aluminium med høj eksponering af såvel arbejdsmiljø som ydre miljø og effekter især i arbejdsmiljøet af især PAH og støv. Derimod er belastningen ved fremstilling af sekundær aluminium (baseret på aluminiumsskrot) mindre.

Der er ikke fundet oplysninger, som tyder på, at emissioner af fluorid i dag udgør et belastende forhold.

Ved mekanisk forarbejdning af halvfabrikata og fremstilling af færdigvarer vil der være meget belastende muligheder for støvekspllosioner.

Sammenlignet med PVC vil især det høje energi- og råstofforbrug ved fremstilling af primær aluminium medføre væsentlige forværringer. I modsætning hertil er konsekvenserne af uheld under forbrug væsentlig mindre. Også ved affaldsbortskaffelse vil anvendelse af aluminium medføre miljømæssige forbedringer.

Det skal bemærkes, at genanvendelse af aluminium indgår som et veludbygget returforløb.

Det er således ikke muligt entydigt ved en sammenligning af aluminium og PVC at fremhæve det ene materiale til fordel for det andet.

Følgende overordnede miljøvurderinger er foretaget af COWiconsult:

6.2 Beton

Den væsentligste miljøbelastning ved fremstilling af betonprodukter som f.eks. betonrør er knyttet til den betydelige energianvendelse især ved fremstillingen af cement. Energiforbruget pr masseenhed til fremstilling af cement er af samme størrelsesorden som for PVC, men der skal bruges en betydelig større mængde cement til fremstilling af f.eks. et betonrør end et tilsvarende PVC-rør.

Anvendelsen af flyveaske i cementfremstillingen giver anledning til emission af tungmetaller. Der kan være tale om betydelige emissioner i relation til andre punktkilder.

Udover flyveaske fremstilles beton udelukkende fra mineralske råstoffer: kalk og ler til fremstilling af cement samt sand, grus og sten som tilslagsmaterialer. Udvindingen af disse råstoffer belaster de lokale økologiske forhold.

Arbejdsmiljømæssigt består det væsentligste problem i de tunge løft ved håndtering og nedlægning af betonprodukterne. Støvproblemer på cementfabrikker og betonvarefabrikker eksisterer, men de anses ikke for væsentlige, da cementstøv ikke synes at udgøre samme kræftisiko som visse andre mineralske råvarer.

Ved endelig bortskaffelse vil betonprodukterne enten forblive i jorden eller blive deponeret på lossepladser eller fyldpladser. Det eventuelle indhold af tungmetaller vil være så godt bundet, at det ikke anses for at udgøre nogen miljømæssig belastning.

Generelt må beton betegnes som et materiale, der er kvalitativt meget forskelligt fra PVC, hvorfor sammenligning af de to materials miljøbelastning er meget vanskelig.

6.3 Ler

Den væsentligste miljøbelastning ved anvendelse af lerprodukter, f.eks. drænrør af ler, er knyttet til energiforbruget ved fremstillingen.

Derudover er der tale om påvirkning af lokal-miljø, hvor leret udvindes.

Arbejdsmiljømæssigt kan der være tale om tunge løft i forhold til de tilsvarende PVC-produkter.

Lerprodukterne udgør ingen nævneværdige miljøproblemer ved bortskaffelse, da de oftest vil blive efterladt i jorden eller deponeret på lossepladser eller fyldpladser.

6.4 Stål

Energiforbruget ved fremstilling af stålprodukter er betydeligt, og en væsentlig del af miljøproblemerne er knyttet hertil. Derudover vil stålprodukter ofte blive overfladebehandlet, hvilket kan give anledning til udledning af opløsningsmidler, m.v. Dette kan desuden give problemer i arbejdsmiljøet. Visse overfladebehandlingsmidler kan være tungmetalloid eller indeholde andre miljøfremmede stoffer, hvilket kan give anledning til miljøproblemer ved affaldsforbrænding eller deponering.

Generelt må stål betegnes som et materiale, der er kvalitativt meget forskelligt fra PVC, hvilket vanskeliggør en sammenligning af miljøbelastningen.

7 Begrænsninger i substitution

Substitution af PVC indebærer tekniske og økonomiske konsekvenser. Muligheden for substitution af PVC kan være begrænset af love, regulativer og reglementer, som ikke uden videre kan ændres.

Desuden findes der normer, standarder, m.v., der ofte benyttes i forbindelse med udbud og indkøb for at sikre et acceptabelt kvalitetsniveau. Disse normer og standarder kan indeholde begrænsninger for substitution af PVC.

I dette afsnit resumeres de begrænsninger i substitution af PVC, der skyldes lovmæssige eller norm- og standardmæssige forhold.

7.1 Rør

Der findes i dag en lang række godkendelsesordninger, dels nationale og dels internationale, hvor specielt PVC- og til dels PE-rør er omhandlet.

I bilag 2 og 3 findes en liste over gældende danske standarder (DS) og internationale standarder (ISO), omhandlende rør af plast, beton og ler.

Dertil kommer danske komponentgodkendelser, VA-godkendelser, som kræves for, at de må installeres i vand- og afløbsinstallationer.

Nødvendige
godkendelser

Efterfølgende er en summarisk opgørelse over, hvad der skal udføres af godkendelser for at kunne anvende andre plastmaterialer.

Afløbsrør

Til afløb inde i bygninger findes allerede alternative plastprodukter, som er godkendt.

Til udvendige afløb i jord findes kun alternative plastrør af PE, som er godkendt. Her kræves et udviklingsarbejde med nye standarder og VA-godkendelser for andre plastmaterialer samt for faconstykker af PE og for rensebrønde, der nu kun fremstilles af PVC.

Trykrør

Til trykrør for vand og gas findes alternative produkter af PE, som er godkendte.

I England markedsføres et system af ABS-rør til limsamling. De er dog ikke godkendte i Danmark.

Til alternative plastprodukter kræves et udviklingsarbejde med nye standarder og VA-godkendelser.

Drænrør

Til dræning findes godkendte rør af PE. Til alternative plastprodukter kræves et udviklingsarbejde med nye standarder. Det samme gælder for drænbrønde, som kun findes af PVC.

Nedløbsrør og tagrender

Til nedløbsrør findes godkendte rørsystemer af PE. Derimod kræves en helt ny udvikling for tagrender, som kun findes af PVC eller metal.

Ventilationskanaler

Der findes produkter af PE-materialer, som i dag kan anvendes til firkantede el.lign. opbyggede kanaler.

Til runde kanaler findes PE-produkter, som kan anvendes, hvis der udvikles lettere samlingsmetoder.

El-rør

Som el-rør produceres og anvendes i dag PEH-rør, specielt lagt i jord.

Skal el-rør af PVC substitueres med alternative plastmaterialer i bygninger, kræves et helt nyt udviklingsarbejde med nye standarder og godkendelser.

7.2 Kabler

Internationalt er der et tæt samarbejde om koordinering og harmonisering af elektrotekniske forhold, som varetages af følgende organisationer:

- IEC (International Electrotechnical Commission)
- CEE (International Commission for Conformity Certification of Electrical Equipment)
- CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization)

I Vesteuropa varetages harmonisering efter IEC og CEE's overordnede retningslinier af organisationen CENELEC, der omfatter såvel EF- som EFTA-landene.

I Danmark fremgår de lovmæssige krav til kabler af Stærkstrømsreglementet af 1962 (i det følgende forkortet SR). De internationale harmoniseringer indarbejdes ved løbende revisioner af SR.

I forbindelse med etablering af det indre marked i EF harmoniseres bestemmelserne i de enkelte lande. I Danmark er varslet en omfattende revision af SR i 1990. De reviderede bestemmelser vil efter en overgangsperiode være gældende fra 1994. Forslaget til nyt SR er på nuværende tidspunkt ikke kendt i sin helhed. Generelt er der lagt op til en lempelse af kravene til materiel og installation samt en skærpelse af kravene til dokumentation af projektering, udførelse og sikkerhed.

Telekabler

Nugældende danske forskrifter for telekabler er ikke harmoniseret med internationale forskrifter.

I praksis indkøbes ofte PVC-kabler efter udenlandske nationale standarder.

Installationskabler

Installationskabler skal overholde kravene til lavspændingsinstallationer, der fremgår af SR, se bilag 1.

SR indeholder standardiserede og harmoniserede prøvningsmetoder for:

- plastisolerede ledninger med isolation af PVC
- gummiisolerede ledninger

I analogi med automobilbranchen kan der efter ovennævnte prøvningsmetoder opnås en art "type-godkendelse".

Anvendelse af plastisolerede kabler, der er isoleret med andre materialer end PVC og gummi, kræver særlig godkendelse. Eksempelvis har DEMKO (Danmarks Elektriske Materielkontrol) oplyst, at man i 1989 har godkendt et halogenfrit installationskabel.

SR's bestemmelser om installationskabler omfattes af den i 1990 forventede revision. Konsekvenserne af denne revision er ikke kendt på nuværende tidspunkt.

Forsyningskabler

Danske forskrifter for forsyningskabler er ikke harmoniseret med internationale forskrifter.

Stikledninger (forsyningskabler </- 1 kV) skal overholde samme krav som installationskabler.

8 Produktgennemgang

I det følgende afsnit gennemgås de enkelte produkters tekniske data, miljødata, økonomidata samt fordele og ulemper.

De generelle miljøvurderinger af PVC og de alternative materialer ("materialevurderingerne") er resumeret i afsnit 6. Vurderingerne af miljømæssige konsekvenser af de enkelte produkter ("produktvurderingerne") bygger fortrinsvis på materialevurderingerne, men hvor der er væsentlige afvigelser mellem materiale- og produktvurderingerne vil dette være angivet under "miljødata" for de enkelte produkter i det følgende.

8.1 Rørprodukter

Abstract

Rørinstallationer inden for byggeri og anlæg kan opdeles i følgende hovedgrupper:

- drænrør
- trykrør
- afløbsrør
- nedløbsrør/tagrender
- el-rør
- ventilationskanaler
- gasrør

I hovedparten af disse hovedgrupper er anvendelsen af PVC dominerende. I forbindelse med ventilationskanaler til almindelig ventilation, er stål stort set enerådende. Hvis der derimod er tale om industriventilation med aggressive luftarter, er PVC dominerende.

Til gasrør anvendes primært PEH/PEM.

Tekniske data

PVC er generelt set det bedst udviklede plastmateriale på markedet i dag. Dog anvendes allerede i dag alternative plastmaterialer inden for visse produktkategorier.

Efterfølgende skema 8.1 og skema 8.2 viser en oversigt over plastmaterialernes og andre materials anvendelighed til fremstilling af forskellige typer rør.

	PVC	PEH/M	PP	ABS ⁷	GUP ⁷
Dræn	+	+	+ ¹	+ ¹	-
Kloak	+	+	+ ¹	+ ²	+ ²
Indvend. afløb	+	+	+	+	+ ²
Koldt vand	+	+	+ ³	+	+ ⁴
Varmt vand	-	+	+ ³	+ ³	-
Kemisk industri	(+)	+	+	+	+
Nedløbsrør - tagr.	+	+ ⁵	+ ³	+ ³	-
El-rør	+	+	+ ³	+ ³	-
Fjernvarme-kapper	+	+	+	+ ³	-
Relining	+	+	+ ³	+ ³	-
Vent. kanaler	+	+	+	+	-
Gasrør	-	+	-	+6	-
+ Anvendelig (+) Begrænset anvendeligt (f.eks. tryk og temp.) - Ikke anvendeligt					
Noter: 1. PP og ABS kan anvendes til drænrør, men der findes ingen produktion, og det vil være et forholdsvis dyrt materiale i forhold til PVC. 2. GUP (glasfiberarmerede polyesterrør) anvendes i begrænset omfang til kloakrør og afløbsrør, men kun, hvor der er tale om store indvendige tryk og høje temperaturer (op til 100°C). 3. PP og ABS kan anvendes, men der findes ingen produktion, og det vil være et forholdsvis dyrt materiale i forhold til PVC. 4. GUP anvendes til brandvandssystemer eller til aggressivt vand. De kan tåle op til 100°C vand. 5. PEH/M kan anvendes til nedløbsrør, men der findes ingen produktion, og det vil være et forholdsvis dyrt materiale i forhold til PVC. 6. ABS kan formentlig anvendes, men det vil kræve et udviklingsarbejde. 7. Endnu ikke godkendt til drikkevandsrør i Danmark.					

SKEMA 8.1: PLASTMATERIALER

	Stål	CU	Zink	Rustfri stål	Stbj.	Ler	Beton
Dræn	-	-	-	-	-	+ ¹	+
Kloak	-	-	-	(+) ²	+	+ ³	+
Indv. afløb	+ ⁴	+	-	+	+	-	-
Koldt vand	+	+	-	+	(+) ⁵	-	-
Varmt vand	+	+	-	+	(+) ⁵	-	-
Kemisk industri	-	(+)	-	(+)	+	+ ³	-
Nedløbsrør, tagr.	+ ⁶	+	+	+ ⁶	+ ⁶	-	-
El-rør	+	-	-	-	-	-	-
Fjernvarme-kapper	+ ⁷	+ ⁷	-	+ ⁷	-	-	-
Relining	-	-	-	-	-	-	-
Vent. kanaler	+	+	+	+	+	+	+
Gasrør	+	-	-	+	-	-	-
+ Anvendelig (+) Begrænset anvendeligt (f.eks. tryk og temp.) - Ikke anvendeligt							
Noter: 1. Uglaserede lerrør 2. Der findes ikke godkendte rør på markedet på nuværende tidspunkt. Materialet er anvendeligt, men forholdsvis dyrt i sammenligning med PVC. Rustfrit stål tåler ikke alle ætsende stoffer. 3. Glaserede lerrør. De er forholdsvis dyre i sammenligning med PVC, men tåler alle former for ætsende stoffer og opløsningsmidler. 4. Godkendte kunststofbelagte stålrør og fittings bruges i en vis udstrækning. 5. Støbejernsrør anvendes kun som hovedledninger og primært i jorden. Af praktiske årsager anvendes de sjældent i bygninger og til varmt vand. 6. Anvendes kun som nedløbsrør. 7. Fjernvarmekapperør i stål og kobber anvendes kun i begrænset omfang, da det er væsentligt dyrere end PVC. Rustfrit stål kan anvendes, men er meget dyrt og anvendes derfor næppe i praksis.							

SKEMA 8.2: ANDRE MATERIALER

Miljødata

De relevante alternative materialer inden for rørområdet er PEH, PE, ABS, beton, støbejern, stål, ler og zink. For PEH og PE er der taget udgangspunkt i miljøvurderingerne af PE/PP. Ved vurdering af rør af støbejern, stål og zink er der taget udgangspunkt i den foreløbige materialevurdering af stål. For beton og ler er der ligeledes taget udgangspunkt i de foreløbige vurderinger. ABS er ikke vurderet nærmere.

For metal- og mineralprodukterne kan de væsentligste miljøproblemer henføres til det betydelige energiforbrug ved fremstilling af produkter. Arbejdsmiljømæssigt ligger de væsentligste problemer i produkternes vægt, idet håndteringen af dem giver anledning til mange tunge løft i ubekvemme stillinger.

Med hensyn til bortskaffelse skal det bemærkes, at en del af produkterne, f.eks. afløbsrør og drænrør vil blive efterladt i jorden, mens andre vil blive deponeret på lossepladser eller fyldpladser. Produkterne indeholder ikke væsentlige mængder miljøfremmede stoffer og vil som sådan ikke medføre væsentlige miljømæssige problemer.

Generelt skal det dog bemærkes, at sammenligning af miljøvurderingerne af disse materialer med miljøvurderingen af PVC er vanskelig, da der er tale om kvalitativt meget forskellige materialer.

Økonomiske data

Ved sammenligningen af PVC og alternativer til PVC rent økonomisk indgår både materialeprisen og installationsprisen, da der ved visse alternative materialer kan blive tale om højere installationspriser end for PVC.

Derudover kan der være forskellige sværhedsgrader ved installationer, som gør det vanskeligt at sammenligne de forskellige produkter direkte.

Der er i sammenligningsskemaerne anført en relevant forholdsvis prissammenligning for tænkte installationsopgaver i de forskellige produkttyper for dermed at give en mere præcis fornemmelse af prisforskelle.

