

Miljøprojekt nr. 128

1990

Nedsivning fra byggeaffald

Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Miljøprojekt

- Nr. 62 : Luftforurening med kvælstofoxider i Danmark
- Nr. 63 : Anvendelse af analyseresultater ved vandkontrol
- Nr. 64 : Kosmetik – bivirkninger
- Nr. 65 : Miljøfremmede stoffer i kommunalt spildevand
- Nr. 66 : Undersøgelser af blødt aggressivt vand
- Nr. 67 : Kilder til grundvandsforurening
- Nr. 68 : Overflade aktiveret iltning af ferrojern i vand fra Hvidmosen
- Nr. 69 : Forbrug og forurening med chlorphenoler
- Nr. 70 : Organiske opløsningsmidler
- Nr. 71 : Kviksølv i havneslam
- Nr. 72 : Organic solvents
- Nr. 73 : Arealanvendelse og geologi – nitrat i grundvand
- Nr. 74 : Kviksølv i danske ferskvandsøkosystemer
- Nr. 75 : Forureningstilstanden i danske svømmebade
- Nr. 76 : Nitrat og pH i drikkevand
- Nr. 77 : Kviksølv i jord
- Nr. 78 : Drænvandskvalitet fra pyritholdige arealer
- Nr. 79 : Leptospira-bakterier i rotter ved dambrug og landbrug
- 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-forbrugsmønstre 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 – forbrugsmønstre 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

Miljøprojekt nr. 128

1990

Nedsivning fra byggeaffald

**Undersøgelse af risiko for nedsivning af forurenende
stoffer ved genbrug af byggeaffald**

**Hanne Strunge, Bent Grelk og
Kim Christiansen, Teknologisk Institut**

**Miljøministeriet
Miljøstyrelsen**

Rapporten er udarbejdet med tilskud fra Rådet vedr. genanvendelse og mindre forurenede teknologi.

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

Indholdsfortegnelse

Hovedrapport	Side
Forord	5
Sammenfatning	6
1. Indledning	7
2. Opsummering af danske og udenlandske erfaringer	7
3. Bygningsbestanden	10
4. Risici ved håndtering, forbrænding og deponering	14
5. Konklusion	19
Litteraturliste	20
Bilagsrapport med gennemgang af byggematerialer	25
Indholdsfortegnelse til bilagsrapport	25

Forord

Denne rapport er resultatet af et projekt med titlen:

"Undersøgelse af risiko for nedsivning af forurenende stoffer ved genbrug af byggeaffald".

Projektet er finansieret af Miljøstyrelsen, Genanvendelseskontoret.

Projektet er udført i et samarbejde mellem medarbejdere fra: Byggeteknik, Træteknik, Miljøteknik, Overfladeteknik, Plastteknologi og Bioteknik, alle Teknologisk Institut samt Cowiconsult, Rådgivende Ingeniører A/S (Erik Hansen), og med akademiingenør Hanne Strunge, Byggeteknik som projektleder.

Projektrapporten er udarbejdet af Hanne Strunge og Bent Grell fra Byggeteknik og Kim Christiansen, Miljøteknik.

Projektet har været fulgt af en følgegruppe med nedenstående deltagere:

Fuldmægtig Lars Søborg Miljøstyrelsen, Genanvendelseskontoret

Civilingeniør Knud Puckman, Statens Vejlaboratorium

Civilingeniør Erik Hansen Cowiconsult, Rådgivende Ingeniører A/S

Projektrapporten er baseret på en gennemgang af de enkelte bygningsmaterialer (fx beton, tegl, glas, plast mv.), deres sammensætning, fremstillingsmåde og evt. indhold af såkaldte "farlige" eller "sundhedsskadelige" stoffer. Denne gennemgang af en bygnings delmaterialer er forestået af medarbejdere fra de afdelinger på Teknologisk Institut, som har arbejdet med det pågældende materiale. Dette er forklaringen på det noget uensopbyggede bilagsafsnit om de enkelte bygningsmaterialer. Der er i de enkelte delafsnit primært fokuseret på farve- og andre tilsætningsstoffer, som kan udgøre en potentiel risiko ved genanvendelse af bygningsaffaldet.

Sammenfatning

Hvert år deponeres ca. 1.5 mio. tons bygningsaffald i Danmark. Genanvendelse af en del af dette affald kan afhjælpe den aktuelle kapacitetsmangel på danske deponeringspladser.

I forbindelse med genanvendelse, fx i veje, opstår spørgsmålet, om dele af bygningsmaterialerne vil give miljømæssige problemer, fx i form af udvaskning og nedsivning af stoffer, der kan forurene grundvandet.

Rapporten består af en hovedrapport og en bilagsrapport.

Bilagsrapporten

I bilagsrapporten gennemgås de bygningsmaterialer, der kan indgå i ældre og nyere bygninger. Der er lagt vægt på at få en detaljeret oversigt over materialernes sammensætning, specielt med hensyn til tilsætningsstoffer, pigmenter og imprægneringsmidler, da bilagsrapporten er grundlaget for vurderingen af materialernes potentielle farlighed. For de fleste materialetyper gælder, at der er meget begrænset viden om mængder og indhold af tilsætningsstoffer m.m. Det er derfor ikke muligt at kvantificere de potentielle miljørisici.

Hovedrapporten

I *kapitel 2* gennemgås erfaringer på området. Disse drejer sig mest om, hvad der udvaskes og i mindre grad om, hvilke bygningsmaterialer der indeholder de farlige bestanddele. Desuden gives en oversigt over mulige anvendelsesområder for bygningsaffald.

Kapitel 3 omhandler udviklingen af materialetyper i den danske bygningsbestand gennem årene.

Kapitel 4 er en gennemgang af bilagsrapportens materialebeskrivelse. For hvert materiale vurderes risici ved håndtering, forbrænding og deponering; genanvendelse til anlægsformål er medtaget under deponering. Følgende vurdering er anvendt:

- betydelig risiko
- nogen risiko
- ingen (kendt) risiko
- ingen viden om mulig risiko.

En del materialer kan efter denne vurdering placeres i gruppen "ingen (kendt) risiko" en del må nødvendigvis frasorteres og endelig er der en del, der ikke kan frikendes uden videre undersøgelse.

Kapitel 5 indeholder en oversigt over materialer, der skal frasorteres, samt forslag til videre undersøgelser.

1. Indledning

Baggrund for projektet

Det skønnes, at der på landsbasis hvert år deponeres omkring 1.5 mio. tons bygningsaffald, hovedsageligt i form af beton- og murstensbrokker. Genanvendelse af en del af bygningsaffaldet er en mulighed for at aflaste deponeringspladserne.

Ved genanvendelse eller ved deponering af affaldet kan der forekomme miljømæssige risici, fx udludning af farlige stoffer, der kan sive ned og forurene grundvandet.

Bygningsaffaldet består foruden af beton- og murstensbrokker af forskellige komponenter, fx plast, maling, asbest, træ og glas, som forekommer i større eller mindre mængder afhængig af bygningens alder og anvendelsesområde.

Formål med projektet

Formålet med projektet er at vurdere, hvilke byggematerialer der kan indeholde potentielt farlige stoffer, dvs. stoffer der kan forårsage miljømæssige skader under nedrivning, nedknusning, genbrug, forbrænding og egentlig deponering.