Fordele/ulemper

PVC er et billigt og teknisk veludviklet materiale til brug for rør til installationer. Derfor er PVC i dag et materiale, der i udstrakt grad anvendes inden for bygge- og

anlægssektoren. PVC-rør afprøves teknisk for en levetid på min. 50 år og helt op til 100 år.

Desuden er PVC resistent over for de fleste syrer og opløsningsmidler.

I det følgende sammenlignes fordele og ulemper ved de forskellige produktkategorier og rørmaterialer:

Drænrør

PVC-rør er lette at håndtere, og der er et stort udvalg af rør, fittings og brønde, som gør systemet meget anvendeligt. Rørene har meget lang levetid, da de er meget korrosionsfaste. Rørene leveres i ruller med op til 200 m's længde. PVC-rør lægges i ubrudte længder og samles med fittings, som skubbes ind over rørene, eller clipses sammen. Rørene kan udlægges enten ved nedgravning eller nedpløjning.

PEH-rør er lette at håndtere, men udvalget af rør og fittings er i øjeblikket begrænset. Rørene leveres kun i 6 m's længder og har lige så lang levetid som PVC. De er blødere end PVC, men lige så korrosionsfaste. PEH-rør lægges i rette længder, op til 6 m, og samles ved opslidsning af rørene, der skubbes ind i hinanden.

Betonrør er stivere end PVC og anvendes primært, hvor der er tale om store mekaniske belastninger. De er betydeligt tungere end PVC og er ikke så korrosionsstabile som PVC og har derfor en kortere levetid. Betonrørene lægges i stykke á 50-100 cm, som skubbes ind i hinanden ved en muffe/spidsende samling. Fittings samles på tilsvarende vis.

Lerrør er lette og nemme at håndtere. De er ikke mekanisk så stærke som PVC, og levetiden er lidt kortere end for PVC-rør, da de ikke er så korrosionsfaste. Lerrørene lægges i længder á ca 35 cm, som stødes sammen, rørende mod rørende, med 1-2 mm gab. Der findes ikke fittings, bøjninger, m.m., hvorfor rørene må skæres sammen.

Ved nedgravning af såvel PVC-, PEH-, beton- som lerrør lægges rørene i den gravede rende, omgivet af et filter af grus og sten.

Ved nedpløjning af PVC-drænrør, hvor gravning, lægning og tildækning foretages i én arbejds-gang, er røret forsynet med et filter af f.eks. kokos.

Trykrør

PVC-rør er lette at håndtere, og der er et stort udvalg af rør og fittings. Rørene har lang levetid, da de er meget korrosionsfaste og mekanisk forholdsvis stærke. De leveres kun i 6 m's længder. De anvendes primært til rør i jord. PVC-trykrør i jord lægges i op til 6 m's og længde og samles med stikmuffer med gum-miringstætning. Rør i bygninger samles ved limning. Der findes fittings med såvel stik-muffer som flangesamlinger til rør i jord og med limmuffer for rør i bygninger.

PEL-, PEM- og PEH-rør er lette at håndtere, og der findes et stort udvalg af rør og fittings. Rørene er mekanisk knapt så stærke som PVC, hvilket betyder forholdsvis større godstykkel-ser. PEL- og PEM-rør leveres i ruller med op til 200 m's længde med diameter under 90 mm og er mere fleksible end PVC, men også mere permeable for diffusion af gasser, opløsnings-middeldampe, o.lign. PE er modstandsdygtig over for flere stoffer end PVC. De anvendes primært til rør i jord, og har lige så lang levetid som PVC-rør. PE-rør lægges i ubrudte længder op til 600 m og samles enten med metalfittings med forskruninger (PEL) eller ved svejsning med enten specielle svejsemuffer eller ved stuks-vejsning (PEM og PEH).

ABS-rør anvendes i England til installationer i bygninger med limede samlinger, men er ikke godkendt til drikkevandsrør i Danmark. ABS-rør har samme styrkemæssige egenskaber som PVC-rør.

Støbejernsrør er mekanisk stærkere end PVC er ubrændbare og forholdsvis korrosionsfaste. De er tunge at arbejde med, og der er kun et begrænset udvalg af rør og faconstykker. De kan tåle meget høje tryk. Støbejernsrør har lidt kortere levetid end PVC-rør. Støbe-jernsrør lægges i længder op til 6 m og samles med muffesamlinger med gummiringe, der stemmes sammen med specielle tætningsringe. Der findes fittings med tilsvarende muffesamlinger. Rørene kan også leveres med flangesamlinger, hvor rørene boltes sammen. Det sidste anvendes mest ved rør, placeret over jord.

Rør i jord lægges på komprimeret grus. Efter trykprøvning omgives rørene tilsvarende, før tildækning med jord.

Afløbsrør

PVC-rør er lette at håndtere, og der findes et stort udvalg af rør og fittings, som gør systemet let at arbejde med. Rørene har meget lang levetid, da de er meget korrosionsfaste. De leveres i længder af 6 m og er mekanisk stærke. PVC-rør lægges i længder op til 6 m og samles med stikmuffer med tætningsringe af gummi. Der findes fittings med tilsvarende samlinger.

PEH/M-rør er lette at håndtere, og der findes et begrænset udvalg af rør og fittings, og de kan tåle højere temperaturer end PVC. De er ikke mekanisk så stærke som PVC-rør og leveres i lige længder op til 6 m. De er lidt bedre korrosionsmæssigt end PVC, og har lige så lang levetid. PEH/M-rør samles primært ved svejsning som trykrørene. Der findes dog til mindre rør også stikmuffesamlinger, som da i mange tilfælde også skal svejses på.

Betonrør er mekanisk stærke rør og meget tunge i forhold til PVC. De er meget stive og tunge at håndtere, men kan specialfremstilles til meget store mekaniske belastninger. Korrosionsmæssigt er de ikke så gode som PVC og har derfor ikke så lang levetid. De egner sig ikke til indvendige afløb. Betonrør lægges i længder på 0,6-2,0 m og samles med stikmuffesamlinger med gummiringstætninger. Der findes fittings med tilsvarende samlinger. Betonrør er i praksis ikke så tætte som PVC-rør.

Støbejernsrør er mekanisk meget stærke. De anvendes primært til indvendige afløb, da de er ubrændbare og lydmæssigt bedre end PVC, men til gengæld tunge. Der findes et udbredt sortiment af rør og faconstykker, så de er lette at arbejde med. Til anvendelse i jord kan fås rør og faconstykker i begrænset omfang, men de anvendes ikke ret meget mere her i landet. Levetiden er lidt kortere end for PVC-rør. Støbejernsrør lægges i længder på op til 6 m og samles med stikmuffesamlinger med gummitætningsringe eller blystøbte samlinger. Til rør i bygninger sker samlinger med løse spændemanchetter udvendigt på de glatte rørender med en gummiring til tætning. Der findes fittings til begge samlingsmetoder.

Glaserede lerrør anvendes i begrænset omfang til afløb med stort indhold af syrer og andre aggressive væsker. De anvendes til afløb i jord og fås i begrænset omfang. Der findes en del ældre afløbsinstallationer i glaserede lerrør, men i dag anvendes de ikke ret meget. De er stive og forholdsvis tunge at arbejde med. Levetiden er den samme som for PVC-rør. De tåler ikke så store mekaniske belastninger som PVC-rør. Glaserede lerrør lægges i længder på 0,5-1,0 m til 1 m og samles med stikmuffesamlinger med tætningsringe af korrosionsfast materiale.

Rør i jord lægges på komprimeret grus. Efter trykprøvning omgives rørene tilsvarende, før tildækning med jord.

Nedløbsrør og tagrender

PVC er let at håndtere, og der er et stort sortiment af rør, render og fittings. De fås i mange farver og er mekanisk forholdsvis stærke. De har lang levetid, da de er meget korrosionsfaste. PVC-nedløbsrør samles med muffer uden limning. Tagrender limes eller samles med gummiringe som tætning.

Zink er let at håndtere. Der findes et stort udvalg af rør, render og fittings. Disse bliver dog i stor udstrækning fremstillet til den aktuelle ejendom. De tåler ikke så store mekaniske påvirkninger, og er ikke så korrosionsfaste som PVC. Dette medfører en kortere levetid. Zinkrør og -render samles med lodning.

El-rør

PVC-rør er lette at håndtere, og der findes et stort udvalg af rør og fittings. De anvendes primært til indvendige installationer. PVC-rør samles med fittings, hvor røret støbes ind i en muffe.

PEH-rør er lette at håndtere, men der findes kun et begrænset udvalg af rør og fittings, primært i de små dimensioner til indvendigt brug i bygninger. De anvendes primært til føringsrør i jord. PEH-rør samles med muffer.

Stålrør er lette at håndtere, og der findes et stort udvalg af rør og fittings. Dimensionen på rørene er 16-40 mm, og de anvendes kun til indvendige installationer.

Ventilationskanaler

PVC anvendes i stor udstrækning til udsugningskanaler i parcelhuse og mindre aftrækskanaler til forskellige formål. Desuden anvendes de til udsugningskanaler, hvor der er tale om aggressive luftarter. De er lette at håndtere, og der findes færdige rør og fittings. De er meget korrosionsfaste. PVC-kanaler samles med stikmuffer, der limes eller tættes med tætningsring.

PEH anvendes primært, hvor der er tale om store kanaler til aggressive luftarter eller specielle udformninger. De er meget korrosionsfaste og i øvrigt lette at håndtere. PEH-kanaler samles normalt ved svejsning eller limning.

Stål anvendes også til ventilationskanaler såvel runde som firkantede. De er dog ikke så korrosionsfaste som kanaler af plast.

Udviklings- tendenser

Det er i dag i et vist omfang muligt at erstatte PVC med andre færdigudviklede plastprodukter.

For helt at kunne erstatte PVC kræves der en udvikling af såvel produkter som produktionsudstyr samt evt. at foretage myndighedsgodkendelser.

Specielt PE vil være et materiale, der ved videreudvikling kan blive et erstatningsprodukt for PVC. Tendensen henimod større forbrug af PE-materialer er allerede i gang.

Derudover er der en udvikling henimod større genbrug af PVC i gang. Alle spildprodukter i forbindelse med produktion af PVC-rør genbruges i dag fuldt ud.

Derudover genbruges en del materiale, som har været brugt, f.eks. rør, der graves op af jorden i forbindelse med omlægning af dræn- og kloakrør.

Endelig går rør, der har ligget for længe på lager, eller er blevet beskadiget hos grossisten, tilbage til fabrikken for genbrug.

Hvis PVC erstattes med andre plastmaterialer, vil det umiddelbart betyde en øget import af disse. På lidt længere sigt vil det formentlig kunne lade sig gøre at omstille den danske produktion fra PVC til andre plastmaterialer,

primært PE og PP. Dette kræver dog investering i nyt produktionsudstyr.

Hvis PVC skal erstattes med støbejern, vil dette kun kunne ske ved import.

Endelig skal det bemærkes, at "gør-det-selv" manden har stor fordel af PVC-produkter, idet disse ofte er egnede til at blive monteret "uprofessionelt". En substitution vil derfor i mange tilfælde medføre, at der kræves specialuddannede håndværkere til montage.

ISAMMENLIGNINGSSKEMA		PVC	PEH	BETON	STØBEJERN
IPRODUKTKATEGORI : Afløbsrør					
IPRODUKTION OG FORBRUG 1988					
IForbrug :	tons/år	14000	?	250000 7)	? 4)
PVC-resin	tons/år	12600			
IProduktion :	tons/år	14000	3000	250000	0
IImport :	tons/år	2000	?	0	?
IEksport :	tons/år	2000	500	0	0
IAntal producenter i DK		2	0	enkelte	0
IPRODUKTOMKOSTNINGER 1988					
- hovedledning ø300 1)	index	100	105	70	-
- huskloak ø110 2)	index	100	215	100	-
IProduktlevetid	år	=	=	-	-
IVEDLIGEHOOLD		=	=	(=)	(=)
ISAMLET OMKOSTNINGER (kr /enhed/år)		x	x	x	x
IMILJØFORHOLD 12)					
IEksternt miljø: Færdigvare-					
produktion		=	=	x	x
Vedligehold/brug		=	=	-	=
genanvendelse		=	+	x	x
deponering		=	+	+	=
forbrænding		=	+++	+	+
IArbejdsmiljø		=	+	x	x
IBrand		=	+	+++	+++
IÆstetik		=	=	x	x
ITEKNISKE FORHOLD					
IDimensioner diameter	mm	32 - 630	32 - 630 8)	100 - 1000	65 - 200
IStyrke 3)	trykstyrke	N - S	N - S	N - S	S
IBrand		x 5)	x 5)	x	x
IBrugervenlighed		=	=	- 6)	-
ITEKNISK MULIG SUBSTITUTION					
-	32mm - 110mm	100%	20% 10)	50%	
-	160mm - 315mm	50% 9)	100% 10)	75% 11)	
-	større dim.	100%	100% 10)	0%	

NOTER

- 1) hovedledning ø300, dybde 2m, længde 500m, excl. brønde
- 2) huskloak ø110, længde 10m, 4 WC + 2GA excl. GA skål
excl. brønd, incl. grene og fodbøjninger
- 3) N - normal lægningsklasse
S - svær lægningsklasse
- 4) udelukkende import
- 5) skal brandisoleres i etagebyggeri
- 6) ikke anvendelig til indvendige afløb
- 7) svarer til 80% af den mængde PVC-rør der anvendes.
- 8) kan produceres i større dimensioner
- 9) fittingsprodukter er ikke udviklet
- 10) korrosionsmæssig dårlig
- 11) indtil 200mm
- 12) PEH er vurderet som PE/PP

SIGNATURFORKLARING

- +++ meget bedre end PVC + bedre end PVC
= samme som PVC
--- meget dårligere end PVC - dårligere end PVC
? mangel på viden
x kan ikke vurderes/ikke relevant

* Vurdering af miljøforhold bygger på COWiconsult's egne vurderinger.

SAMMENLIGNINGSSKEMA					*		
		PVC	PEM/H	STØBEJERN	ABS		
PRODUKTKATEGORI : Trykrør							
PRODUKTION OG FORBRUG		1988					
Forbrug :	tons/år	10000	1900 4)	? 3)	? 3)		
PVC-resin	tons/år	6700					
Produktion :	tons/år	7000	2000	0	0		
Import :	tons/år	4000		?	?		
Eksport :	tons/år	1000	100	0	0		
Antal producenter i DK		2	3	0	0		
PRODUKTKOSTNINGER		1988					
- hovedledning ø200 1)	index	100	110	150	110		
- stikledning ø 50 2)	index	100	125	260	110		
Produktlevetid		år	=	(-)	=		
VEDLIGEHOLD			=	(=)	=		
SAMLET OMKOSTNINGER (kr /enhed/år)		x	x	x	x		
MILJØFORHOLD							
Eksternt miljø: Færdigvare-							
produktion		=	=	x	?		
Vedligehold/brug		=	=	-	?		
genanvendelse		=	+	x	?		
deponering		=	+	=	?		
forbrænding		=	+++	+	?		
Arbejdsmiljø		=	+	x	?		
Brand		=	+	+++	?		
Åstestik		=	=	x	?		
TEKNISKE FORHOLD							
Dimensioner diameter	mm	50 - 500	50 - 500 5)	80 - 300 5)	12 - 315		
Styrke	tryktrin bar	6 - 10	6 - 10	min. 10	6 - 10		
Brand		=	-	+	-		
Brugervenlighed		=	=	(=)	=		
TEKNISK MULIG SUBSTITUTION							
-		50mm - 500mm	100% 5)	50%-100% 5)	50%-100%		

NOTER

- 1) hovedledning ø200, dybde 1,5m, længde 500m
excl. ventiler og afgrening
- 2) stikledning ø50, dybde 1,5m, længde 100m
excl. ventil og anbring
- 3) udelukkende import
- 4) svarer til 20% af den mængde PVC-rør der anvendes.
- 5) kan produceres i større dimensioner

SIGNATURFORKLARING

- +++ meget bedre end PVC + bedre end PVC
= samme som PVC
--- meget dårligere end PVC - dårligere end PVC
? mangel på viden
x kan ikke vurderes/ikke relevant

* Vurdering af miljøforhold bygger på COWiconsult's egne vurderinger.

SAMMENLIGNINGSSKEMA					*	*
		PVC	PEH	BETON	LER	
PRODUKTKATEGORI : Drænrør						
PRODUKTION OG FORBRUG		1988				
Forbrug :	tons/år	3000	30			
PVC-resin	tons/år	2700				
	km/år	2000	20	5	250	
Produktion :	tons/år	3000	50			
Import :	tons/år	500	0	0	0	
Eksport :	tons/år	500	20	0	0	
Antal producenter i DK		2	0	mange	3	
PRODUKTMKOSTNINGER		1988				
- markdræn ø100 1)	index	100	135	145	105	
- husdræn ø100 2)	index	100	120	125	105	
Produktlevetid	år	=	=	-	-	
VEDLIGEHOLD		=	=	-	-	
SAMLET OMKOSTNINGER (kr /enhed/år)		x	x	x	x	
MILJØFORHOLD 4)						
Eksternt miljø: Færdigvare-						
produktion		=	=	x	x	
Vedligehold/brug		=	=	=	=	
genanvendelse		=	+	x	x	
deponering		=	+	+	+	
forbrænding		=	+++	+	+	
Arbejdsmiljø		=	+	-	-	
Brand		=	+	+++	+++	
Æstetik		=	=	x	x	
TEKNISKE FORHOLD						
Dimensioner diameter	mm	50 - 180	80 - 200	80 - 400	55 - 200	
Styrke - tryk/træk	N/mm	25/50	40/25	?/1,8	?/5	
Brand		x	x	x	x	
Brugervenlighed		=	=	-	=	
TEKNISK MULIG SUBSTITUTION						
-		50mm - 180mm	50% 3)	100% 3)	100%	

NOTER

- 1) markdræn ø100, dybde 1m, længde 1000m, tilfyldning, excl.brønde
- 2) kælderovangdræn ø100, dybde 2m, længde 100m, tilfyldning, excl. brønde
- 3) fittingsprodukter er ikke udviklet
- 4) PEH er vurderet som PE/PP

SIGNATURFORKLARING

- +++ meget bedre end PVC + bedre end PVC
 = samme som PVC
 --- meget dårligere end PVC - dårligere end PVC
 ? mangel på viden
 x kan ikke vurderes/ikke relevant

* Vurdering af miljøforhold bygger på COWiconsult's egne vurderinger

ISAMMENLIGNINGSSKEMA				*	
		PVC	PEH	Stål	
PRODUKTKATEGORI : EL-rør		1)	2)	1)	
PRODUKTION OG FORBRUG					
Forbrug :	tons/år	3000	?	?	
PVC-resin	tons/år	2700			
Produktion :	tons/år	3000	?	?	
Import :	tons/år	2900	?	?	
Eksport :	tons/år	?	?	?	
Antal producenter i DK		2	0	1	
PRODUKTMKOSTNINGER					
-bygningsinstall.	index	100	110	120	
-rør i jord	index	100	140	x	
Produktlevetid		=	=	=	
VEDLIGEHOLD		=	=	=	
SAMLET OMKOSTNINGER (kr /enhed/år)		x	x	x	
MILJØFORHOLD 4)					
Eksternt miljø: Færdigvare-					
produktion		=	=	x	
Vedligehold/brug		=	=	=	
genanvendelse		=	+	x	
deponering		=	+	=	
forbrænding		=	+++	+	
Arbejdsmiljø		=	+	=	
Brand		=	+	+	
Æstetik		=	=	=	
TEKNISKE FORHOLD					
Dimensioner	mm	16 - 90	62 - 130	16 - 40	
Styrke	tryk/træk/ N/mm	25/50			
Brand		=	=	=	
Brugervenlighed		=	=	=	
TEKNISK MULIG SUBSTITUTION					
- rør i bygninger		16mm - 90mm	10% 3)	40%	
- rør i jord		62mm - 130mm	100%	0%	

NOTER

- 1) Anvendes primært i bygninger.
- 2) Anvendes primært i jord.
- 3) Produceres ikke i små dimensioner
- 4) PEH er vurderet som PE/PP

SIGNATURFORKLARING

- +++ meget bedre end PVC + bedre end PVC
 = samme som PVC
 --- meget dårligere end PVC - dårligere end PVC
 ? mangel på viden
 x kan ikke vurderes/ikke relevant

* Vurdering af miljøforhold bygger på COWiconsult's egne vurderinger.

SAMMENLIGNINGSSKEMA			PVC	ZINK				
PRODUKTKATEGORI : Nedløbsrør/tagrender								
PRODUKTION OG FORBRUG 1988								
Forbrug :	tons/år		2200	?				
PVC-resin	tons/år		2000	?				
Produktion :	tons/år		3600	?				
Import :	tons/år		100	?				
Eksport :	tons/år		1500	?				
Antal producenter i DK			1	0				
PRODUKTMKOSTNINGER 1988								
- nedløbsrør 90mm 1)	index		100	160				
- tagrender 2)	index		100	120				
Produktlevetid			=	- 4)				
VEDLIGEHOLD			=	(=)				
SAMLET OMKOSTNINGER (kr /enhed/år)			x	x				
MILJØFORHOLD								
Eksternt miljø: Færdigvare-								
produktion			=	x				
Vedligehold/brug			=	=				
genanvendelse			=	x				
deponering			=	x				
forbrænding			=	x				
Arbejdsmiljø			=	-				
Brand			=	+				
Æstetik			=	+				
TEKNISKE FORHOLD								
Dimensioner diameter	mm		75 - 110	64 - 118				
Længdeudvidelse	mm/m°C		0,08	0,03				
Brand			=	+				
Brugervenlighed			= 3)	=				
TEKNISK MULIG SUBSTITUTION								
- tagrender	dim. 10-11-12			100% 4)				
- nedløbsrør	75mm - 110 mm			100%				

NOTER

- 1) nedløb 90mm, højde 9m, incl. tilslutn. til tagrende og nedløbsbrønd
- 2) tagrende størrelse 11, længde ca.20m, incl. endelukning og 2 udløb
- 3) PVC-nedløbsrør/tagrender anvendes i stor udstrækning som gør-det-selv produkt.
- 4) Zink nedbrydes i områder med aggressivt luftmiljø.

SIGNATURFORKLARING

- +++ meget bedre end PVC + bedre end PVC
 = samme som PVC
 --- meget dårligere end PVC - dårligere end PVC
 ? mangel på viden
 x kan ikke vurderes/ikke relevant

SAMMENLIGNINGSSKEMA		PVC	PE	Stål		
PRODUKTKATEGORI : Ventilationskanaler		1)		6)		
PRODUKTION OG FORBRUG						
Forbrug :	tons/år	ca. 100	?	?		
PVC-resin	tons/år	ca. 80				
Produktion :	tons/år	?	?	?		
Import :	tons/år	?	?	?		
Eksport :	tons/år	?	0	0		
Antal producenter i DK		mange små	mange små	mange små		
PRODUKTOMKOSTNINGER 1988						
- runde ø200mm	2) index	100	155	75 7)		
- firkantede 200 x 200mm	3) index	100	155	125 7)		
Produktlevetid	år	=	=	-		
VEDLIGEHOLD		=	=	=		
SAMLET OMKOSTNINGER (kr /enhed/år)		x	x	x		
MILJØFORHOLD						
Eksternt miljø: Færdigvare-						
produktion		=	=	x		
Vedligehold/brug		=	=	=		
genanvendelse		=	+	=		
deponering		=	+	+		
forbrænding		=	+++	x		
Arbejds miljø		=	+	=		
Brand		=	+	+		
Æstetik		=	=	=		
TEKNISKE FORHOLD						
Dimensioner	mm	110 - 500				
Styrke	tryk/træk N/mm	25/50	40/25			
Brand		=	=	+		
brugervenlighed		=	=	-		
TEKNISK MULIG SUBSTITUTION						
- runde			10% 4)	70% 5)		
- firkantede			100% 5)	70% 5)		

NOTER

- 1) ventilationskanaler af plastmaterialer anvendes primært i forbindelse med aggressive luftarter
- 2) rund kanal ø200mm, længde 10m, bøjninger 2 x 90°
- 3) firkantede 200 x 200mm, længde 10m, bøjninger 2 x 90°
- 4) produktudvikling mangler
- 5) kan produceres efter opgave
- 6) Galvaniseret stål.
- 7) Priserne varierer meget efter opgave.

SIGNATURFORKLARING

- +++ meget bedre end PVC + bedre end PVC
 = samme som PVC
 --- meget dårligere end PVC - dårligere end PVC
 ? mangel på viden
 x kan ikke vurderes/ikke relevant

8.2 Kabler

Abstract

Anvendelsen af kabler inden for byggeri og anlæg kan opdeles i 3 hovedgrupper:

- Telekabler (svagstrømssignaler)
- Installationskabler (anvendes i huse og anlæg </- 1 kV)
- Forsyningskabler (forsyning fra kraftværk frem til huse og anlæg > 1 kV).

Telekabler omfatter bl.a.:

- Antennekabler/koaksialkabler
- Mikrofon- og højttalerkabler
- Telefon- og signalkabler
- Instrumentkabler
- EDB-netværkskabler
- Optiske kabler.

Installationskabler omfatter bl.a.:

- Installationsledninger og ledninger for lavspænding
- Monteringsledninger og -tilledninger
- Fleksible manøvrer kabler
- Varmekabler
- Bøjelige kabler og -ledninger

Forsyningskabler omfatter bl.a.:

- Mellemspændingskabler
- Højspændingskabler

Herudover findes en række kabler, som primært anvendes inden for andre områder end byggeri og anlæg, og som derfor ikke medtages her.

Disse kabeltyper omfatter bl.a.:

- Marinekabler
- Offshorekabler
- Bøjelige kabler

I telekabler anvendes såvel PVC som PE til isolationsmateriale. PE dominerer ved data-transmission over store afstande og ved højfrekvenstransmission. PVC har til dette formål uheldige tekniske egenskaber (di-elektriske tab).

I installationskabler er PVC praktisk taget enerådende som isolationsmateriale.

I forsyningskabler anvendes PVC ikke som isolationsmateriale over spændingsniveauer på ca. 24 kV på grund af store di-elektriske tab. Her anvendes PE/PEX.

I spændingsområdet 1 kV til 24 kV anvendes isolationsmateriale af såvel PE/PEX som PVC. PVC anvendes i nogen udstrækning trods teknisk dårligere egenskaber (di-elektriske tab) på grund af prismæssig konkurrencedygtighed.

I spændingsområdet under 1 kV er PVC-isoleringsmateriale dominerende. I dette spændingsområde er de di-elektriske tab af mindre betydning.

Generelt gælder for alle 3 kabelgrupper, at PVC er altdominerende som kappemateriale på grund af særdeles gode tekniske egenskaber.

Bøjelige installationsledninger og -kabler samt teleledninger og -kabler indgår i vid udstrækning som halvfabrikata i andre produkter, eksempelvis:

- radio- og TV-udstyr
- computere
- øvrigt elektronisk udstyr
- husholdningsapparater (hårde hvidevarer, hobbyværktøj, støvsugere m.v.)
- biler
- industrimaskiner
- lamper og lysarmaturer.

Mængden af PVC, der indgår i ovennævnte produkter (bl.a. i form af ledninger, kabler), er ikke medtaget i denne rapport.

Markedsforhold Det samlede marked for kabelprodukter er ikke opgjort.

Markedets fordeling imellem hovedgrupperne har i en årrække været stabil.

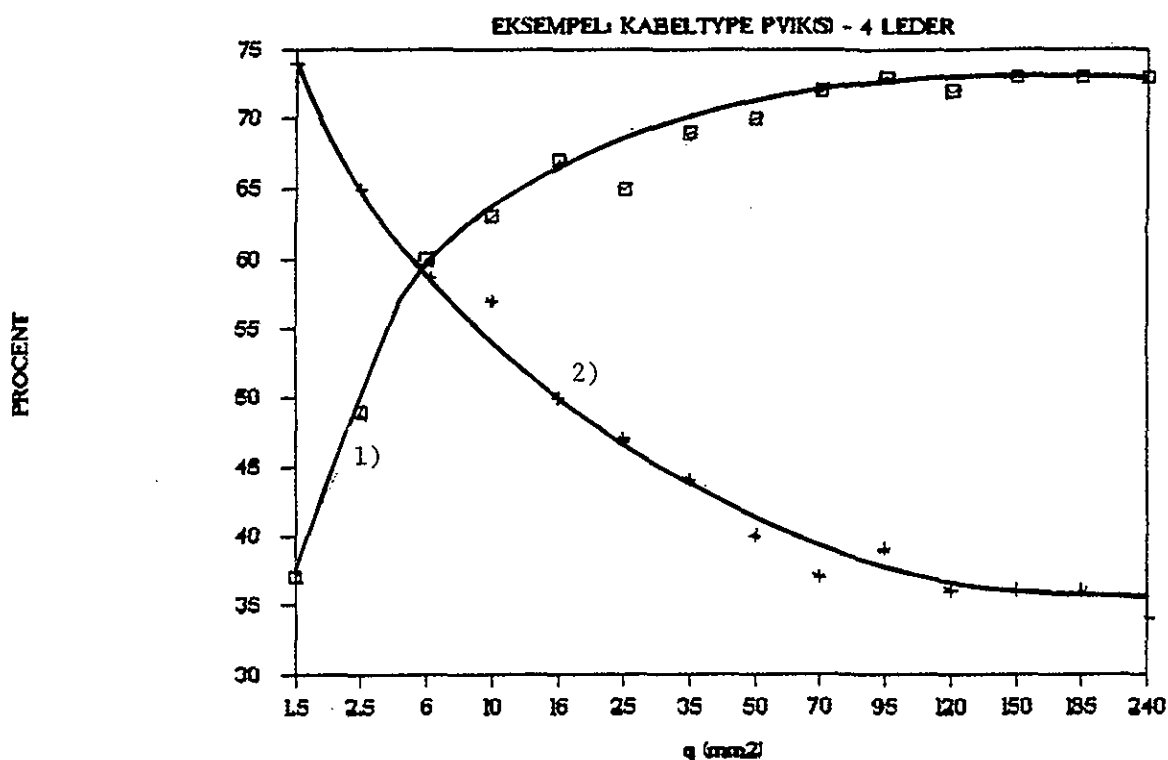
Fordelingen af de anvendte PVC-mængder inden for de 3 hovedgrupper fremgår af sammenligningsskemaerne.

Tekniske data For kabler gælder generelt:

- at krav til mekanisk styrke for kabler med små ledertværsnit dimensionerer isolationstykkelser
- at spændingen dimensionerer isolationstykkelser
- at strømværdien dimensionerer ledertværsnittet.

For samme spænding gælder generelt, at kappe-, isolations- og fyldmaterialet for små ledertværsnit udgør en betydelig del af den samlede kabelmasse, mens kappe-, isolations- og fyldmateriale udgør en beskeden del af den samlede kabelmasse for store ledertværsnit (se kurve 2 i fig. nr. 8.3).

Der er således ikke nogen entydig sammenhæng mellem mængden af kappe-, isolations- og fyldmateriale og den anvendte kabelmængde, der normalt opgøres i "tons kabel" eller i "meter kabel".



Figur 8.3. Sammenhæng mellem kabeltværsnit, installationspris og PVC-mængde

- 1) Kabelpris i % af totalinstallation (Kilde: El-overslagsbogen - Middeloplagt kol.2)
- 2) Kappe-, isolation- og fyldmateriale i % af kablets totalmasse

I denne rapport er det valgt ikke at vurdere den samlede kabelmængde (tons eller meter kabel), men derimod at vurdere den samlede mængde kappe-, isolations- og fyldmateriale inden for hver af de 3 hovedgrupper af kabler i forbindelse med byggeri og anlæg.

PVC og alternativer

PVC anvendes som kappe-, fyld- og elektrisk isolationsmateriale i de 3 hovedgrupper af kabler, som anvendes i forbindelse med byggeri og anlæg.

PE anvendes i vid udstrækning som elektrisk isolationsmateriale og i nogen udstrækning som kappemateriale i telekabler og forsyningskabler.

I forsyningskabler anvendes foruden PE i vid udstrækning PEX som isolationsmateriale.

Der anvendes ofte PVC kappe til PE/PEX isolerede kabler p.g.a. PVC's gode mekaniske egenskaber.

Anvendelsen af PVC og PE/PEX fordelt på de 3 hovedgrupper af kabler fremgår af sammenligningsskemaerne.