2. Opsummering af danske og udenlandske erfaringer

Indledning

I Danmark genereres der årligt ca. 1.5 mio. tons byggeaffald, hvoraf den altafgørende del ender på deponeringspladser.

Til sammenligning blev der i Vesttyskland i 1984 genereret ca. 15 mio. tons byggeaffald /21/. Af denne mængde blev ca. 3 mio. tons, svarende til ca. 20%, genanvendt til et eller andet formål. I de senere år har der i Danmark været en voksende forståelse for betydningen af genbrug/genanvendelse, også når det drejede sig om byggeaffald. Den hidtidige mangelfulde danske indsats på byggeaffaldsområdet skyldes en kombination af mange faktorer, hvoraf økonomi er en af de væsentligste. En fremtidig mere intensiv udnyttelse (genanvendelse) af byggeaffald vil være af væsentlig betydning for afhjælpning af affaldsproblemerne i Danmark.

Et vigtigt led i forsøget på at begrænse de "rene" byggeaffaldsmængder er dels en mere selektiv nedrivnings/demolerings-proces, dels en oparbejdning af byggeaffaldet i en sådan grad, at affaldet kan genanvendes.

Skadelige stoffer i byggeaffald

Et af problemerne i forbindelse med såvel genanvendelse som deponering af byggeaffald er, udover de tekniske problemer, de miljømæssige.

Byggeaffald er et vidt begreb. Det dækker over en blanding af et utal af delmaterialer som fx beton, tegl, glas, metaller, træ, plast, tjære/ bitumen, natursten, papir mv. Disse delmaterialer findes i varierende koncentrationer alt efter, hvorfra byggeaffaldet stammer (bolig- eller industribyggeri), hvilken type byggeri (beton, mursten, træ mv.), hvornår det er bygget, og ikke mindst hvilke nedrivnings- og demoleringsprocesser byggematerialerne har været udsat for.

Et stort problem ved alle disse delmaterialer er deres sammensætning, og hvad de kan indeholde af "potentielt" farlige stoffer for miljøet.

Hovedparten af næsten alle vore byggematerialer består af "naturlige" mineraler og forbindelser. I forbindelse med fremstillingen af de enkelte byggematerialer/komponenter har en stor del af disse fået tilsat forskellige kemiske og mineralske tilsætningsstoffer, herunder farvestoffer.

Det gøres dels for at forbedre produktets tekniske egenskaber, herunder forlænge dets holdbarhed, dels af fremstillingstekniske grunde, og dels pga. æstetiske årsager.

De "potentielt" skadelige stoffer i byggeaffaldet spiller en betydelig rolle i forbindelse med genanvendelse af byggeaffald pga. mulighederne for at infiltrere og forurene jorden og grundvandet. Her tænkes bl.a. på udsivning af tungmetaller, salte som sulfater og chlorider eller tilstedeværelsen af organiske urenheder. Tungmetaller, der ofte i den forbindelse tænkes på, er bl.a. bly, zink, cadmium og kviksølv.

Blandt de komponenter, som kan sive ned til grundvandet og skade dette, er især chlorider og sulfater, og ikke kun i forbindelse med tungmetaller, men også i forbindelse med natrium og calcium. Dette gælder også, selvom der ikke er nogen direkte sundhedsmæssig risiko forbundet hermed.

Det er derfor nødvendigt at skelne mellem "skadelige" stoffer i byggeaffald i forbindelse med genbrug, dels med hensyn til de miljømæssige aspekter, dels set i en teknisk synsvinkel.

Med hensyn til det sidste kan der være helt andre krav til materialets sammensætning. Dette gælder fx ved anvendelsen af byggeaffald til vejformål, fx bærelag, hvor der bl.a. kan stilles krav til materialets frostbestandighed og komprimeringsevne.

De "tekniske" krav til genbrugsmaterialer varierer selvfølgelig meget, alt efter formål, men ofte ligger kravene på et maksimalt indhold af skadelige bestanddele på mellem 5 og 10%. Dette kan ud fra miljømæssige hensyn i visse sammenhænge være ganske uacceptabelt.

Ifølge /7/ kan der ved deponering af byggeaffald ske en potentiel grundvandsforurening pga.

- Stigning af pH
- Salte
- Tungmetaller (fx As, Cd, Cr, Pb)
- Organiske forbindelser.

I forbindelse med genanvendelse af byggeaffald bør det anvendte genbrugsmateriale vurderes i hvert enkelt tilfælde, hvor det kommer fra, hvad det består af, og hvilke "farlige" komponenter det kan indeholde /7/.

I bl.a. Vesttyskland har man arbejdet meget med problematikken om, hvad bygningsaffald kan indeholde, eller måske nærmere: Hvad der kan udluges/frigøres af stoffer fra dette. Man har foretaget en række laboratorieforsøg med "typisk" byggeaffald. Der er gennemført forskellige "udludningsforsøg" efter hovedsageligt to metoder (Lysimeter og S4-metoden, begge beskrevet i ref./33/). Imidlertid er der store problemer med at tolke resultaterne fra disse forsøg og "oversætte" disse til praktiske forhold. En væsentlig mangel ved forsøgene har været, at man ikke har kendt byggeaffaldets præcise sammensætning.

Anvendelsesområder for byggeaffald

I princippet kan byggeaffald genanvendes til mange formål. Men hidtil har de tekniske og økonomiske aspekter lagt en hel del hindringer i vejen for genanvendelsesmulighederne.

Tekniske krav til materialernes beskaffenhed og "renhed" medfører næsten altid øgede økonomiske udgifter til fx nedrivnings- og demoleringsprocesserne af vore bygværker samt til en eventuel oparbejdning og/eller sortering af disse.

Hertil kommer de miljømæssige krav, man måtte stille til anvendelsesom-

råde og sammensætning (indhold af potentielt forurenende stoffer) af bygningsaffaldet. Krav, som kan være svære at formulere, og som ofte kan være basert på et meget usikkert grundlag, men som under alle omstændigheder bør sikre mod de største risici.

Genanvendelsesområder for byggeaffald kunne omfatte følgende områder: (Ifølge /7/)

Stofgruppe:	Asfalt	Beton	Tegl	Sand/ sten	Natursten skærver
<i>Andelsesområde:</i>					
Støjværn/volde	*	*	*	*	*
Vejbygning	*	*	*	*	*
Fundamenter	(*)	*	*	*	*
Opfyldninger	(*)	*	*	*	*
Bærelag (uden bindemiddel)	(*)	*	(*)	*	*
Bærelag (med bitumen)	*	(*)		*	*
Betonbærelag		*		*	*

* Anvendelse mulig

(*) Anvendelse betinget mulig.

Kravene til de tekniske anvendelsesområder kan være svære at definere præcist. Inden for vejbygning kan der dog findes specifikke krav til genanvendelsesmaterialet (byggeaffald).

I litteraturen er set bl.a. følgende krav til tilslag, som stammer fra byggeaffald:

Krav til materialet (Vejbygningsformål som fx bærelag): /4/

	Betontilslag	Mursten/teglstens- tilslag
Hovedkomponent	Min. 90 vægt-% af grus/knust beton med en min. desitet på 2100 kg/m ³ .	Min. 85 vægt-% af murværksaffald med en min. densitet på 600 kg/m ³ .
Sekundære komponenter	Max 10 vægt-% af andre typer af stenmaterialer, og 5 vægt-% af asfaltaffald.	Max. 15 vægt-% af andre typer stenmaterialer, og max. 10 vægt-% af asfaltaffald.
Urenheder	Max. 1 vægt-% eller vol.-% af ikke stenlignende materialer (fx gips, plastik, gummi). Max. 1 vægt-% nedbrydelig organisk materiale (træ, papir mv.).	
Øvrige krav	Knusningsfaktor på 0,65 (bestemt på den svageste fraktion) på basis af visuel vurdering.	

3. Bygningsbestanden

Typiske træk tidsmæssigt

I en kortfattet gennemgang af dansk byggeri gennem tiden er det mest praktisk at betragte bolig- og erhvervsbyggeri hver for sig.

Boligbyggeri

I det ældre boligbyggeri (frem til ca. 1940) er der anvendt få typer byggematerialer, hovedsageligt tegl, træ, natursten og metal. Forskellige stilarter har dog haft indflydelse på, hvordan disse materialer har været anvendt og efterbehandlet.

Fra 1800 til 1850, den periode, hvor bl.a. København blev genopbygget efter branden, er husene typisk grundmuret med pudsede facader i lyse farver, tagene er beklædt med rødbrændte eller sortglaserede tagsten.

I de følgende år, hvor tilflytningen til byerne for alvor tog fat, skød der i de fleste større byer boligkvarterer op med grundmurede huse. Disse stod oftest som blank mur af røde eller gule mursten. Naturskifer er kommet ind i tagbeklædningen sammen med teglstenene.

Fra ca. 1870 er det igen blevet almindeligt med pudsede og malede ydervægge, og bygningerne er overdådigt dekorerede med sandstensornamenter, figurer, tårne og spir. Det mest anvendte tagmateriale er naturskifer. Tårne og spir er dog ofte beklædt med kobber.

Herefter følger igen en periode med enkel byggestil. Røde tegl er det foretrukne facademateriale, overpudsede og hvidtede facader kan dog forekomme. Tagene er beklædt med rødbrændte tagsten eller sortglaserede tagsten.

Omkring 1930 begynder et nyt materiale, jernbeton, at vinde frem i byggeriet. Dette betyder, at facaden ikke nødvendigvis er bærende og åbner mulighed for store vinduespartier og altaner i pudset beton. Samtidig vinder asbestcementplader frem som tagbeklædning.

Efter den nedsatte aktivitet under krigen var der stor boligmangel. Samtidig var der mangel på arbejdskraft, og disse to ting banede vej for nye byggeskikke og nye materialer. Præfabrikerede elementer, hvor betonen er det dominerende, skabte grundlag for masseproduktion og montagebyggeri. De flade tage, beklædt med tagpap eller bølgeeternit, holdt deres indtog. Egentlig højhusbebyggelse kommer også til i denne periode.

Erhvervsbyggeri

Det tidligere erhverv har hovedsageligt haft til huse i bag- og sidebygninger til beboelsesejendomme. Egentlig industribyggeri har taget sin begyndelse omkring århundredskiftet og har i starten været træ- og stålkonstruktioner, indtil betonbyggeriet tog fat. Murværk og træ, der er blevet anvendt til udfyldning mellem de bærende konstruktioner, har sammen med nye lette tagkonstruktioner (stålprofiler med isolering) muliggjort bygninger med store spændvidder. Som ved boligbyggeri er elementbyggeriet vundet frem fra ca. 1960.

Statistik

I 1977 oprettes bygnings- og boligregistret (BBR), hvor der er foretaget en opgørelse af den samlede bygningsbestand. Her registreres i et stamregister alle oplysninger om bygningsbestanden med løbende ajourføring.

På de følgende sider er der på grundlag af disse oplysninger udarbejdet tabeller, der viser sammensætningen af bygningsmassen fordelt efter alder og anvendelse. For den ældste bebyggelse (før 1940) er der desuden vist sammensætningen af tagbeklædning og ydervægges materialer.

Tabel 1 viser bygningsbestandens samlede areal fordelt efter opførelses-tidspunkt og hovedsagelig anvendelse. For anvendelsen er i den første parentes

angivet, hvor stor en del i % denne udgør af den samlede bygningsbestand fra den pågældende periode; i den anden parentes er angivet, hvor stor en del i % hver tidsperiode udgør af den samlede bestand inden for anvendelsesområdet .

Tabel 2 viser for bygninger, opført før 1940, det bebyggede areal fordelt efter tagdækningsmateriale og hovedsagelig anvendelse. I parentes er angivet i %, hvor stor en del af anvendelsen materialet udgør.

Tabel 3 viser for bygninger, opført før 1940, det bebyggede areal fordelt efter ydervæggens materiale og hovedsagelig anvendelse. I parentes er angivet i %, hvor stor en del af anvendelsen materialet udgør.

Tabellerne er udarbejdet på grundlag af Bygningsopgørelsen 1. januar 1981 fra Danmarks Statistik /48/.

	Samlet areal	Beboelse	Erhverv	Andet
Før 1940	223536	122354 (54,7) (43,6)	89413 (40,0) (42,8)	11722 (5,3) (26,0)
1940-1959	87461	47168 (53,9) (16,8)	32458 (37,1) (15,5)	7828 (9,0) (17,3)
1960-1964	43786	20509 (46,8) (7,3)	19014 (43,4) (9,1)	4257 (9,8) (9,4)
1965-1969	54909	28802 (52,5) (10,3)	19690 (35,9) (9,4)	6414 (11,6) (14,2)
1970-1974	65205	34684 (53,2) (12,4)	22505 (34,5) (10,8)	8010 (12,3) (17,7)
1975	10355	4733 (45,7) (1,7)	4182 (40,4) (2,0)	1439 (13,9) (3,2)
1976	11969	5324 (44,5) (1,9)	5314 (44,4) (2,5)	1331 (11,1) (3,0)
1977	10931	5175 (47,3) (1,8)	4155 (38,0) (12,0)	1599 (14,7) (3,5)
1978	8318	3934 (47,3) (1,4)	3556 (42,8) (1,7)	828 (9,9) (1,8)
1979	8551	3810 (44,6) (1,4)	3958 (46,3) (1,9)	783 (9,1) (1,7)
1980	7812	3369 (43,1) (1,2)	3655 (46,8) (1,8)	788 (10,1) (1,7)
Ukendt	2032	695 (34,2) (0,2)	1146 (56,4) (0,5)	175 (9,4) (0,5)
I alt	534865	280557 (52,5)	209047 (39,1)	45174 (8,5)

Tabel I

Bygningsbestandens samlede areal (1000 m²) fordelt efter opførelsesperiode og hovedsagelig anvendelse. Den første parentes angiver anvendelsens procentvis andel i den pågældende periode. Den anden parentes angiver periodens procentvis andel for det pågældende anvendelsesområde.

	Built-up	Tagpap	Skifer Asbest- cement	Cement- sten	Tegl	Metal- plader	Stråtag	Andet og uoplyst
Beboelse	250 (0,5)	2323 (4)	24239 (41)	6658 (11)	20841 (35)	1104 (2)	3310 (6)	226 (0,5)
Erhverv	702 (1)	5481 (8)	32069 (47)	3555 (5)	6235 (9)	17021 (25)	1751 (37)	1297 (2)
Øvrige	107 (2)	1098 (17)	1827 (29)	177 (3)	2302 (36)	201 (3)	475 (7)	194 (3)

Tabel 2

Det bebyggede areal fordelt efter tagdækningsmateriale og hovedsagelig anvendelse for bygninger opført før 1940 (1000 m²). I parentes er angivet materialets procentvise andel af det pågældende anvendelsesområde.