Telekabler

I telekabler (coaxial kabler) anvendes i vid udstrækning PE som isolationsmateriale. PVC benyttes ofte som kappemateriale for antennekabler.

I instrument- og signalkabler anvendes ofte PE som isolations- og kappemateriale. Dette er særligt i forbindelse med installationer, hvor risikoen for korrosive produkter ved brand ikke kan accepteres.

Den høje dielektricitetskonstant i PVC medfører tab, der gør PVC problematisk som isolationsmateriale – dels over store afstande og dels ved højfrekvenstransmission.

Danske forskrifter for telekabler er ikke harmoniseret med internationale forskrifter.

I praksis indkøbes ofte PVC-kabler efter udenlandske nationale standarder, eksempelvis britiske, amerikanske eller tyske standarder.

Installationskabler

Installationskabler skal i Danmark overholde kravene til lavspændingsinstallationer, der fremgår af Stærkstrømsreglementet af 1962 (SR) afdeling B, afsnit 6, 7 og 8.

Kravene til materiale fremgår af SR afdeling B, afsnit 6 § 6.1, der nedenfor citeres i sin helhed:

"§ 6

MATERIALE, TVÆRSNIT, FARVEMÆRKNING

§ 6.1 Materiale

6.1.1 Ledninger skal vælges således, at de har tilstrækkelig mekanisk styrke efter anbringelsesmåde og de foreliggende driftsforhold.

6.1.2 Ledere i ledninger skal bestå af kobber eller aluminium.

Undtagelse:

Ledere i tilledninger skal bestå af kobber."

Det skal bemærkes, at begrebet ledning i SR afviger fra normalt sprogbrug. Begrebet ledning defineres i SR, afdeling B, afsnit 6, § 2.8, og definitionen resumeres nedenfor.

Ledninger omfatter (§ 2.8):

- Beskyttelsesleder (§ 2.8.1)
- Installationskabel (§ 2.8.2)
- Installationsledning (§ 2.8.3)
- Ledning (§ 2.8.4)
- Tilledning (§ 2.8.5)
- Luftkabel (§ 2.8.6)
- Hængeledning (§ 2.8.7)

I SR afdeling B, afsnit 6, § 6.4 er anført en tabel over de af CENELEC harmoniserede ledningstyper, som kan anvendes i stedet for de tidligere CEE og IEC typer i lavspændingsinstallationer. I tabellen oplistes følgende hovedtyper:

- Plastisolerede bøjelige ledninger
- Gummiisolerede bøjelige ledninger
- Plastisolerede monteringsledninger
- Plastisolerede enleder ledninger
- Gummiisolerede monteringsledninger.

I SR afdeling B, afsnit 7 "Lavspændingsinstallationer i områder af forskellige kategorier" er i bilag 1 anført en oversigt over tilladte

og ikke tilladte installationsmåder samt særlige krav til materiel afhængigt af områdekategori.

Et uddrag af SR afdeling B, afsnit 7, bilag 1 omhandlende ledninger er indsat som bilag 1 til dette afsnit.

Kravene til plastisolerede ledninger fremgår af SR afdeling C, afsnit 113 og 36.

Kravene til gummiisolerede ledninger fremgår af SR afdeling C, afsnit 102 og 37.

Hovedmængden af kabler og ledninger i lavspændingsinstallationer er PVC isolerede.

Hvor der stilles særlige krav om eksempelvis kuldebestandighed, varmebestandighed eller bøjelighed, anvendes andre isoleringsmaterialer, der oftest er gummibaserede.

Tidligere blev hovedsagelig anvendt installationskabler med isolation af naturgummi. I løbet af 1960'erne blev disse kabler udkonkurreret af PVC-isolerede kabler.

Naturgummiisolerede installationskabler har ikke været produceret i de sidste 10-15 år.

Forsyningskabler

Forsyningskabler anvendes til distribution af elkraft produceret på kraftværkerne og til forbrugerne (anlæg, bygninger m.v.) som principielt vist på fig. nr. 8.4.

Da PVC-kabler har en meget stor dielektrisk modstand, anvendes praktisk taget kun PE/PEX-isolation af kabler ved høje spændinger (24 kV til 172 kV). Som kappemateriale for disse kabler anvendes såvel PE som PVC, men ofte PVC på grund af gode mekaniske egenskaber.

Over 172 kV anvendes praktisk taget kun uisolerede luftledninger.

Forsyningskablernes sidste led, der føres ind i huse og på anlæg, benævnes stikledninger. Stikledninger skal overholde kravene til installationskabler og udføres derfor ofte af PVC.

I et "mellemspændingsområde" (under ca. 24 kV) er PVC kabler teknisk anvendelige, hvorfor både PVC- og PE/PEX kabler anvendes.

Danske forskrifter for forsyningskabler er ikke harmoniseret med internationale forskrifter.

Andre kabeltyper

Det skal bemærkes, at en betydelig del af de kabeltyper, der anvendes såvel indenfor som udenfor byggeri og anlæg, er helt eller delvist PVC-fri (men ikke nødvendigvis halogenfri).

Dette gælder eksempelvis:

- Offshore-kabler, der er halogenfri (oftest EPR-ethylen-propylengummi)
- Marinekabler (isolation: EPF-ethylenpropylengummi; kappe: chloroprengummi - i visse kabeltyper suppleret med armering af galvaniseret stålband og ydre kappe af PVC)

Fig. 8.4

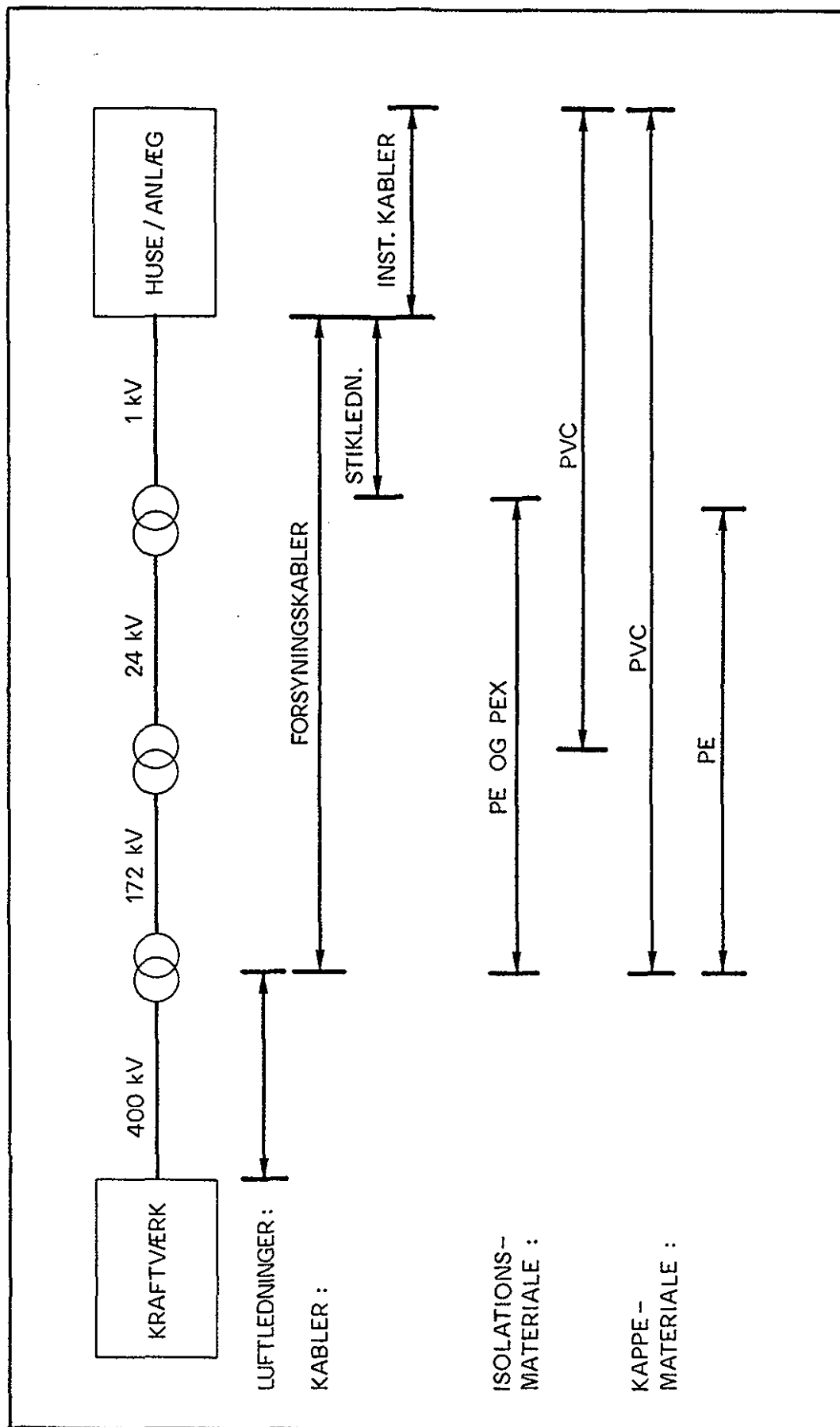


Fig. 8.4 Isoleringsmaterialers fordeling på kabeltyper.

Økonomiske data Inden for byggeri og anlæg er hovedmængden af anvendte kabler med små ledertværsnit.

Selve kabelprisen udgør for små ledertværsnit en beskeden del af totalinstallationsprisen (kabel + arbejds løn), se kurve 1, figur 8.3.

Ved stigende ledertværsnit udgør kabelprisen en stigende andel af totalinstallationsprisen, se kurve 1, figur 8.3.

I de økonomiske sammenligninger er installationsprisen udeladt. Installationsprisen afhænger af mange faktorer, bl.a.:

- Kabeltype
- Ledertværsnit
- Installationsstedets kompleksitet (eksempelvis trange pladsforhold).

Opgørelsen af omkostningerne for installation af kabler og for nedgravning af forsyningskabler vil blive særdeles omfattende og alligevel usikker, da pålidelige data ikke er tilgængelige for alle faktorer.

Det er acceptabelt at udelade installationsprisen, fordi den er rimeligt ens for kabler med ens ledertværsnit, uanset om isolations- og/eller kappemateriale er af PVC eller er af alternativt materiale.

Dermed udgøres prisforskellen mellem kabler med PVC-materiale og kabler med alternativt materiale udelukkende af forskellene i selve kabelprisen.

De relative indbyrdes kabelpriser mellem PVC-holdige kabler og kabler med alternativt materiale er vurderet ved indikering i forhold til PVC.

Miljødata

De relevante alternative materialer for kabler kan grupperes i PE-PEX/PE, gummi og halogenfri PEX-EVA/PE.

I den miljømæssige vurdering er der for PE-PEX/PE og halogenfri PEX-EVA/PE taget udgangspunkt i miljøvurderingen af PE/PP, dog korrigeret for et evt. halogenindhold. De miljømæssige fordele ved anvendelse af disse produkter ligger især i affaldsbortskaffelsen samt til en vis grad i arbejdsmiljøet og ved brand. Med hensyn til færdigvareproduktion,

brug og æstetik vil produkterne kunne si-destilles med de tilsvarende PVC-produkter.

I den miljømæssige vurdering af gummikabler er der taget udgangspunkt i miljøvurderingerne af de fire forskellige gummityper. Miljøproblemer er især knyttet til fremstilling af kablerne, dog afhængig af gummityper. Med hensyn til affaldsbortskaffelse er gummiprodukterne vurderet til at være mindre miljøbelastende end PVC på grund af et mindre indhold af miljøfremmede stoffer. Dog kan der i visse af gummityperne forekomme et vist chlorindhold, omend det ikke er så stort som i PVC.

Fordele/ulemper

Telekabler (PVC isoleret)

- Råvarer til og fremstilling af PVC telekabler er billige
- Gode brandegenskaber, men der dannes giftige og korroderende produkter ved udbrænding
- Gode mekaniske egenskaber
- God elektrisk isoleringsevne
- Høj dielektricitetskonstant gør PVC problematisk som isolationsmateriale dels over store afstande og dels ved højfrekvens-datatransmission (kapacitive koblinger og di-elektriske tab).

Telekabler (PE isolerede, med og uden halogen)
Tilsætning af halogener foretages kun af brandmæssige hensyn, hvorfor afsnittet behandler begge typer.

- Råvarer til og fremstilling af PE telekabler er billige; men dog dyrere end PVC.
- Gode mekaniske egenskaber.
- God elektrisk isoleringsevne.
- Lille dielektricitetskonstant (negligible kapacitive koblinger).
- Dårlige brandegenskaber. PE smelter og danner brændende dråber. Brandbestandigheden kan øges ved hjælp af tilsætningsstoffer, men tilsætningsstofferne ødelægger den elektriske isoleringsevne. Der findes halogenholdige og halogenfrie brandhæmmende tilsætningsstoffer.
- Der dannes ingen korrosive produkter ved brand af ubehandlet PE.
- Risiko for dannelse af giftige og korrosive produkter ved udbrænding af brandhæmmet PE.

Installationskabler (PVC isolerede)

- Råvarer til og fremstilling af PVC installationskabler er billige
- Gode mekaniske egenskaber

- God elektrisk isoleringsevne
- Høj di-elektricitetskonstant er af neglignabel betydning i spændingsområdet for installationskabler
- Gode brandegenskaber, men der dannes giftige og korroderende produkter ved udbrænding.
- DEMKO-godkendelse foreligger.

Installationskabler (gummiisolerede)

- Råvarer til og fremstilling af gummiisolerede kabler er dyre
- Dårligere tekniske egenskaber end PVC
- Prøvningsbestemmelser findes
- Dårlige brandegenskaber

Installationskabler (PE/PEX-isolerede)

- Godkendt kabel findes ikke, men vurderes som et realistisk alternativ
- Råvarer til og fremstilling af PE/PEX-installationskabler er billige, men dog dyrere end PVC
- Gode mekaniske egenskaber
- Gode elektriske egenskaber
- Dårlige brandegenskaber
- Godkendt kabel findes ikke

Installationskabler (halogen-frie)

- Råvarer til og fremstilling af halogen-frie installationskabler er meget dyre
- Gode mekaniske egenskaber
- Gode elektriske egenskaber (isolering af PEX)
- Gode brandegenskaber; lav røgudvikling og ingen halogen-forbindelser dannes ved brand
- DEMKO-godkendelse foreligger

Forsyningskabler (PVC isolerede)

- Råvarer til og fremstilling af PVC forsyningskabler er billige.
- Gode mekaniske egenskaber.
- God elektrisk isoleringsevne.
- Gode brandegenskaber, men der dannes giftige og korroderende produkter ved udbrænding.
- Uanvendelig til høje spændinger over ca. 24 kV på grund af store dielektriske tab.

Forsyningskabler (PE/PEX isolerede)

- Råvarer til og fremstilling af PE/PEX forsyningskabler er billige, men dog dyrere end PVC
- Gode mekaniske egenskaber
- God elektrisk isoleringsevne

- Lille dielektricitetskonstant medfører små dielektriske tab (PE/PEX er reelt eneste anvendelige isolationsmateriale ved spændinger over ca. 24 kV).
- Særdeles god ældningsbestandighed.
- Resistent overfor opløsningsmidler.

Udviklings- tendenser

Forbruget af kabler har været stigende i de seneste år, men dog følsomt over for variationer i byggeaktiviteten specielt for installationskablernes vedkommende.

Forbruget af kabler forventes stigende fremover, specielt inden for telekabler, p.g.a. forventede øgede aktiviteter inden for telekommunikationsområdet.

Internationalt er man opmærksom på nogle af de uheldige egenskaber ved PVC. Dette gælder specielt forholdene ved brande, hvor der er risiko for personskade som følge af giftig og ætsende røg dannet ved forbrænding af PVC og andre kunststoffer.

Specielt brande på offentlige steder, hvor mange personer opholder sig, eller hvor evakuering er vanskelig, kan være problematiske ved udvikling af giftig og ætsende røg.

Ætsende røg er endvidere problematisk ved brand i lokaler med tekniske installationer.

Dette gælder eksempelvis følgende steder:

- undergrundsbaner
- hospitaler/plejehjem
- højhuse
- stormagasiner/indkøbscentre
- EDB-rum

Dette har i første omgang medført øget overvågning af eksisterende installationer med nyudviklede røgdetektorer, som kan detektere nedbrydningsprodukter ("usynlig røg") i meget tidlige faser af brand i bl.a. PVC.