	Mursten	Letbeton	Asbest- cement- plader	Bin- dings- værk	Beton- elementer	Træ- beklæd- ning	Andet og uoplyst	Heraf med jernbeton skelet
Beboelse	99975 (94)	792 (0,7)	125 (0,01)	4318 (4)	42 (0)	280 (0,01)	1322 (1,2)	895
Erhverv	69884 (81)	1947 (2)	622 (0,01)	3460 (4)	489 (0,1)	3091 (47)	6952 (8)	2663
Andet	8556 (83)	82 (0,01)	52 (0,01)	377 (4)	71 (0,01)	708 (7)	438 (4)	5691

Tabel 3

Det bebyggede areal fordelt efter ydervæggens materiale og hovedsagelig anvendelse for bygninger opført før 1940 (1000 m²). I parentes er angivet materialets procentvise andel af det pågældende anvendelsesområde.

4. Risici ved håndtering, forbrænding og deponering

Ved nedrivning af gamle bygninger og ved bortskaffelse af affaldet vil der være forskellige miljø og arbejdsmiljørisici, afhængig af hvilke byggematerialer der er tale om.

I bilagsrapporten gennemgås de forskellige typiske byggematerialer, herunder deres indhold af potentielle sundhedsfarlige og miljøfarlige bestanddele på basis af disse materialebeskrivelser er der foretaget en listning af de kemiske stoffer og produkter, som er benyttet. Risici ved håndtering, forbrænding og deponering er vurderet.

Håndtering omfatter arbejdsmiljø ved demontering, sortering, mekanisk neddeling m.m. Deponering anvendes som samlebetegnelse for henlæggelse på/i jord, dvs. såvel genanvendelse ved anlæg af veje, stier m.m. som decideret slutdeponering på losse- og fyldpladser. Forbrænding omfatter forbrændingsanlæg for almindelig dagrenovation med risici knyttet til røggasser samt slagge og flyveaske.

På basis af listningen af indgående kemikalier for de enkelte materialer er der foretaget en grov risikovurdering omfattende

- betydelig risiko
- nogen risiko
- ingen (kendt) risiko
- ingen viden om mulig risiko.

Ved direkte deponering af byggeaffald eller ved deponering af slagge og flyveaske fra forbrænding af byggeaffald er der især taget hensyn til risici som følge af udvaskning med nedbør (forsuret), mikrobiel omsætning, kemisk nedbrydning og opgravning.

I det følgende gives der på basis heraf en gennemgang af mulige risici ved de enkelte materialegrupper, hvor der især lægges vægt på "betydelig risiko" og "ingen viden om mulig risiko". Det skal understreges, at vurderingerne ofte hviler på et spinkelt grundlag, især da der mangler kvantitative data. Der er heller ikke gennemført litteraturstudier, hvorigennem de fundne risici kunne præciseres. Vurderingerne må derfor generelt betragtes som foreløbige, idet der dog er lagt vægt på at fange de største umiddelbare risici.

En endelig vejledning om, hvilke materialer der af hensyn til muligheder for belastning af arbejdsmiljø ved nedrivninger og ydre miljø ved anvendelse og bortskaffelse skal frasorteres og håndteres særskilt, bør derfor afvente yderligere undersøgelser herunder især laboratorie- og feltundersøgelser af udvaskning samt monitorering af arbejdsmiljøet ved nedrivningsarbejder.

Mineralske materialer

Denne hovedgruppe omfatter hovedsagelig byggematerialer af mineralsk oprindelse med et større eller mindre indhold af forskellige hjælpestoffer.

Materialerne er især anvendt til konstruktionsformål eller overfladebelægning og udgør en væsentlig del af byggeaffaldet.

Beton

Betonelementer anvendt til vægge, dæk, fundamenter o.l. indeholder en række tilsætningsstoffer, som virker luftindblandende, vandreducerende, accelererende, svampedræbende mv.

Risici er især forbundet med håndtering, hvor der fx ved knusning optræder støv, der kan indeholde tungmetaller, herunder bly. Iblandet flyveaske betyder også en potentiel belastning. Endvidere mangler der viden om eventuel udvaskning af tensider, sulphonerede naphthalener, aminer, borafer m.m.

Visse specialprodukter af beton som fx terrazzo, facadeelementer, altan-

brystninger, facadepuds, gesimser og havefliser kan være indfarvet med cobolt og bly. Der vurderes ikke at være risici herved udover de allerede nævnte.

Betonelementer og -artikler bør derfor kunne anvendes uden problemer. Et specielt problem kan dog optræde i forbindelse med skorstenselementer (og skorstene af mursten m.m.), hvor slagge og tilaskninger kan indeholde tungmetaller og dioxiner m. m. Skorstenmaterialer bør derfor håndteres særskilt.

Tegl

Tegl anvendes som tagsten, mursten, fliser, klinker, kakler og keramik. En del af disse er glaserede i forskellige farver, og farvestofferne er oftest baseret på et eller flere tungmetaller.

Såvel ved håndtering (støv) som ved deponering kan der være risici; især kan nævnes et stort forbrug af blyglasur, som kan give et blyindhold på op til 400 ppm i nedknuste glaserede tegl.

Glaserede tegl bør frasorteres og anbringes på specialdepot.

Mineraluld

Ved håndtering af mineraluldsprodukter er der risiko for indånding af fibre og heraf følgende sundhedsskader. Der har været mindst et tilfælde med forurening af grundvand under losseplads, hvor der deponeredes mineraluldsaffald, men der var tale om produktionsaffald. Der vil næppe være risiko for udvaskning af phenol fra mineraluld i byggeaffald.

Det bør overvejes om ikke mineraluldsprodukter bør håndteres som asbest.

Asbest

Risikoen ved håndtering af asbestprodukter er indiskutabel, og enhver mulighed for indånding af støv skal forebygges, jf. i øvrigt Arbejdstilsynets regler. Risikoen for nedsivning af asbestpartikler fra deponering vurderes meget lille, men er ikke afklaret entydigt. Derimod vil der være risiko for spredning af asbestfibre med luften, hvis asbestholdigt bygningsaffald anvendes til fx stier, hvor der senere sker opgravninger m.m.

Asbestholdigt affald skal håndteres og bortskaffes efter myndighedernes anvisninger.

Glas

Risici ved håndtering knytter sig til muligheden for at blive skåret. Det er ikke afklaret, om glassets indhold af bly (blyglas) og arsen (almindeligt glas) kan udgøre en belastning ved forbrænding. Umiddelbart må det dog antages, at metallerne forbliver bundet i glasslaggen.

Natursten

Natursten anvendes (i begrænset omfang) til facadebeklædning, havefliser, kirkemure m.m. Der er normalt ikke anvendt hjælpeoffer, men der kan i sjældne tilfælde være foretaget imprægnering med epoxy- og siliconebaserede midler. Disse skønnes i alle tilfælde at være udhærdede, hvorfor natursten ikke udgør et miljøproblem.

Metal

Der anvendes især jern(metaller) til armering, afløbsinstallationer, el-, gas- og vandinstallationer, søm, skruer o.m.m. Også diverse bygningsartikler i kobber og aluminium forekommer fx til tag- og facadebeklædning, rør. Disse metalartikler har i sig selv en skrotværdi og vil ofte være genstand for en mere eller mindre organiseret indsamlings. Af hensyn til levetiden på evt. nedknusningsudstyr bør alle metalartikler så vidt muligt fjernes; for visse typer kan der dog være tale om skjulte installationer. Et metal påkalder sig særlig opmærksomhed, nemlig bygningsartikler i eller omfattende bly. Det skyldes især, at blystøv ved håndtering udgør en sundhedsrisiko, men også at store

blymængder i affald tilført såvel forbrændingsanlæg som lossepladser ikke er ønskelige på trods af, at bly umiddelbart bindes stærkt i henholdsvis slag-ger/flyveaske og jord. I ældre bygninger findes VVS-installationer i bly, mens blykabler, blyinddækninger ved tagkonstruktioner og blyindfattede ruder også findes i nyere byggeri. Inden for nedrivningsbranchen findes en gammel tradition for at indsamle blyholdige bygningsvarer, som sendes til genanvendelse (i udlandet). På danske kirketage findes 30.000 - 50.000 tons bly, som genanvendes ved udskiftninger og reparationer.

Gips

Dette materiale er ikke medtaget i bilagsrapporten, men nævnes her, fordi det i litteraturen er nævnt, at gipsplader på lossepladser kan medvirke til udvikling af svovlbrinte pga. mikrobiel nedbrydning.

Biologiske materialer

Denne hovedgruppe omfatter også konstruktionsmaterialer, som anvendes i større mængder. Gruppen karakteriseres generelt ved, at grundmaterialerne er biologisk nedbrydelige, men at der kan være iblandet en del unedbrydelige eller svært-nedbrydelige hjælpekemikalier.

Træ

Træ forefindes i stort set alt byggeri. Meget træ er, især i ældre byggeri, anvendt til indvendige konstruktionsformål og er derfor sjældent behandlet ved imprægnering eller maling. Som udgangspunkt vurderes det, at ikke-behandlet træ ikke udgør nogen risiko ved nogen af de tre behandlingsformer; et lille men skal dog sættes ved forbrænding, da nogle forskere mener, at også rent træ kan medvirke i dioxindannelsen.

Imprægneret træ kan udgøre en risiko ved håndtering, idet splinter har vist sig at kunne medføre alvorlige infektioner. Den største belastning knytter sig dog til forbrændingsanlæg, hvor afbrænding af træ imprægneret med CCA-midler (chrom, kobber og arsen) fører til spredning af disse. De store mængder af imprægneret træ, som kan forventes bortskaffet de nærmeste år, da levetiden er overskredet, vil således kunne føre til en alvorlig miljøbelastning ved afbrænding. En del træ blev i midten af 60'erne imprægneret med pentachlorophenol, og dette vil ved afbrænding øge mulighederne for dioxinemissioner. Tilsvarende gør sig gældende for en del af de nyere organiske imprægneringsmidler indeholdende chlor.

Deponering af CCA-imprægneret træ vurderes ikke at udgøre nogen risiko, da de nævnte metaller bindes til jordpartiklerne. Udvaskning vil først ske ved pH under 3. Der bør dog tages hensyn til de aktuelle jordbundsforhold, herunder kalkindhold ved en konkret vurdering. Dog må arsenholdigt affald ikke deponeres i havvand, da arsen kan methyleres og hermed spredes til fisk. Derimod synes deponering, og især anvendelse til stier mv., af byggeaffald med træ, imprægneret med organiske kemikalier, ikke at være uden risiko, specielt fordi en del af midlerne er svært-nedbrydelige.

Specielt skal der advares mod afbrænding af imprægneret træ i små fyr, især brændeovne, hvor der lokalt kan ske høje belastninger med metaller, dioxiner mv.

Den anden hovedgruppe af træ er malede eller limede bygningsartikler, som behandles nedenfor.

Generelt må det anbefales, at imprægneret træ frasorteres og deponeres på kontrolleret losseplads, evt. afbrændes i forbrændingsanlæg med effektiv røggasrensning.

Kork, linoleum, pap og papir og hessian

Bygningsartikler i disse materialer vurderes generelt ikke at udgøre noget problem; det bør dog nævnes, at korkplader findes med PVC-belægning, og

at linoleum kan være indfarvet. Der foreligger ikke oplysninger om, hvilke farvestoffer der anvendes. Et andet problem kan være, at det ikke er muligt at skelne, om en gulvbelægning er udført i linoleum eller i vinyl (PVC)

Kemikaliebaserede materialer

Plast

Plastartikler anvendes til en lang række forskellige bygningsartikler, ligesom en del af de øvrige materialer overfladebelægges med plast. Der anvendes en række forskellige typer plast med PVC som den dominerende.

De fleste plasttyper indeholder tilsætningsstoffer, som farver, stabiliserer, virker brandhæmmende, blødgørende, opskummende mv. Det er ikke muligt at lave en kortfattet krydsning fra typer af tilsætningsstoffer til typer af plast. Da det imidlertid kan være vanskeligt/umuligt på byggepladsen at afgøre hvilken plasttype, der konkret er tale om, vurderes problemet at kunne behandles med plast som en kategori.

Endvidere skal det nævnes, at især bygningsartikler, baseret på eller indeholdende PVC, udgør det væsentligste anvendelsesområde for denne plastkategori, som i de senere år er kommet i miljømyndighedernes søgelys. Dette indebærer bl.a. en relativ god viden om anvendelsesområder og mængder, som dog ikke er inddraget i detaljer i det følgende.

Ved håndtering synes der kun at kunne opstå problemer med glasfiberarmeret acrylplast (støv). Ved forbrænding er der imidlertid alvorlige problemer dels knyttet til dioxindannelsen, som især må forventes påvirket af affaldets PVC-indhold, men også pigmentering med tungmetaller som cadmium og bly er et problem. Endvidere skal det nævnes, at brandhæmmere ofte er chlorerede eller bromerede parafiner, og at polyurethan-artikler oftest er opskummet med CFC (dioxin).

Deponering af platholdigt bygningsaffald kan på længere sigt udgøre et problem ved udvaskning af tungmetaller som fx cadmium. På kort sigt knyttes der store problemer til deponering af opskummede produkter af polyurethan og polystyren samt andre celleplast til isolering, dels ved udvaskning af monomerer, dels pga. afdampning af CFC.

Bygningsaffald indeholder en del plast, der ofte er blandet med andre materialer, hvilket kan vanskeliggøre en frasortering. Rene plastvarer som rør, vinduesrammer o.l. bør dog frasorteres inden knusning og i stedet deponeres på specialdepot/ kontrolleret losseplads, evt. afbrændes på forbrændingsanlæg med effektiv røggasrensning.

Bitumen, tjære og asfalt

Bitumen og asfalt dækker det samme produkt udvundet af jordolie, mens tjære er et kondensat fra forgasning af stenkul. Sidstnævnte indeholder store mængder kræftfremkaldende polyaromatiske hydrocarboner (PAH), hvorfor håndtering kan være problematisk. Især skal nævnes muligheden for uheldet grunder og klæber ved tagkonstruktioner mv.