Der er markedsført DEMKO-godkendte halogenfrie installationskabler. På længere sigt må man forvente en international harmonisering af halogenfrie kabeltyper.

Brandbeskyttelse kan opnås ved indkapsling i metalrør, som er en udbredt metode i USA og UK (såkaldte "conduits").

Anvendelse af et PVC-alternativt materiale til kappe-, isolation- og fyldmateriale kan medføre, at brandbeskyttelse må udføres ved indkapsling i metalrør. I så fald gælder forudsætningen om ens installationspris for PVC-kabel og kabel i alternativt materiale ikke.

I forbindelse med etableringen af det indre marked i EF harmoniseres bestemmelserne i de enkelte lande.

I Danmark indføres nye installationsbestemmelser i 1990, der efter en overgangsperiode på ca 4 år helt skal erstatte de nuværende bestemmelser i Stærkstrømsreglementets afsnit 6, 7, 7A, 8, 10 og 11.

Forslaget til nyt Stærkstrømsreglement foreligger endnu ikke i sin helhed. På flere områder er der lagt op til en lempelse af kravene til materiel og installationer, men en skærpelse af kravene om dokumentation af projektering, udførelse og sikkerhed.

Det nye reglement vil blive baseret på de samme grundlæggende internationale normer, standarder og harmoniseringsdokumenter, som det nuværende reglement er baseret på.

SAMMENLIGNINGSSKEMA		PVC/PVC	PE-PEX/PE	GUMMI	Halogenfri
PRODUKTKATEGORI : installationskabler		1)	2)	3)	PEX-EVA/PE
PRODUKTION OG FORBRUG		1988			
Forbrug :	tons/år	11500 - 12300	0	250	0
PVC-resin	tons/år	5200 - 5500			
Produktion :	tons/år	10000	0	250	0
Import :	tons/år	1500 - 2300	0	negligibel	0
Eksport :	tons/år	negligibel	0	negligibel	0
Antal producenter i DK		1	0	1	1
PRODUKTOMKOSTNINGER		1989			
Kabelpris 100m, (4x1,5mm) 5)	index	100/100	130/?	250/?	350/170
Kabelpris 100m, (4x2,5mm) 5)	index	100/100	130/?	250/?	350/145
Kabelpris 100m, (4x25mm) 5)	index	100/100	130/?	250/?	350/115
Produktlevetid		-	?	-	?
VEDLIGEHOLD		-	-	-	-
SAMLET OMKOSTNINGER (kr /enhed/år)		x	x	x	x
MILJØFORHOLD 9)					
Eksternt miljø: Færdigvare-					
produktion		-	-	- 10)	-
Vedligehold/brug		-	-	-	-
genanvendelse		-	+	x	+
deponering		-	+	+	+
forbrænding		-	+ 11)	+	+++
Arbejdsmiljø		-	+	?	+
Brand		-	+	+	+
Æstetik		-	-	-	-
TEKNISKE FORHOLD					
Elektrisk isoleringsevne		-	+	+	+
Dielektricitetskonstant		-	+++	+	+++
Tabsfaktor (ved 50 Hz)		-	+++	+	+++
Gennemslagsspænding		-	-	-	-
Brudstyrke		-	-	-	-
Mekanisk slidstyrke		-	-	-	-
Vejrbestandighed		-	-	-	-
Ældningsbestandighed		-	-	-	-
Anvendelsestemperatur min/max °C		-5/+70	-20/+90	-25/+90	-15/+70
TEKNISK MULIG SUBSTITUTION					
- alle installationskabler %			100 6)	100 7)	100 8)

NOTER

- 1) Isolations- og fyldmateriale / kappemateriale.
- 2) Godkendt PE eller PEX isoleret kabel med PE kappe findes ikke, men vurderes som et realistisk alternativ. Salgspris kan derfor ikke angives.
- 3) Kabler med isolation og kappe af naturgummi produceres ikke mere. Oplysningerne gælder marinekabel med isolation af EPR og kappe af kloropren. Ikke godkendt, men vurderes som et realistisk alternativ. Salgspris kan derfor ikke angives.
- 4) Isolation af PEX med fyldkappe af EVA og udvendig kappe af PE-copolymer. Godkendt af DEMKO.
- 5) Produktionspris index / Salgsprisindeks (listepriser ultimo 1989)
- 6) Substitution mulig over en årrække. Prøvningsbetem. eksisterer ikke.
- 7) Substitution mulig over en årrække. Prøvningsbestem. eksisterer.
- 8) Kabeltypen kan produceres og leveres. Godkendt af DEMKO.
- 9) PE-PEX/PE og halogenfri PEX-EVA/PE bygger på vurdering af PE/PP.
- 10) Sammenstilling af forskellige gummityper.
- 11) Visse PE-PEX/PE kabler inderholder halogener til brandhæmning.

SIGNATURFORKLARING

- +++ meget bedre end PVC + bedre end PVC
 = samme som PVC
 --- meget dårligere end PVC - dårligere end PVC
 ? mangel på viden
 x kan ikke vurderes/ikke relevant

SAMMENLIGNINGSSKEMA									
		PVC		PE/PEX					
PRODUKTKATEGORI : Forsyningskabler 1)				2)					
PRODUKTION OG FORBRUG				1988					
Forbrug :				tons/år	2200 - 2400		2300		
PVC-resin				tons/år	900 - 1000				
Produktion :				tons/år	2000		2400		
Import :				tons/år	400 - 500		negligibel		
Eksport :				tons/år	100 - 200		100		
Antal producenter i DK					1		1		
PRODUKTMKOSTNINGER				1989					
Kabelpris									
> 24 kV 100 m (1X150mm) kr					findes ikke		20000		
1 - 24 kV 100 m (1X150mm) 3) index					100		130		
< 1 kV 1)									
Produktlevetid					=		=		
VEDLIGEHOLD					=		=		
SAMLET OMKOSTNINGER (kr /enhed/år)					x		x		
MILJØFORHOLD									
Eksternt miljø: Færdigvare-									
produktion					=		=		
Vedligehold/brug					=		=		
genanvendelse					=		+		
deponering					=		+		
forbrænding					=		+ 5)		
Arbejdsmiljø					=		+		
Brand					=		+		
Æstetik					=		=		
TEKNISKE FORHOLD									
Elektrisk isoleringsevne					=		+		
Dielektricitetskonstant					=		+++		
Tætsfaktor (ved 50 Hz)					=		+++		
Gennemslagspænding					=		=		
Brudstyrke					=		=		
Mekanisk slidstyrke					=		-		
Vejrbestandighed					=		-		
Ældningsbestandighed					=		-		
Anvendelsestemperatur min/max °C					-5/+70		-20/+90		
TEKNISK MULIG SUBSTITUTION									
- alle forsyningskabler %							100 4)		

NOTER

- 1) For forsyningskabler (<1 kV) gælder samme forhold som for installationskabler, se dette skema
- 2) PE/PEX mængde ialt for telekabler og forsyningskabler
- 3) Produktionspris index.
- 4) Substitution af stikledninger (indføring i bygninger) forudsætter revision af Stærkstrømsreglementet
- 5) Visse PE/PEX kabler indeholder halogener til brandhæmning.

SIGNATURFORKLARING

- +++ meget bedre end PVC + bedre end PVC
 = samme som PVC
 --- meget dårligere end PVC - dårligere end PVC
 ? mangel på viden
 x kan ikke vurderes/ikke relevant

ISAMMENLIGNINGSSKEMA		PVC	PE/PEX				
PRODUKTKATEGORI : Telekabler			1)				
PRODUKTION OG FORBRUG 1988							
Forbrug :	tons/år	900 - 1100	2300				
PVC-resin	tons/år	400 - 500					
Produktion :	tons/år	1000	2400				
Import :	tons/år	200 - 300	negligibel				
Eksport :	tons/år	200 - 300	100				
Antal producenter i DK		2	2				
PRODUKTOMKOSTNINGER 1989							
-kabelpris 100m (10x2x0,7mm)2) index		100	150				
Produktlevetid		=	=				
VEDLIGEHOLD		=	=				
SAMLET OMKOSTNINGER (kr /enhed/år)		x	x				
MILJØFORHOLD							
Eksternt miljø: Færdigvare-							
produktion		=	=				
Vedligehold/brug		=	=				
genanvendelse		=	+				
deponering		=	+				
forbrænding		=	+				
Arbejdsmiljø		=	+				
Brand		=	+				
Æstetik		=	=				
TEKNISKE FORHOLD							
Elektrisk isoleringsevne		=	+				
Dielektricitetskonstant		=	+++				
Tabsfaktor (ved 50 Hz)		=	+++				
Gennemslagspænding		=	=				
Brudstyrke		=	=				
Mekanisk slidstyrke		=	-				
Vejrbestandighed		=	-				
Ældringsbestandighed		=	-				
Anvendelsestemperatur min/max °C		-5/+70	-20/+90				
TEKNISK MULIG SUBSTITUTION							
- alle telekabler %			100				

NOTER

- 1) PE/PEX mængde ialt for telekabler og forsyningskabler
- 2) Produktionspris index

SIGNATURFORKLARING

- +++ meget bedre end PVC + bedre end PVC
 = samme som PVC
 --- meget dårligere end PVC - dårligere end PVC
 ? mangel på viden
 x kan ikke vurderes/ikke relevant

8.3 Vinduesprofiler

Abstract

Hård PVC anvendes til ramme- og karmprofiler til vinduer og vindueskonstruktioner. Vinduer fremstilles endvidere af:

- træ
- aluminium
- stål
- træ/aluminium

Stålprofiler anvendes kun til større vindueskonstruktioner, hvor materialets store bæreevne kan udnyttes.

Alle typer vinduer kræver et vist vedligehold. Det er nødvendigt at foretage en årlig smøring og justering af beslag samt eftersyn af tætnings- og glaslister. Tætningslister skal udskiftes med et interval på 5-10 år. Eneste vedligehold, der adskiller de forskellige vinduestyper, er nødvendigheden af en udvendig overfladebehandling af trævinduer med et interval på 5-10 år, og en overfladebehandling af aluminium med et interval på 20-30 år.

Vinduer, fremstillet af PVC, træ, aluminium, m.v., anvendes stort set til samme formål og med samme fysiske betingelser, dog er der en tendens til, at aluminium i stor udstrækning anvendes til specielle arkitektoniske løsninger. Aluminium har en stor styrke i forhold til materialetforbrug og vægt, og er derfor velegnet til større vinduer og vindueskonstruktioner. Vinduer af PVC og træ fremstilles i stor udstrækning ved serieproduktion.

Markedsforhold

Der bliver i Danmark i alt anvendt 1,0 - 1,1 mill. vinduesenheder årligt. Fordelingen imellem de ovenfor nævnte vinduestyper er:

- træ	ca 75% - 800.000 stk/år
- PVC	ca 20% - 200.000 stk/år
- aluminium, stål	ca 4% - 40.000 stk/år
- træ/aluminium	ca 1% - 10.000 stk/år

Der anvendes i Danmark årligt ca 3.000 tons PVC-profiler til vinduer. Dette svarer til en PVC-resin mængde på ca 2700 tons /1/.

50-60% af denne mængde importeres som råvarer; 40-50% importeres som færdige profiler eller vinduer, hovedsagelig fra Vesttyskland.

Tekniske data

Styrke- og elasticitetsegenskaberne for såvel PVC-profiler, træprofiler som aluminiumsprofiler kan varieres i meget stor udstrækning:

- For PVC varieres disse egenskaber ved opbygning af kamre og indlæg af stål- eller aluminiumsprofiler
- For træ varieres egenskaberne afhængigt af den anvendte træsort, samt hvorledes træet er lamineret
- For aluminium varieres egenskaberne ved legeringssammensætning

PVC- og aluminiumsprofiler fremstilles ved ekstrudering; træprofiler fremstilles enten ved tildannelse af savskåret træ eller ved laminering.

PVC-profiler har en længdeudvidelseskoefficient på $0,08 \text{ mm/m}^\circ\text{C}$. Dette begrænser længden på de anvendte profiler, specielt ved mørke profiler, idet der ved gentagne store opvarmninger og afkølinger sker en krympning i PVC, og vinduet dermed kan revne i samlingerne. PVC-profiler kan kun i korte perioder tåle temperaturer over ca 70°C .

Aluminium har tilsvarende en længdeudvidelseskoefficient på $0,024 \text{ mm/m}^\circ\text{C}$. For træ er denne størrelse forsvindende i forhold til de fugtdeformationer, der indtræder, hvis træet opfugtes. For vinduesprofiler af træ vil en overfladebehandling sikre imod skadelig opfugtning.

Aluminium har en lav varmeledningsevne på $170 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ i modsætning til PVC og træ på henholdsvis $0,15\text{--}0,20 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ og $0,15\text{--}0,40 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. Dette betyder, at det ofte er nødvendigt at indbygge et isolerende lag i alu-profilerne, således at kuldebroer undgås.

Økonomiske data

De samlede omkostninger (materialer, indbygning, m.m.) for et vindue, opbygget af PVC-profiler eller træ-profiler, $1,2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$ med dreje/kip-funktion, er ca 2.500 kr. pr stk. ekskl.moms. Tilsvarende omkostninger for alu/træ-vinduer eller aluminiumsvinduer er noget større, 3.500 kr. hhv. 3.700 kr.

Omkostningerne ved udvendig overfladebehandling af trævinduer ca. hvert 5.-10.år udgør ca 150 kr. pr vindue ekskl.moms. Heri er ikke indregnet evt. stilladsudgifter.

Miljødata

De relevante alternative materialer til vinduesprofiler er træ og aluminium samt en kombination af træ og aluminium. Miljøvurderingerne tager udgangspunkt i materialevurderingerne af træ og aluminium.

Miljøproblemerne ved anvendelse af træ og aluminium er primært knyttet til belastning af det eksterne miljø ved færdigvarefremstillingen og arbejdsmiljøet.

Med hensyn til brand er aluminiumsvinduer bedre end PVC-vinduer, mens trævinduer vurderes at være bedre æstetisk.

Affaldsbortskaffelse af træ- og aluminiumsvinduer ved forbrænding vurderes til at være bedre end for PVC, mens deponering sidestilles.

Fordele/ulemper

På grund af PVC's termiske længdeudvidelse anvendes PVC-profiler kun til vindueskonstruktioner med profiler i begrænsede dimensioner.

PVC og aluminium er brandteknisk sikre materialer, idet disse ikke bidrager til udvikling af en brand. Dette forhold er ikke gældende for trævinduer.

Skader på PVC- og aluminiumsprofiler er vanskelige at reparere, hvorfor totaludskiftning af vindueskonstruktioner ofte foretages. Dette gælder i en vis udstrækning også for trævinduer, men det er dog her muligt at reparere vinduerne med en efterfølgende overfladebehandling.

For at træprofiler kan opnå en holdbarhed svarende til PVC- og alu-profiler skal der foretages en kemisk træbeskyttelse.

Udviklingstendenser

Den nuværende markedsfordeling har været nogenlunde konstant igennem flere år. De sidste par år viser dog en øget interesse for anvendelse af trævinduer, afdækket udvendigt med en alu-kappe. Herved opnås træprofilernes egenskaber indvendigt, og alu-profilernes udvendigt.

Der er i udlandet søgt fremstillet vinduer opbygget af andre plastprodukter end PVC, eksempelvis ASA, SAN, ABS, PS, PC, GUP og PUR. Ingen af disse forsøg har resulteret i markedsførte profiler i større udstrækning.

ABS og PC er de mest nærliggende alternativer, men er væsentligt dyrere.

SAMMENLIGNINGSSKEMA						
PRODUKTKATEGORI : vinduesprofiler	PVC	TRÆ	ALU, STÅL	ALU/TRÆ		
PRODUKTION OG FORBRUG	1985					
Forbrug :	tons/år	3.000				
PVC-resin	tons/år	2.700				
Forbrug af vinduesenheder 1)	stk/år	200.000	800.000	40.000	10.000	
Eksport	stk/år	?	?	?	?	
Import	stk/år	?	?	?	?	
Antal producenter						
-profiler	stk	2	mange	enkelte	enkelte	
-færdige vinduer	stk	mange	mange	enkelte	mange	
PRODUKTMKOSTNINGER						
Salgspris inkl. indbygning	index	100	100	140	160	
Produktlevetid		=	=	=	=	
VEDLIGEHOLD SOMKOSTNINGER						
Maling	år		5,10,15,20,25	10,20	25	
	kr/ stk/gang		150 2)	150 2)	175	
SAMLET OMKOSTNINGER	kr /enhed/år		-	-	-	
MILJØFORHOLD						
Eksternt miljø; Færdigvare-						
produktion		=	-	-	=	
vedligehold/brug		=	=	=	=	
genanvendelse		=	x	x	=	
deponering		=	=	=	=	
forbrænding		=	+	+	+	
Arbejdsmiljø		=	-	-	=	
Brand		=	=	=	+	
Åstestik		=	+	+	=	
TEKNISKE FORHOLD						
Dimensioner		mindre 3)	alle	alle	alle	
Styrke		=	=	=	=	
Brand		=	-	-	=	
Brugervenlighed		=	(=)	(=)	=	
TEKNISK MULIG SUBSTITUTION						
-		alle dim.	100% 4)	100% 4)	100% 4)	

NOTER

- 1) definition af gennemsnitsprodukt: 1.2m x 1.2m vindue, dreje/kip
- 2) ved stort antal, excl. stillads.
- 3) p.gr. af PVC's længdeudvidelse produceres kun profiler i begrænsede dimensioner.
- 4) alle dimensioner der bliver fremstillet i PVC.

SIGNATURFORKLARING:

- +++ meget bedre end PVC + bedre end PVC
 = samme som PVC
 --- meget dårligere end PVC - dårligere end PVC
 ? mangel på viden
 x kan ikke vurderes/ikke relevant

8.4 Tagdækningsmaterialer

Abstract

PVC anvendes til tagfolier, som benyttes til tagdækning. Af andre tagdækningsmaterialer kan nævnes traditionelt tagpap, polymerbitumenprodukter og gummiduge.

Markedsforhold

Tagpap og polymer-bitumenprodukter (SBS-tagpap) udgør ca 80-90% af forbruget af tagdækningsmaterialer, og tagfolier og -duge ca 10-20%. Heraf udgør PVC-folier ca 10-15% med voksende tendens.

Gennem de seneste 10-20 år har kunststofprodukter været afprøvet i praksis, hovedsageligt i udlandet, men også herhjemme. Erfaringerne fra disse afprøvninger har resulteret i kunststofprodukter, som hensigtsmæssigt oplagt også kan anvendes på det danske tagdækningsmarked.

Kunststofprodukterne - tagfolier og -duge - kan opdeles i hovedgrupperne: plastomere og elastomere. PVC er den mest anvendte plastomer; EPDM den mest anvendte elastomer.

Der findes en række varianter inden for grupperne blandt andet:

Plastomere:

Produktnavn

PVC	Polyvinylklorid
CPE	Kloreret polyetylen
EVC	Etylenvinylacetat
PE	Polyetylen
ECB	Polyetylenbitumen
PIB	Polyisobutylene
PP	Polypropylen

Elastomere:

Produktnavn

EPDM	Etylen propylen dien monomere
CSPE	Klorsulfoneret polyetylen
IIR	Butyl-Gummi
NBR	Nitrilbutadien- gummi

De plastomere produkter er karakteriseret ved i overvejende grad at have plastiske egenskaber, hvorimod de elastomere produkter er karakteriseret ved at have elastiske egenskaber.

På det danske marked markedsføres en række plastomere tagfolier, hvoraf størstedelen er baseret på PVC og i mindre udstrækning på CPE.

Der findes to producenter af PVC-folier til tage i Danmark, og ingen producenter af CPE-folier. Der importeres af folier fra bl.a. Norge, Vesttyskland, Schweiz og Belgien.

CPE-folier har en meget begrænset udbredelse i Danmark, men importeres fra bl.a. Vesttyskland.

På det danske marked markedsføres desuden en række elastomere tagduge, hvoraf størstedelen er baseret på EPDM, og i mindre udstrækning CSPE.

EPDM-folier produceres ikke i Danmark, men importeres fra bl.a. Sverige, Italien og USA. Der er en enkelt producent af CSPE-folie i Danmark.

Tekniske data

Tagfolie-produkter kan fremstilles som et homogent kunststofmateriale eller som en kombination af kunststoffet og en armering. Denne kan være en filt eller vævet dug fremstillet af enten glasfiber, polyesterfiber eller anden syntetisk fiber. I dag er hovedparten af tagfolier armeret. Armeringen kan være indlagt i kunststoffet, eller den kan være anbragt som bagside på folien, således at de kan klæbes til underlaget.

Tagfolie-produkter bør ikke anvendes i tykkelser under 1,2 mm.

Tagfolier produceres i bredde fra 1,0 - 2,0 m. Hver type har sin særlige samlingsmetode i overlæg fra bane til bane. Der findes varmluftsvejsning, opløsningsmiddelsvejsning, kontaktilimning, klæbning og vulkanisering.

De fleste typer folier anvendes løst udlagt og mekanisk fastgjort mod vindsug med beslag. Tagfolierne kan også fastholdes under stenballast. Endelig findes også folier og duge med filtbagside, således at de kan klæbes til underlaget.

PVC-folier indeholder op til ca 40% blødgørere, og er desuden tilsat UV-stabilisatorer. Kvaliteten af en PVC-folie afhænger af de anvendte blødgørere. Tidligere blev anvendt blødgørere, som PVC afgav i løbet af 5-10 år, hvorved PVC-folien blev stiv og skrøbelig. Med de i dag anvendte blødgørere kan PVC-folie bevare den nødvendige elasticitet i 20-40 år.

CPE-folier minder i udseende, egenskaber og anvendelse meget om PVC-folier. CPE indeholder ikke blødgørere.

EPDM-folier samles ofte i store duge på fabrik, tilpasset en større tagflade. De store duge samles derefter på taget ved klæbning. For opnåelse af modstand mod brand må EPDM-dugene ofte belastes med passende tykt stenlag.

Tagpap og poplymer-tagpap produceres i dag hovedsageligt med en armering af polyesterfiberfilt. Bitumendelen kan være almindelig oxyderet bitumen eller en polymerbitumen. SBS-tagpap har således et indhold på ca 12% SBS-gummi i bitumenmatricen til sikring af en ønskværdig elasticitet.

Økonomiske data	Generelt er tagfolier lidt dyrere end traditionelt tagpap (ca 20% afhængig af opgavens art). Store flader uden gennemføringer til ovenlys, ventilationskanaler, m.v., billiggør folieløsningerne, men til gengæld har disse fordele i præfabrikerede hjørner, som ved inddækninger af installationer giver større sikkerhed mod kommende utætheder. Folier er stort set ens i pris, dog kan markedet og udbudet få priserne til at variere indbyrdes.
-----------------	---

Miljødata	Der foreligger ingen nærmere miljøvurdering af de mest gængse alternativer på dette område.
-----------	---

Fordele/ulemper	Tagfolier kan udlægges på alle tagflader, hvor taghældningen ifølge almindeligt gældende regler (BR 82) er større end 1:40. I renoveringssammenhæng kan dog tillades mindre hældninger.
-----------------	---

Da kunststoffolier er meget glatte i fugtigt vejr, skal der ved hældning over 1:20 træffes særlige foranstaltninger, f.eks. ved etablering af rækværk langs tagets kanter.

Tagpap og SBS-tagpap kan anvendes ved taghældninger som nævnt for tagfolier.

Udviklings- tendenser

Markedsandelen for tagfolier og -duge stiger i disse år. Dette skyldes bl.a. indførelse af en producentydnet forsikringsmæssig garantiordning for holdbarhed på 15 år. Tagpapbranchen har i 1989 indført en tilsvarende garanti på tagpapdækninger, dog kun på 10 år.

8.5 Profiler og lister

Abstract

Profiler og lister af PVC kan substitueres med materialerne: træ, aluminium, stål og andre plasttyper, afhængig af det enkelte PVC-produkts funktion.

Markedsforhold

PVC-profiler og -lister i såvel hård som blød PVC anvendes i stor udstrækning til fremstilling af bl.a.:

- tætningslister til vinduer og døre, m.v.
- inddækninger og kantaafdækninger på tagkonstruktioner
- sålbænke
- indfatninger og karme til døre og vinduer, se desuden afsnittet om vinduesprofiler
- profiler til trappetrin og gelænderhåndlister, m.v.
- fodpaneler og klemmlister til afdækning af el-ledninger, m.m.
- bordkanter o.lign.
- glaslister på forsats- og termovinduer
- diverse andre profiler og lister

Tekniske data

Det er muligt at anvende alternative materialer til substitution af PVC på en lang række af ovennævnte anvendelsesområder.

Til tætningslister kan anvendes plasttyperne: PE, PP, PUR og TPE.

Til inddækninger og kantaafdækninger på tagkonstruktioner kan anvendes aluminium, zink, glasfiber og fiberbeton.

Til sålbænke, fodkanter og vandnæser kan anvendes aluminium, zink, glasfiber og fiberbeton.

Til dør- og vinduesindfatninger kan anvendes træ, aluminium og stål.

Til trappetrinfor kanter og gelænderhåndlister kan anvendes træ og aluminium samt i begrænset omfang stål, beton og PA.

Til fodpaneler og klemmlister kan der anvendes træ.

Til håndlister og vinkellister kan anvendes GUP og PFP samt træ.

Til dørtrin, pyntelister og diverse andre anvendelser kan PVC substitueres med træ.

Økonomiske data På grund af de mange forskellige typer profiler og lister er det ikke muligt at opstille generelle retningslinier for prisforskellen mellem PVC-produkter og produkter af andre materialer.

Som eksempelvis prissammenligninger kan anføres oplysninger fra V&S-håndbogen: At levere og oplægge:

- vinduesindfatninger
PVC hvid: indeks 100
PVC brun: 110
fyrretræ: 80
- fodlister
PVC farvet: indeks 100
fyrretræ: 80-85
- inddækninger ved tagfod og vindskede
PVC hvid: indeks 100
PVC brun: 110
zink nr.12: 130

Miljødata Miljøvurderingerne på dette produktområde vil i store træk svare til materialevurderingerne som angivet i afsnit 6.

Fordele/ulempes Substitution med træ og stål vil øge behovet for vedligehold.

Øget brug af træ og visse plastmaterialer vil øge mængden af brændbare materialer i bygnin-
gerne.

8.6 Ovenlys, lyspaneler, m.m.

Abstract Der anvendes i meget stor udstrækning plastmaterialer til den transparente del af ovenlys, glaspartier og lyspaneler.

Til ovenlyskupler og vinduesmaterialer anvendes PVC kun i begrænset omfang, idet der primært anvendes acryl (PMMA), polycarbonat (PC), og glasfiberarmeret polyester (GUP).

Derimod anvendes PVC i større udstrækning i lyspaneler, hvor materialets større styrke kan udnyttes. PVC-lyspaneler anvendes til lysbånd over fabrikskaller, lagerkaller, carporte, m.m. Alternativt hertil anvendes PC.

Markedsforhold

Det har ikke været muligt at opgøre anvendelsen af PVC og alternative materialer til ovenlys, lyspaneler og glaspartier.

Tekniske data

Lyspaneler af PVC og PC fås med forskellige frie spændvidder, typisk fra 2 m til max. 6 m, afhængig af paneltykkelsen. Spændvidden afhænger desuden af, om panelerne er plane eller med pilhøjde, idet en pilhøjde på f.eks. 6 cm øger den frie spændvidde.

Ved større spændvidder er det nødvendigt med en bærende konstruktion af eksempelvis aluminium, stål eller træ.

U-værdien for lyspaneler ligger typisk på størrelsen 1,8 - 2,0 W/m²°C.

Udvidelseskoefficienten for PVC-lyspaneler er 0,08 mm/m°C; for PC 0,07 mm/m°C. Det er derfor for begge materialer nødvendigt at sikre bevægelsesmulighed ved lange paneler.

Ovenlys og lyspaneler af GUP og PVC har ikke så stor slagstyrke som produkter af PMMA og PC.

Såvel PVC- som PC-ovenlys og -lyspaneler er ikke let antændelige. De bidrager ikke til udviklingen af en brand.

Økonomiske data

Omkostningerne ved indbygning af ovenlys og lyspaneler er uafhængige af materialet af den transparente del.

Levetiden for PVC-, PC-, PMMA- og GUP-ovenlys og -lyspaneler må forventes at være den samme.

Som eksempelvis prissammenligninger kan anføres oplysninger fra V&S-håndbogen: At levere og oplægge:

- ovenlysplader, enkelt-lag til bølgeeter-nit
PVC, uarmeret: indeks 100
GUP: 110-115
- trapez-tagplader, 2 lag glas
PVC: indeks 100
Jumbo: 150
GUP: 155
- lyspanel:

Miljødata Der foreligger ingen nærmere miljøvurdering af de mest gængse alternativer på dette område.

Fordele/ulemper Alle de omtalte lyspaneler er typisk godkendt som ikke-letantændelige tagelementer med kort kollapseid. Det betyder, at de kan anvendes som ikke-oplukkkelige brandventilationsåbninger.

På grund af PC's og PMMA's større slagstyrke anvendes disse materialer på steder, hvor der er stor risiko for hærverk, tung gangtrafik, m.m.

Plastmaterialer har en meget lav vægt i forhold til deres styrke. Det betyder, at ovenlys og lyspaneler kan udføres med minimale bærende konstruktioner i forhold til eksempelvis en glaskonstruktion.

8.7 Skilte

Abstract Til skilte anvendes især acryl (PMMA), polycarbonat (PC) og aluminium; PVC, opskummet PVC, polystyren (PS) og træ anvendes i begrænset omfang.

Skilte er et minimalt anvendelsesområde med hensyn til brugen af PVC.

Markedsforhold Det har ikke været muligt at opgøre anvendelsen af PVC og alternative materialer til skilte.

8.8 Folier

Abstract Folier anvendes til en række forskellige formål inden for byggeriet. Folier fremstillet af PE eller blød PVC anvendes til fugtstandsende lag i kældergulve, -vægge, facader, m.m.

PVC-folier anvendes i mindre udstrækning som undertage under tegl-, skifer- og lignende tagdækningsmaterialer. Alternativt hertil anvendes i stor udstrækning PE, asfaltbelagt PP eller hårde træfiberplader.

Folier af PE og PVC anvendes endvidere som overdækningsmateriale under opførelse af en bygning.

Bløde folier af PVC og elastomere, eksempelvis EPDM, anvendes som membraner under lossepladser, på broer, parkeringsdæk, tunneler og bassiner, m.m.

Markedsforhold

Det har ikke været muligt at opgøre anvendelsen af PVC og alternative materialer til dette formål.

8.9 Gulv- og vægbelægninger

Abstract

PVC anvendes til gulvbelægning i mange forskellige udformninger og i sammensætning med mange forskellige materialer.

Der er 2 principielt forskellige udlægningsmetoder for gulvbelægninger.

Til udstøbning på stedet anvendes PVC-PVAC-copolymer. Som alternativ hertil anvendes PVAC, acryl, epoxy, polyester eller PUR-harpiks.

Til direkte udlægning på undergulv fremstilles færdigvarer i mange forskellige materialer og i mange forskellige udformninger. De vigtigste gulvbelægningsmaterialer er:

- Linoleum og korkment
- Vinyl (banevare, PVC):
 - . homogene vinylbelægninger
 - . skumvinyl
 - . Cushioned vinyl (flerlag)
- Vinyl (fliser, PVC):
 - . PVC fliser
 - . Kvartsvinyl
- Nålefilt
- Tæpper med:
 - . latex bagside
 - . PVC bagside
 - . PP bagside

- Gummi
- Kork:
 - . natur
 - . med PVC-slidlag og PVC-folie-bagside
- Kokos (fibervæv)
- Træ (fyr, bøg, eg, kastanie, ask m.fl.):
 - . parket
 - . massivt
 - . lamineret
- Klinker og fliser
 - . keramiske fliser
 - . mosaik
 - . natursten
 - . teglfliser
 - . glasbyggesten

Vægbeklædning fremstilles tilsvarende af en lang række forskellige materialer, hvoraf de vigtigste er:

- Papir
- Hessian
- Glasvæv
- PVC:
 - . Vinyltapet under 0,6 mm
 - . Skumvinyl
 - . Vægvinyl over 0,6 mm
 - . Vægvinyl i vådrum min. 1 mm
- Vægkork, natur

Markedsforhold

Som anført i afsnit 1.3 blev der i 1985 anvendt 5.300 tons PVC-compound til gulv- og vægbeklædninger. På grund af den meget forskellige sammensætning og anvendelse har det ikke været muligt nøjagtigt at opgøre, hvor stor en mængde PVC-resin dette svarer til.