Der vurderes at være en mindre risiko ved forbrænding og deponering; førstnævnte knyttet til, at begge materialetyper kan indeholde forstadier til dioxin, og sidstnævnte risiko for udvaskning af svært nedbrydelige organiske forbindelser.

Bygningsmaterialer, indeholdende eller behandlet med tjære eller asfalt, bør derfor frasorteres og lægges på specialdepot.

Malematerialer

Malematerialer opdeles primært i organisk opløsningsmiddelbaserede alkydmalinger og vandbaserede acrylmalinger. Begge typer indeholder tilsætningsstoffer som bindemidler, pigmenter, fyldstoffer og andre additiver.

Risici knytter sig især til pigmenterne, som bl.a. omfatter bly- og cadmiumbaserede. Ved håndtering er der især mulighed for indånding af tungme-

talholdigt støv. Forbrænding af malede bygningsartikler vurderes at udgøre en væsentlig risiko for spredning af bly enten med røggasser eller ved deponering af slagger og flyveaske. Også uhensigtsmæssig deponering af malevarer udgør en risiko for spredning. Udover de nævnte tungmetaller skal det fremhæves, at især malinger kan indeholde polychlorede biphenyler (PCB) og PCP samt ikke at forglemme phenylkviksølv. Sidstnævnte blev anvendt indtil for ca. 10 år siden med samme formål som PCP, nemlig konservering.

Malede bygningsartikler er vanskelige at frasortere men problemerne, skitseret ovenfor, bør vurderes nøjere, inden der helt ses bort fra et behov for at frasortere disse.

Såvel maling som de følgende fugemasser og lime er ofte baseret på organiske opløsningsmidler. Ved nedrivning af byggeri vil de nævnte materialer være udhærdet, dvs. opløsningsmidlerne er fordampet, og de udgør derfor ikke noget problem.

Fugemasser

Der er anvendt fugemasser baseret på mindst 5 forskellige kemiske grundmaterialer og med mindst 8 forskellige tilsætningsmaterialer. Det er ikke muligt at se på fugemassen, hvilken der er anvendt, selvom visse typer kun anvendes til plastiske med hinde og andre kun til elastiske mv.

Som udgangspunkt vurderes fugemasser derfor under et. Risici knytter sig især til håndtering af fugemasser baseret på polyacrylater, som også kan være et problem ved forbrænding eller deponering – her savnes dog viden. Endvidere skal nævnes de afgasningsproblemer, der har været med nogle af de nyere typer af fugemasser. Det vides ikke, om denne afgasning også sker efter de måske op til 50 år eller mere, der går fra bygning til nedrivning – kortere tider kommer dog på tale ved renoveringer.

Specielt bør fremhæves de PCB-baserede fugemasser, som blev anvendt op til 1977 – ved forbrænding medvirker PCB til dannelse af dibenzofuraner.

Fugemasse bør så vidt muligt frasorteres og sendes til behandling på Kommunekemi pga. det mulige indhold af PCB.

Lim

Lim anvendes som bindemiddel i en lang række artikler, fx tapet, glasvæv, akustikplader, mineraluldsplader, gulvbelægninger, keramiske fliser, letbetonvægge mv. Visse lime er baseret på organiske opløsningsmidler som toluen og ethanol, og de kan muligvis udgøre et problem ved håndtering. Generelt må det dog antages, at limene er færdighærdet, og opløsningsmidlerne derfor fordampet.

Ved anvendelse af bygningsaffald er det næppe nød vendigt at tage særlige forholdsregler pga. indholdet af lim i visse bygningsartikler.

Andre artikler

Projektet har primært omfattet de bygningsdele, som er tilbage efter fraflytning mv. Det bør dog nævnes, at en del el-installationer, VVS-artikler inventar i øvrigt mv. kan indeholde en række problematiske stoffer. Disse varer bør derfor ikke tilføres et nedknusningsanlæg; hvilket i øvrigt kan føre til hurtig nedslidning.

Opmærksomheden bør på baggrund af det foregående især rettes mod artikler i plast og bly samt artikler, der indeholder asbest.

5. Konklusion

Undersøgelsen af byggematerialers sammensætning gennem tiderne, sammenholdt med den foreløbige vurdering af de indgående delmaterialer, viser, at dele af bygningsaffaldet kan genanvendes uden miljømæssig risiko, mens andre dele skal fjernes og deponeres på specialdepoter eller føres til affaldsforbrænding. For den sidste del af affaldet kræves der, inden en endelig stillingtagen, yderligere undersøgelser. Dette bør omfatte laboratorie- og fuldskala-forsøg, som tilstræbes at ligne virkeligheden mest muligt. Hermed fås konkrete resultater/værdier, som kan anvendes, når der skal tages højde for risici ved deponering af affald med kendt eller delvis kendt sammensætning.

Genbrug uden risiko

- Beton, dog med undtagelse af skorstenselementer, der skal fjernes pga. forurening med aske og slagger.
- Tegl, undtagen glaserede tegl og tegl fra skorstene.
- Natursten.

Skal frasorteres

- Asbestprodukter af hensyn til fiberafgivelse.
- Plast. Alle typer plast bør frasorteres, da det ikke er muligt at skelne de forskellige typer fra hinanden. Af samme grund bør linoleum frasorteres, da det kan forveksles med vinyl.
- Fugemasser. Der kan ikke skelnes mellem de forskellige typer, så alle fugemasser bør frasorteres i størst mulig udstrækning.
- Glaserede tegl; blyglasur.
- Bitumen- og tjæreholdige artikler.
- Blyartikler; inddækninger, indfatninger m.m.
- Imprægneret træ; arsen og PCP.
- Malede artikler.

Desuden bør metalgenstande (el-installationer, VVS o.l.) generelt frasorteres i størst muligt omfang af hensyn til nedknusningsmateriellet.

Det bør overvejes, om mineraluld bør frasorteres af hensyn til fiberafgivelse under nedknusningen. Endvidere bør der gennemføres en nærmere vurdering af risici ved anvendelse af malede bygningsartikler.

Litteraturliste

1. Pohland Frederick G.:
"Leachate recycle as landfill management option".
Journal of the Environmental Engineering Division, December 1980.
2. Herrmann, Rainer.:
"Baurestmassen gehören nicht auf die Deponie"
Müll und Abfall, nr. 9, 1981.
3. Hilligardt, R; Kalck, Ulrich; Kröning,
Helmut og Werther, Joachim:
"Development and test of a sand classification concept for contaminated
dredged river sediments"
Recycling International, EF-Verlag für Energie und Umwelttechnik,
Berlin, 1986, p. 1632-1939.
4. Hendriks, Ch.F. og Jong, E.J. de:
"Alternative road construction materials in the Netherlands".
Recycling International, Berlin 1986, p. 1563-1571.
5. Hendriks, Ch.F.:
"The use of concrete and masonry waste as aggregate for concrete produc-
tion in the Netherlands".
Recycling International, Berlin 1986, p. 1623-1631.
6. Tränkler, Josef:
Environmental compatibility of processed building rubble".
Recycling International, Berlin 1986, p. 1492-1947.
7. Krass, Klaus:
"Industrial by-products for road construction and their environmental
compatibility".
Recycling International, Berlin 1986, p. 1486-1491.
8. Schmidt, Heinz:
"Möglichkeiten zur Verbesserung von Ziegelrohstoffen durch Zusätze".
Ziegelindustrie nr. 9, september 1978.
9. Dohmann, Max:
"Leaching tests with processed rubble".
Recycling International, Berlin, 1984, p. 916-922.
10. Holma, Matti og Keppo, Martti:
"Tegelmassans tillsatsmedel kan erstattes med avfall".
Lerindustrin nr. 1, 1978.
11. Finn Lynggaard: "Keramisk håndbog"
Clausen bøger, 19
12. Saechtling, Hansjürgen:
"Bauen mit Kunststoffen"
Carl Hanser Verlag, München 1973.
13. The Engineering Equipment users' Association:
"The use of plastics materials in building".
E.E.U.A. Handbook No. 31: 1973, London 1973.