Det har ikke været muligt at opdatere anvendelsen af PVC og alternative materialer til væg- og gulvbelægnings.

Danske virksomheder producerer kun en lille del af denne mængde. Størstedelen importeres fra Vesttyskland, Sverige, m.fl.

Tekniske data

Gulvbranchens Samarbejds- og Oplysningsråd (GSO) har udgivet en håndbog: "GSO Gulvfakta" med en lang række oplysninger om de anvendte gulv- og vægbeklædninger i Danmark. I denne håndbog er anført seneste data samt anvendelsesområder for de enkelte gulv- og vægbeklædninger.

Håndbogen anfører følgende sammensætning af de enkelte produkter. For en mere detaljeret gennemgang af sammensætning og tekniske data henvises til håndbogen.

Linoleum er en organisk gulvbelægning fremstillet af oxideret linolie, natur- og kunstharpikser, korkmel, træmel og farvepigmenter, valset på et bærelag af jutevæv.

Korklinoleum er en organisk gulvbelægning med samme opbygning som linoleum, dog med en højere procentdel groft formalet kork valset på et bærelag af jutevæv. Korkment anvendes dog kun til trinlydsdæpende underlag for visse belægningsarter.

Korkment er fremstillet af en blanding af oxideret linolie, natur- og kunstharpikser, korkmel og træmel valset på et bærelag af jutevæv.

Homogene vinylbelægningsarter fremstilles af PVC med tilsætning af farvestoffer, stabilisatorer, fyldstoffer og blødgørere. For svejsbare belægningsarter bør fyldstofindholdet ikke være over 50%

Vinyl med skumunderlag fremstilles af PVC med blødgørere, iblandet stabilisatorer, fyldstoffer og farvepigmenter i en lang række udførelser på vidt forskellige kvalitetsniveauer.

Cushioned vinyl er en flerlags vinylbelægning, der kan anvendes til gulve og vægge i tørre rum. Opbygningen er typisk:

- struktureret slidlag af PVC
- fjedrende mellemlag
- stabiliseringslag

Gulvbelægningsarter af gummi er fremstillet af naturlig eller syntetisk latex iblandet vulkaniseringsmidler, fyldstoffer samt diverse pigmenter. Gummibelægningsarter er udvalset i baner eller støbt i fliser.

Korkgulvbelægninger fremstilles ud fra kork-egen, der vokser i bl.a. Portugal, Spanien og Nordafrika. Materialet gennemgår forskellige processer og leveres:

- ubehandlede i tykkelser indtil 8 mm i formatet 300•300 mm.
- med slidlag på 0,5-0,7 mm ren PVC og en præget PVC-folie med fyldstoffer på bagsiden, med en tykkelse på ca. 3,2 mm og i formaterne 300•300 mm og 900•150 mm.

Kvartsvinyl er fremstillet af PVC, stabilisatorer, pigmenter og siliciumkvarts.

Økonomiske data På grund af de mange forskellige typer gulv- og vægbeklædninger er det ikke muligt at opstille generelle retningslinier for prisforskellen mellem PVC-produkter og produkter af andre materialer.

Miljødata Der foreligger ingen nærmere miljøvurdering af de mest gængse alternativer på dette område.

Fordele/ulemper PVC anvendes i stor udstrækning til gulv- og vægbeklædning i våde rum. Ved anvendelse af PVC-produkter er det tilstrækkeligt med en let konstruktion som underlag. For de øvrige materialer, hvormed det er muligt at skabe vandtæthed, er det nødvendigt med en tung konstruktion. Specielt i forbindelse med renovering af den ældre boligmasse er det vanskeligt at etablere en tung konstruktion.

Udviklings-tendenser Med den nuværende viden findes der ingen alternative plastprodukter til anvendelse i våde rum. Det er her nødvendigt med en produktudvikling.

Teknologisk Institut har et sideløbende/-efterfølgende projekt om "Substitution af PVC-plast til gulv- og vægbeklædning med andre plastmaterialer".

I dette projekt foretages en mere detaljeret analyse af mulighederne for substitution af PVC-anvendelsen til gulv- og vægbeklædninger.

9 Økonomiske aspekter af PVC-substitution

9.1 Økonomivurderinger

Selvom det ikke har været muligt inden for rammerne af dette projekt at vurdere alle de relevante økonomiske aspekter af alternativer til PVC i bygge- og anlægssektoren, beskrives i det følgende generelle overvejelser med hensyn til

- . brugerøkonomi,
- . virksomhedsøkonomi og
- . samfundsøkonomi

i forhold til projektets materialeudredninger. De generelle økonomiovervejelser vil være helt parallelle for PVC-substitution inden for alle de øvrige anvendelsesområder.

Endvidere skitseres gennem en case for afløbsrør og kabler konturen af en række mulige - økonomiske opfølgingsanalyser vedrørende substitution af PVC.

Brugerøkonomi

Brugerøkonomi i forhold til PVC-substitution kan principielt opdeles i to komponenter nemlig

- . meromkostninger i produktionen af PVC-alternativer
- . forbrugernes villighed til at betale for at bibeholde PVC-produkterne.

Forbrugernes betalingsvillighed i forhold til PVC-produkterne er imidlertid mindre relevant, for såvidt angår PVC i bygge- og anlægssektoren. Forbrugerpræferencerne med hensyn til boligvalg og -udformning ligger således forholdsvis fjernt fra PVC-materialevalget i byggeriet. De fleste PVC-produkter i denne sektor er således dårligt nok synlige for brugeren, og produktvalget kan forudsættes at ske ud fra strengt økonomiske/tekniske vurderinger.

Det må derfor også antages, at det indenfor bygge- og anlægssektoren vil være relativt vanskeligt at få reduceret PVC-forbruget væsentligt alene gennem påvirkning af forbru-

gerholdninger. Mens det må antages at ændrede forbrugerholdninger klart kan påvirke forbruget af f.eks. PVC-emballage, så vil en PVC-substitution i bygge- og anlægssektoren formodentlig kræve reguleringsindgreb.

Virksomhedsøkonomi

Principielt er virksomhedsøkonomien ikke forskellig fra brugerøkonomien. Når den alligevel tages op her som et selvstændigt emne, er det for at kunne vurdere PVC-substitutionens effekter for de enkelte del-brancher i industrien:

- . PVC produkter
- . Alternative plastprodukter
- . Alternative ikke-plastprodukter

Dette er specielt relevant i forhold til overvejelser om tidshorizonten for en substitution af PVC-produkter, hvor bl.a. spørgsmålet om omkostningerne ved omstrukturering af produktionskapaciteten må overvejes. Vil en del af produktionsapparatet således blive kasseret før det er økonomisk udtjent?

Hvis tidshorizonten for en substitution af PVC er forholdsvis kort, vil der være to andre forhold af betydning for størrelsen af omkostningerne ved et overflødiggjort produktionsapparat for PVC-produkter:

- . er Danmark på det pågældende tidspunkt ene om en substitution, og
- . vil eksport af dansk produktionsudstyr blive reguleret.

Såfremt eksport af dansk produktionsudstyr fra PVC-industrien vil være mulig må omkostningerne ved overflødiggjort produktionsudstyr i forbindelse med en PVC-substitution antages at være beskedne.

Samfundsøkonomi

I forlængelse af bruger- og virksomhedsøkonomien indebærer det samfundsøkonomiske perspektiv på PVC-substitution yderligere en analyse af substitutionsomkostningerne i forhold til de målbare miljøeffekter af et reduceret PVC-forbrug.

Endvidere adskiller samfundsøkonomien sig fra brugerøkonomien på to områder:

- . Afgifter/subsidier medregnes ikke i en samfundsøkonomisk vurdering
- . Produktionsomkostningerne (samfundsøkonomi) er ikke altid identiske med salgspriserne (brugerøkonomi)

Med hensyn til den sidstnævnte balance mellem produktionsomkostningerne (inkl. en "normal" forrentning af kapitalen) og salgspriserne (renset for afgifter/subsidier) da kan der som regel være en væsentlig forskel når enten

- . begrænsninger i de reelle konkurrenceforhold muliggør et ekstra stort kapitalafkast eller
- . virksomhedsstrategiske markedsovervejelser medfører en salgspris som ikke dækker alle de faste omkostninger (eksempelvis i forbindelse med introduktionen af et nyt produkt på markedet).

Endelig ville det under en samfundsøkonomisk analyse også være relevant at vurdere både beskæftigelseseffekter og betalingsbalanceeffekter af et givet PVC-substitutionsscenario.

Det er netop ud fra et samfundsøkonomisk perspektiv vigtigt at få belyst omkostninger og miljøeffekter af PVC-substitution indenfor de enkelte detailanvendelsesområder.

Som den efterfølgende case også illustrerer er der stor forskel på omkostningerne ved de enkelte PVC produkt-alternativer. Det vil derfor være afgørende for de samlede substitutionsomkostninger ved en substitution af PVC, på hvilket tidspunkt og i hvilket omfang de enkelte alternative produkter er til rådighed.

En samfundsøkonomisk analyse af konkrete projekter for substitution af PVC må tage hensyn til:

- de miljømæssige gevinster ved substitutionen
- substitutionsomkostningerne på de enkelte anvendelsesområder

- forventede ændringer i substitutionsomkostningerne som følge af teknologisk produkt- og processudvikling.

Analyserne kan kortlægge de samfundsøkonomiske konsekvenser af både tidsprofilen for PVC-substitutionen og effekten af en eventuel differentieret regulering for de enkelte anvendelsesområder.

På de følgende sider illustreres to case-eksempler omkring de økonomiske aspekter ved en substitution af henholdsvis PVC-afløbsrør og PVC-holdige installationskabler. Da det ikke inden for projektets rammer har været muligt at indsamle fyldestgørende data om produktionsomkostningerne for alle produkter, er der i det følgende taget udgangspunkt i produkter-nes listepriser (ekskl. moms).

Det er endvidere vigtigt at være opmærksom på, at dagens listepriser for de alternative produkter afspejler en produktionsstruktur og et produktionsomfang, som vil ændres ganske betragteligt ved en konkret substitution af PVC-produkter. Stordriftsfordele og mulige teknologivindinger ved opbygning af ny produktionskapacitet som følge af en kraftigt øget efterspørgsel vil muliggøre lavere salgspriser for de fleste alternative produkter.

9.2 CASE: Afløbsrør

Afløbsrør er det største enkeltanvendelsesområde for PVC. Skønsmæssigt anvendes der årligt 12.000 tons PVC-resin til afløbsrør, hvilket svarer til ca. 30% af PVC-forbruget i bygge- og anlægssektoren.

Anvendelsesområdet for afløbsrør kan groft opdeles i:

- . Hovedledninger
- . Huskloakledninger (inkl. faldstammer m.v.)

Med udgangspunkt i den typiske dimensionering af rør m.v. i disse to anvendelseskategorier beskrives nedenfor anlægsomkostningerne per løbende meter for PVC produkter og de alternative plast og ikke-plast produkter. Omkostningerne bygger på kendte listepriser for de enkelte produkter samt standard monterings-

omkostninger (excl. moms) som anført i afsnit 8.1. Visse af de alternative kloakrørinstallationer i huse vil optage mere plads end PVC-installationer. Omkostningerne ved et eventuelt ekstra pladsforbrug er ikke værdisat.

1. Hovedledninger

Ø 300 mm lagt i ca. 2 m dybde inkl. grus og tilfyldning. Der er forudsat åbent terræn uden belægning og brønde medregnes ikke. Længde ca. 500 m.

Hovedledninger		Anlægsomkostninger			
		kr/m	Korrigeret for levetid + vedligehold *) kr/m	Merpris for ikke-PVC produkt kr/m	Merpris for ikke-PVC produkt kr/kg PVC **)
PVC	Ø 280 overfl.vand	370			
	Ø 315 klasse N	490			
	Gennemsnit	430	430		
PEM	Ø 300 tryktrin 6	506	506	76	8
Beton	Ø 300	320	356	-74	-8
Glaserede lerrør	Ø 300	415	415	-15	-2

*) Anlægsomkostningerne er korrigeret for forskelle i levetid og vedligehold.

**) Merprisen per kg anvendt PVC erstattet med de alternative materialer.

2. Huskloakledninger

Ø 110 mm i gulv, toiletgruppe med 4 WC + 2 GA, ekskl. GA skål. Længde ca. 10 m fra fjerneste tilslutning til brønd, ekskl. brønd, men inkl. grene og forbøjninger.

Huskloakledninger		Anlægsomkostninger			
		kr/m	Korrigeret for levetid + vedligehold *) kr/m	Merpris for ikke-PVC produkt kr/m	Merpris for ikke-PVC produkt kr/kg PVC **)
PVC	Ø 110 klasse N	158	158		
PEM	Ø 110 tryktrin 10	340	340	182	110
ABS	Ø 110	230	230	72	44
PP	Ø 110	230	230	72	44
Beton	Ø 110	160	178	20	12
Glaseret stentøj	Ø 110	174	174	16	10
Støbejern	Ø 100	395	439	281	170
Rustfri stål	Ø 110	880	880	722	436

*) Anlægsomkostningerne er korrigeret for forskelle i levetid og vedligehold.

**) Merprisen per kg anvendt PVC-resin erstattet med de alternative materialer. Der er regnet med at fittings (grene og fodbøjninger) udgør en mervægt på 20% per løbende meter rør.

3. Faldstammer

Ø 110 mm stamme gennem en etage med 45 gr. afgrening til afløbsgruppe med 1 WC + 1 GA + 1 KV, inkl. 3*45 gr. gren, 3*87 gr. bøjning og 3 vandlåse.

Faldstammer		Anlægsomkostninger			
		kr/m	Korrigeret for levetid + vedligehold *) kr/m	Merpris for ikke-PVC produkt kr/m	Merpris for ikke-PVC produkt kr/kg PVC **)
PVC	Ø 110	310	310		
PEH	Ø 110	258	258	-52	-21
ABS	Ø 110	310	310	0	0
PP	Ø 110	310	310	0	0
Støbejern	Ø 100	495	551	241	97
Rustfri stål	Ø 100	612	612	302	122
Stål	Ø 100	540	601	291	117

*) Anlægsomkostningerne er korrigeret for forskelle i levetid og vedligehold.
 **) Merprisen per kg anvendt PVC-resin erstattet med de alternative materialer.
 Der er regnet med at fittings (grene, fodbøjninger og vandlåse) giver en mervægt på 80% per løbende meter rør.

Som allerede nævnt er de anvendte omkostninger baseret på dagens listepriser og hermed også tæt knyttet til dagens produktionsomfang og produktionsstruktur for de enkelte alternative produkter. Med en øget efterspørgsel og dermed muligheder for produktion i større skala må en række af de alternative produkter således forventes at blive relativt billigere.

Herudover gælder det for en række af de alternative plastprodukter, at en markant øget omsætning vil give mulighed for yderligere satsning på forskning og udvikling med deraf følgende teknologiske fremskridt og omkostningsbesparelser i produktionen.

Det er derfor rimeligt at betragte de ovenfor anførte substitutionsomkostninger (merpris for ikke-PVC produkter) som de maksimale brugeromkostninger (excl.moms) ved en substitution af PVC-afløbsrør i netop den valgte konstruktion.

Samlede substitutionsomkostninger for afløbsrør

Ved en total substitution af PVC-afløbsrør er der imidlertid flere forhold som vil påvirke de faktiske brugeromkostninger. Som det fremgår af omkostningsoversigten ovenfor varierer substitutionsomkostningerne meget mellem de enkelte alternative produkter, og i praksis vil ingen af disse enkeltprodukter på kort sigt være i stand til alene at erstatte PVC.

Både tekniske karakteristika for de enkelte detail-anvendelsesområder samt et på kort sigt begrænset udbud af en række af de alternative produkter vil nødvendiggøre en blandet anvendelse af forskellige alternative produkter.