14. Neumann, Hans-Joachim:
"Bitumen-Neue Erkenntnisse über Aufbau und Eigenschaften Erdöl
und Kohle, Bd. 34, heft 8, august 1981, s. 336-342.
15. Joensen, Marlo:
"Malerfaget og dets materialer".
Jul. Gjellerups Forlag, København 1939.
16. Koefod, Else:
"Plast"
Danmarks Ingeniørakademi, Materiallære, august 1973.
17. Johansen, Marius;
"Spånplader i byggeriet"
Træ 26, Træbranchens Oplysningsråd.
18. Plast og brand:
Nr. 1: "Almen orientering (1972)
Nr. 2: "Plastrør" (1972)
Nr. 3: "El-teknik" (1974)
Nr. 4: "Celleplast" (1977)
Nr. 5: "Bygningskomponenter" (1978)
Nr. 6: "Forarbejdning og oplagring af plast" (1981)
Nr. 7: "Plast i indbo" (1984)
Plast-Sammenslutningen, København.
19. Hillersborg, Aage S.:
"Nutidens bolig indeholder store mængder plast".
Byggeindustrien nr. 12, 1987.
20. Johansen, Ebbe:
"USA har fordoblet brugen af fliser på 5 år".
Byggeorientering nr. 2, 1988.
21. Pietrzeniuk, H.-J.:
"Political and governmental requirements for recycling of mineral and
construction materials".
Recycling International, Berlin 1986.
22. Heckötter, Christoph:
"Processed building rubble to be used as unbound base course and
protective layer against freezing in road construction".
Recycling International, Berlin 1986.
23. Schmidt, Hans-Jörgen:
"Economy considerations in building material recycling",
Recycling International, Berlin 1986.
24. Institut für gewerbliche Wasserwirtschaft und Luftreinhaltung e.V.:
"Untersuchung von Bauschuttdeponien".
Notat, Köln, 1988.
25. Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen:
"Untersuchung und Beurteilung von Abfällen",
Düsseldorf, juni 1987.

26. Petzschmann, Eberhard:
 "On efficient recycling of materials used in building construction- device application, performance and coasts".
 Recycling International, Berlin 1986, p. 1507-1512.
27. Offermann, Helmut:
 "Technical and economical requirements for the operation of a recycling plant for building rubble".
 Recycling International, Berlin 1986, p. 1513-1518.
28. Hiersche, Ernst-Ulrich og Leutner, Rolf:
 "Use and reuse of alternative building materials in road construction".
 Recycling International, Berlin 1986, p. 1573-1591.
29. Wobbe, Hubert og Hasenbrink, Heinrich:
 "Conception and first operation experience of a pilot plant for the recovery of cultivable soils and building aggregates from mainly noncombustible wastes".
 Recycling International, EF-Verlag, Berlin 1986.
30. Poppy, Wolfgang:
 "Studies of wear in building materials recycling plants".
 Recycling International, Berlin 1986.
31. Ravindrarajah, R. Sri:
 "Utilization of waste concrete for new construction".
 Recycling International, Berlin 1986.
32. Bland, M.G.:
 "Farvning af tegl".
 EuroClay nr. 6, 1978.
33. Dohmann, Max og Trankler, Josef:
 "Abwasser- und abfalltechnische Aspekte bei der Verwendung aufbereiteten Bauschutts".
 Forschungsberichte aus dem Fachbereich Bauwesen, 36, januar 1986.
 Universitat-Gesamthochschule-Essen.
34. Kristensen, Kaare:
 "Murarbejde-, jord-, beton- og stenhuggerarbejde m.m.".
 Jul. Gjellerups Forlag - København 1923.
35. Kristensen, Kaare:
 "Tømrerarbejde".
 Jul. Gjellerups Forlag - København 1927.
36. Hansen, Oskar:
 "Almuefarver".
 Borgen 1982.
37. Suenson, E.:
 "Byggematerialer - metaller, træ, natursten, lervarer, mørtler, beton, kunststen, glasfremstilling, egenskaber, anvendelse og prøvning".
 P.E. Bluhmes Boghandel, København 1911.
38. SBI-anvisning nr. 153.
 Asbestholdige materialer i bygninger.
 Statens Byggeforskningsinstitut, 1986.

39. Kjær, Ulla:
Tilsætningsstoffer til beton.
Beton- og Konstruktionsinstituttet, sept. 1982.
40. Beton ABC, Cementfabrikkernes tekniske
Oplysningskontor, København 1944.
41. Cement og Beton, Aalborg portland,
7. rev. udgave, august 1986.

Bilagsrapport

Gennemgang af byggematerialer

Indholdsfortegnelse

	Side
Forord	26
Asbest	27
Beton	35
Bitumen, Tjære (Asfalt)	40
Fugemasser, lim	44
Glas	46
Malematerialer	50
Metaller	52
Mineraluld	55
Natursten	56
Plast	57
Tegl	66
Træ	77
Diverse (kork, linoleum, tapet, hessian)	87
Specielle artikler:	
El-installationer	88
VVS-installationer	89
Isoleringsmaterialer	91
Litteraturliste	93

Forord

Denne bilagsrapport indgår som en delrapport i projektet med titlen "Undersøgelse af risiko for nedsivning af forurenende stoffer ved genbrug af bygningsaffald".

Dette projekt er finansieret af Miljøstyrelsen, Genanvendelseskontoret.

Bilagsrapporten indeholder en gennemgang af relevante bygningsmaterialer, som indgår i større og mindre udstrækning i vore bygværker.

De enkelte materialeafsnit er udarbejdet af følgende afdelinger på Teknologisk Institut:

Træteknik, afsnittet om træ (impregnering af træ).

Overfladeteknik, afsnittene om maling, lim og fugemasser.

Plastteknologi, afsnittet om plast.

Byggeteknik, afsnittene om beton/mørtel, natursten, tegl, metaller, glas, mineraluld, asbest, asfalt/bitumen og "diverse materialer" (kork, linoleum, pap, papir mv.).

Udarbejdelsen af de enkelte materialeafsnit har indimellem voldt store problemer. De største problemer har været knyttet til at skaffe oplysninger om brug af tilsætningsstoffer (incl. farvestoffer), og hvad disse indeholder. Dette gælder ikke alene, hvad der anvendes i dag, men i lige så høj grad tidligere brug af sådanne, som vil kunne findes i den gamle bygningsmasse.