Hvis det groft antages at af den samlede anvendelse af PVC-resin til afløbsrør på 12.000 tons årligt fordeles sig med 60% til hovedledninger og 40% til huskloakledninger (ligeledes fordelt mellem huskloak m.v. og faldstammer m.v.) er det muligt at opstille følgende skøn over den mulige variation i !T=" ved en fuldstændig erstatning af PVC-afløbsrør.

Substitutionsomkostninger

	mio.kr/år
Hovedledninger	-60 til 70
Huskloakledninger	25 til 425
Faldstammer m.v.	-50 til 245
Afløbsrør ialt	-85 til 740

Et groft skøn over de samlede substitutionsomkostninger for brugerne med dagens listepreiser vil formodentlig ligge i størrelsesordenen 150-200 millioner kr årligt.

I dette skøn er ikke taget hensyn til den omkostningsbesparelse per enhed som en produktion i større skala vil give anledning til.

9.3 CASE: kabler

Kabler er det næststørste enkeltanvendelsesområde for PVC i bygge og anlægssektoren. Skønsmæssigt anvendes der årligt 6.400 tons PVC-resin til kabler, hvilket svarer til ca. 15% af PVC-forbruget i bygge- og anlægssektoren.

Anvendelsesområdet for kabler kan groft opdeles i:

- . Installationskabler
- . Telekabler
- . Forsyningskabler

Det har ikke været muligt at fremskaffe de nødvendige oplysninger for at gennemføre de økonomiske beregninger for forsyningskabler.

Med udgangspunkt i en typisk dimensionering af kabler i disse anvendelseskategorier beskrives nedenfor anlægsomkostningerne per løbende meter for PVC produkter og de alternative plast og ikke-plast produkter. Omkostningerne bygger på kendte listepriser for de enkelte produkter (excl. moms), som anført i afsnit 8.2.

Monteringsomkostningerne forudsættes at være ens for PVC-og ikke-PVC kabler og er derfor ikke medtaget i de viste anlægsomkostninger.

1. Installationskabler

Installationskabler		Anlægsomkostninger			
		kr/m	Korrigeret for levetid + vedligehold *) kr/m	Merpris for ikke-PVC produkt kr/m	Merpris for ikke-PVC produkt kr/kg PVC **)
PVC	4*1,5 mm ²	7,73	7,73		
PE-PEX/PE	4*1,5 mm ²	10,05	10,05	2,32	34
Gummi	4*1,5 mm ²	19,33	19,33	11,60	170
PEX-EVA/PE	4*1,5 mm ²	12,37 (27,83)	12,37 (27,83)	4,64 (20,10)	68 (294)

- *) Anlægsomkostningerne er korrigeret for forskelle i levetid og vedligehold.
 **) Merprisen per kg anvendt PVC-resin erstattet med de alternative materialer.
 ***) Dette er dagens salgspris, hvilket svarer til en merpris for PEX-EVA/PE på 60% i forhold til PVC. Branchen har imidlertid oplyst, at ms ved produktion af PEX-EVA/PE er på 260%. Salgspriserne ved fuldt gennemslag af ms er anført i parentes.

2. Telekabler

Telekabler		Anlægsomkostninger			
		kr/m	Korrigeret for levetid + vedligehold *) kr/m	Merpris for ikke-PVC produkt kr/m	Merpris for ikke-PVC produkt kr/kg PVC **)
PVC	10*2*0,6 mm ²	1,03	1,03		
PE-PEX	10*2*0,6 mm ²	1,54	1,54	0,51	23

- *) Anlægsomkostningerne er korrigeret for forskelle i levetid og vedligehold.
 **) Merprisen per kg anvendt PVC erstattet med de alternative materialer.

Samlede substitutionsomkostninger for kabler

Ved en total substitution af PVC-kabler er der imidlertid flere forhold som vil påvirke de faktiske brugeromkostninger. Som det fremgår af omkostningsoversigten ovenfor varierer substitutionsomkostningerne meget mellem de alternative produkter, og i praksis vil ingen af disse enkeltprodukter på kort sigt være i stand til alene at erstatte PVC.

Både tekniske karakteristika for de enkelte anvendelsesområder samt et på kort sigt begrænset udbud af en række af de alternative produkter vil nødvendiggøre en blandet anvendelse af forskellige alternative produkter.

Hvis det groft antages, at af den samlede PVC-anvendelse til installations- og telekabler lader sig repræsentere ved de viste eksempler ovenfor, er det muligt at opstille følgende skøn over den mulige variation i følgende ved en fuldstændig erstatning af disse PVC-kabler-

Substitutionsomkostninger

	mio.kr/år
Installationskabler	170-850 (1470)
Telekabler	ca. 10

I dette skøn er ikke taget hensyn til den omkostningsbesparelse pr enhed, som en produktion i større skala vil give anledning til.

10 Liste over forkortelser

PE Polyethylen: samlebetegnelse for:

LLDPE Lineær Low Density Polyethylen
LDPE Low Density Polyethylen
PEM Medium Density Polyethylen
HDPE High Density Polyethylen = PEH
PEX Krydsbundet polyethylen
(XLPE: Cross Linked Polyethylen)
PEH Polyethylen, High Density = HDPE

PP Polypropylen

PS Polyvinylchlorid

PC Polycarbonat

PA Polyamid

PETP Polyethylenterephthalat (PET)

PBS Polybutadienstyren

PUR Polyurethan

EVA Ethylen vinylacetat

ABS Acryl-nitril-butadien-styren

SAN Styren acryl nitril

ASA Acrylat styren acrylonitril

GUP Glasfiberarmeret polyester

PMMA Polymethylmethacrylat

PF Polyfenol (bakelit)

UF Ureaformaldehyd

EPDM Ethylen-propylen-dien-gummi

CR Chloroprengummi

SBR Styren-butadien-gummi

ETI Emballage & Transport Instituttet

JTI Jysk Teknologisk

TI Teknologisk Institut

DTI Dansk Teknologisk Institut

COWI COWIconsult, Rådgivende Ingeniører AS

11 Reference- og litteraturliste

- /1/ Miljøprojekt nr.87, Substitution af PVC-plast med andre plastmaterialer, Miljøstyrelsen, 1987
- /2/ Die Kunststoffe und Ihre Eigenschaften. Hans Domininghaus, VDI Verlag, Düsseldorf, 1986
- /3/ Plaster, Materialval og Materialdata, Sveriges Mekanförbund, 1984
- /4/ Kunststoffhandbuch, Polyvinylchlorid 2/1, Becker/Braun, 1986
- /5/ Plast og brand nr.2, 1972, og nr.5, 1978, Plast-Sammenslutningen, Dansk Brandforsikrings Forening, Bygningsbrandforsikrings-Foreningen
- /6/ Aluminium, Teknisk Information, Hydro Aluminium, Tønder
- /7/ PVC-affald. Frembragte og behandlede mængder. Chemcontrol A/S for PVC-komiteen, 1988

Bilag 1

Installationsmåder og kapslingsklasser

Oversigt

I de efterfølgende skemaer betyder

+ tilladt,

0 ikke tilladt,

tom rubrik tilladt, men uden betydning.

1, 2, 3 eller 4 tilladt, men se bemærkning yderst til højre.

Skemaerne er ikke udtømmende udtryk for stærkstrømsreglementets bestemmelser.

Ledninger i fast, synlig installation

Område		Installationskabler Rørtråd Installationsledninger i rør Installationsledninger i klemmer Ledningskanalsystemer Kanalskinnasystemer Kontaktskinner Hængeskabel Ledninger på isolatorer Køreledninger	Bemærkninger
Almindelige tørre områder		+ + + + + + 0 +	
I det fri		+ 0 0 0 0 1 0 + + +	1 Stænktæt og korrosions-sikker
Badeområder (excl. badstuer (saunaer))	A	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1 Plastklædt
	B	1 1 2 0 3 0 0 0 0 0	2 Plastinstallationsledninger i plastrør
	C	1 1 2 0 3 4 4 0 0 0	3 Af plast 4 I mindst 3,5 m højde
Badstuer (saunaer)		+ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	Særlige krav til placering
Fugtige områder		+ 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0	1 Stænktæt udførelse
Våde områder		+ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	
Områder med ætsende stoffer		+ 0 0 0 0 1 0 0 2 +	Modstandsdygtig over for ætsende stoffer 1 Stænktæt udførelse 2 Højest 50 V ~
Brandfarlige områder		+ 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0	1 Stænktæt dog IP 5X, hvor brændbart støv forekommer i større mængder
Garager og bilværksteder		+ 0 + 0 + + 0 0 0 0	
Revisionsgrave og -kældre		+ 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0	1 Kapslingsklasse IP 44
Sprængstofrum		+ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	
Forsamlingslokaler		+ + + + + + + 0	
Scener		+ 0 + 0 0 0 0 0 0 0 0	

Eksplodingsfarlige områder, se afsnit 7 A.

Ledninger i fast, skjult installation og tilledninger

Område		Ledninger i fast skjult installation		Tilledninger				Bemærkninger	
		Installationskabler Rørtråd Installationsledninger i rør	Uden kappe Let kappeledning Almindelig kappeledning Svær kappeledning						
Almindelige tørre områder		+	+	+	+	+	+		
I det fri		+	0	1	0	0	+	+	1 Plastinstallationsledninger i plastrør
Badeområder (excl. badstuer (saunaer))	A	1	0	2	0	3	3	3	1 Plastklædt
	B	1	1	2	0	3	3	3	2 Plastinstallationsledninger i plastrør
	C	1	1	2	+	+	+	+	3 Forlængerledninger må ikke anvendes
Badstuer (saunaer)		+	0	1	0	2	2	2	Særlige krav til placering 1 Også varmebestandige monteringsledninger type H05SJ-K i rør 2 Forlængerledninger må ikke anvendes
Fugtige områder		+	0	1	0	+	+	+	1 Plastinstallationsledninger
Våde områder		+	0	1	0	0	+	+	1 Plastinstallationsledninger i plastrør
Områder med ætsende stoffer		+	0	1	0	+	+	+	Modstandsdygtig over for ætsende stoffer 1 Plastinstallationsledninger
Brandfarlige områder		+	0	+	0	0	1	1	1 Forlængerledninger må ikke anvendes
Garager og bilværksteder		+	0	+	0	0	1	1	1 Eventuel med oliebestandig kappe
Revisionsgrave og -kældre		+	0	+	0	0	1	1	1 Forlængerledninger må ikke anvendes
Sprængstofrum		+	0	0	0	0	1	+	1 Tillades i visse tilfælde
Forsamlingslokaler		+	+	+	+	+	+	+	
Scener		+	0	+	0	0	1	1	1 Eller scenekabler

Eksplosionsfarlige områder, se afsnit 7 A.

Bilag 1

Installationsmåder og kapslingsklasser

Oversigt

I de efterfølgende skemaer betyder

- + tilladt,
- 0 ikke tilladt,
- tom rubrik tilladt, men uden betydning,
- 1, 2, 3 eller 4 tilladt, men se bemærkning yderst til højre.

Skemaerne er ikke udtømmende udtryk for stærkstrømsreglementets bestemmelser.

Oversigt over gældende Dansk Standard for fremstilling af plastrør og fittings samt lægning af disse i såvel jord som i bygninger.:

DS 430	Lægning af plastrør i jord
DS 443	PEH/PEM rør for gas lagt i jord
DS 444	PVC/CPE rør for gas lag i jord
DS 972	PVC trykrør for vand
DS 2072	PEL rør afløb i bygninger
DS 2077	Plastrør for dræn

1 - 2 - 3

DS 2084	PEL rør for afløb i jord
DS 2119	PEL/H/M trykrør for vand
DS 2135	Plastrør, måling af dimensioner
DS 2130	Plastrør, tæthedsprøvning af samlinger

2 - 3

DS 2131	PEM/H rør for gas lagt i jord
---------	-------------------------------

2 - 3

DS 2138	PVC rør for markvanding
DS 2139	PVC/CPE rør for gas
DS 2144	PVC prøvning af methylenchlorid
DS 2145	PVC prøvning for spændingsrevnedannelse
DS 2199.0	PEM/H rør for gas

1 - 2 - 3 - 4

DS/ISO Data PP/PE/UP kemisk resistens

5 - 6 - 7 - 8

DS/ISO 161/1	Plastrør, nominal diameter og tryk
DS/ISO 1133	Plastrør, smelteindekt
DS/ISO 1167	Plastrør, prøvning for indv. overtryk
DS/ISO R1183	Plastrør, densitet
DS/ISO 2505	PVC rør, prøvning af dimensionsstabilitet
DS/ISO 2506	PE rør, prøvning af dimensionsstabilitet
DS/ISO 2507	UPVC rør, bestemmelse af blødgøringsstemp.
DS/ISO 3460	UPVC rør, flangeadapter
DS/ISO 3478	PP rør, bestemmelse af dimensionsstabilitet
DS/ISO 3501	PE rør, prøvning af samlinger
DS/ISO 3503	PE rør, prøvning af samlinger
DS/ISO 3663	PE rør, prøvning af samlinger
DS/ISO 3663	PE rør, flangedimensioner
DS/ISO 4132	UPVC rør, fittings til trykrør
DS/ISO 4434	UPVC rør, fittings til trykrør
DS/ISO 4460	PE rør, smelteindeks
DS/ISO 6964	PE rør, kønrøgsindhold

BILAG 3.

Oversigt over gældende Dansk Standard for fremstilling af betonrør og lerrør samt faconstykker til disse og nedlægning i jord:

DS 403	Drænrør i uglaseret ler
DS 400	Afløbsrør af beton i jord

3,0 - 3,1 - 3,2

DS 402	Afløbsrør i glaserede lerrør i jord
DS 421	Samlinger til betonrør

- 2

DS 437	Betonrør, lægning i jord
DS 455	Tæthed af betonrør i jord

Registreringsblad

Udgiver: Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K.

Serietitel, nr.: Miljøprojekt, nr. 133

Udgivelsesår: 1990

Titel: PVC i byggeri og anlæg

Undertitel:

Muligheder for samt tekniske og økonomiske konsekvenser af at substituere PVC i byggeri og anlæg

Forfatter(e):

Udførende institution(er):

Miljøstyrelsen. Rådet vedr. genanvendelse og mindre forurenende teknologi (spons); COWIconsult A/S

Resumé:

60-70 % af PVC-forbruget sker på området byggeri og anlæg, især til rør, kabler, vinduer, gulv- og vægbeklædning. Anvendelsen inden for området beskrives. Tekniske alternativer og deres pris anføres. 80-90 % af denne PVC kan erstattes med andre materialer med begrænsede samfundsøkonomiske konsekvenser – dog med visse forbehold. De sidste 10-20 % kan substitueres efter 3-10 års produktudvikling. Rapporten udgør en del af et projekt vedrørende miljømæssige, tekniske og økonomiske konsekvenser af at substituere PVC.

Emneord:

PVC; substitution; byggematerialer; anvendelse

ISBN: 87-503-8403-1

ISSN: 0105-3094

Pris (inkl. 22% moms): 110,- kr.

Format: A4

Sideantal: 128

Md./år for redaktionens afslutning: marts 1990

Oplag: 400

Andre oplysninger: Øvrige rapporter fra projektet: Miljøvurdering af PVC og udvalgte alternative materialer (Miljøprojekt, 131), PVC i kontorartikler, sundhedssektor, m.v. (Miljøprojekt, 132), PVC i emballage (Miljøprojekt, 134)

Tryk: Scantryk, København

Trykt på miljøpapir

PVC i byggeri og anlæg

60-70 % af PVC-forbruget sker på området byggeri og anlæg, især til rør, kabler, vinduer, gulv- og vægbeklædning. Anvendelsen inden for området beskrives. Tekniske alternativer og deres pris anføres. 80-90 % af denne PVC kan erstattes med andre materialer med begrænsede samfundsøkonomiske konsekvenser – dog med visse forbehold. De sidste 10-20 % kan substitueres efter 3-10 års produktudvikling.

Rapporten udgør en del af et projekt vedrørende miljømæssige, tekniske og økonomiske konsekvenser af at substituere 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 PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC
PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC PVC

Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Strandgade 29, 1401 København K, tlf. 31 57 83 10

Pris kr. 110,- inkl. 22% moms

ISSN nr. 0105-3094

ISBN nr. 87-503-8403-1