Gennemgangen af materialerne er derfor behæftet med en hel del usikkerhed, især hvad gælder brug af tilsætningsstoffer, hvilke, i hvilket omfang og den tidsmæssige afhængighed. Nogle af materialerne (fx asbest, beton og maling) er behandlet ret grundigt i litteraturen, hvorved kendskabet til disse materialer (og brug af tilsætningsstoffer) er større.

De enkelte materialeafsnit er meget uens i opbygning, hvilket primært skyldes forskellige forfattere og deres opfattelse af det pågældende materiale.

Asbest

Indledning

Asbest er navnet på en række naturligt forekommende silikatminerale. Mineralerne har forskellig kemisk sammensætning og forskellige egenskaber.

Fælles for asbestminerale er en speciel krystalstruktur, der gør, at de spaltes på langs i meget tynde fibre. Spaltningen kan fortsætte til fibertykkelser mindre end 0,01 μ m.

Asbest har en række egenskaber, der har gjort det til et velegnet Byggemateriale, dels som ren asbest, dels som armering i sammensatte materialer:

- ikke brændbart
- varmebestandigt
- kemisk modstandsdygtigt
- bestandigt mod råd og anden nedbrydning
- høj styrke
- god absorptionsevne

Asbestholdige materialer har været anvendt i byggeriet siden slutningen af 1920'erne og menes at indgå i ca. 3.000 forskellige produkter /38/.

På grund af spaltningen er de meget tynde fibre respirable, dvs., at de passerer de øvre luftveje og når ned i lungerne, hvor de udgør en alvorlig sundhedsmæssig risiko i form af fx asbestose og lungehindekræft.

Omkring 1970 blev det for alvor klart, at der er en alvorlig risiko forbundet med at arbejde med asbest og asbestholdige materialer.

Dette medførte forbud mod anvendelse af asbest, dog med en række dispensationer.

Anvendelse af asbest og asbestholdige materialer til isoleringsarbejder, der har til formål at termisk isolere, støjisolere eller isolere mod fugt, blev forbudt i "Arbejdsministeriets bekendtgørelse af 14. januar 1972".

I Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 468 af 13. november 1979" forbydes fremstilling, import og anvendelse af asbest under enhver form, dog gives der dispensation for en række produkter, bortset fra produkter af crysotil.

- Asbestcementprodukter (med maksimalt 20 vægt-% asbest)
- Tagbeklædning
- Facadebeklædning
- Trykrør
- Ventilationsrør
- Sålænke
- Vinduesbundstykker
- Murafdækning
- Skillerumselementer
- Blomsterkasser
- Støjskærme

Liste over produkter, der er tilladt indtil 1. januar 1985.

I "Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 148 af 30. april 1980 blev dispensationstiden for blomsterkasser nedsat til 1. april 1982.

I "Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 161 af 26. marts 1984" udvides dispensationen for tagbeklædning, facadebeklædning, ventilationsrør og støjskærme (med maksimalt 10% asbest) til 1. januar 1986.

I begyndelsen af 1986 blev det erkendt, at de asbestholdige materialer ikke blot udgør en arbejdsmæssig risiko, men også kan give indeklimaproblemer pga. fiberafgivelse fra nedslidte og ødelagte materialer.

I de følgende år blev adskillige asbestholdige bygningsdele derfor fjernet,

og en del forsejlet og indkapslet. Det er derfor vanskeligt at danne sig et skøn over mængden af asbest i bygningerne.

Sammensætning

Asbest indgår i byggematerialer, dels som ren asbest, dels i en række sammensatte materialer.

Ren asbest, fx

- Asbestplader til lofts- og vægbeklædning, specielt ved brændeovne, gas-komfurer o.l.
- Vævet asbest indlagt i branddøre.
- Asbestsnor til pakning om rørør, pejselåger mv.
- Diverse elektriske komponenter.

Sammensatte materialer, fx

- Asbestcement (90% cement og 10% asbest) til fx væg- og loftsplader, bølgeplader til tag- og facadebeklædning.
- Magnesitcement (op til 30% asbest).
- Asfaltprodukter (asfalt med 2-20% asbest).
- Sprøjteasbest (op til 90% asbest med uorganisk bindemiddel).
- Teknisk isolering (kiselgur eller magnesia med op til 50% asbest).
- Lime, malevarer, fugemasser, spartelmasser, puds og mørtel (op til 30% asbest).
- Vinylbelægninger (PVC med asbest eller på underlag af asbestkarton).

Håndtering

Asbestholdige materialer udgør en risiko ved nedrivning og eventuelt nedknusning, idet der dannes sundhedsfarligt, fiberholdigt støv, der ved indånding kan give forskellige lungesygdomme, fx asbestose, lungekræft og lungehindekræft.

Heller ikke uskadte plader, elementer o.l. kan genanvendes, da der ikke længere må benyttes asbestholdigt materiale i byggeriet.

Materialer, der må formodes at indeholde asbest, skal derfor fjernes, inden egentlig nedrivning påbegyndes.

Arbejdstilsynets meddelelse nr. 3.01.6, maj 1988, angiver, hvilke krav der stilles ved arbejde med nedrivning, reparation og vedligehold af asbestholdige byggematerialer, samt anvisning på håndtering og deponering af asbestholdigt affald.

Asbeststøv og stærkt støvende asbestholdigt affald skal befugtet og i tæt, lukket emballage indleveres til en kommunal modtagestation for olie- og kemikalieholdigt affald.

Asbeststøv og stærkt støvende asbestholdige affald skal befugtet og i tæt, lukket emballage indleveres til en kommunal modtagestation for olie- og kemikalieholdigt affald.

Asbestholdigt affald, der kan støve, skal befugtet og overdækket transporteres til et specialdepot, der er godkendt til modtagelse af asbestholdigt affald.

Andet asbestholdigt affald kan deponeres på fyldpladser.

Anvendelse

Asbestholdige byggematerialer findes i mange variationer og vil ofte kunne forveksles med tilsvarende asbestfrie materialer. De kan forekomme i stort set alle bygningsdele, tagdækninger, udvendig og indvendig vægbeklædning, loftbeklædning ventilations- og elinstallationer, maling og fugematerialer m.v.

En uddybende beskrivelse af materialerne findes i SBI-anvisning nr. 153, "Asbestholdige materialer i bygninger" /38/. Asbest har været anvendt i bygningsmaterialer siden slutningen af 20'erne, dog med en betydelig nedgang

efter 1970, hvor man for alvor blev klar over den alvorlige risiko ved arbejde med asbest.

Siden begyndelsen af 1986, hvor det blev erkendt, at asbest i bygninger også kunne give indeklimaproblemer i form af fiberafgivelse, er en del asbestholdige materialer blevet fjernet. En sikker vurdering af de mængder, der i dag findes i bygningerne er derfor vanskelig at give.

På de følgende sider findes en skematisk oversigt over, hvor i bygningerne der kan forekomme asbestholdige materialer opdelt efter bygningsdele. Desuden gives en kort beskrivelse af materialerne og en vurdering af, hvornår og i hvor stort omfang de enkelte produkter har været anvendt. En del af produkterne går igen i flere bygningsdele, og her angiver mængden det samlede forbrug af det pågældende produkt.

Skemaet er hovedsageligt udarbejdet på grundlag af SBI-anvisning nr. 153 /38/.

Bygningsdel	Produkt	Anvendelsesomfang
<i>Tagbeklædning</i>	Eternitbølgeplader	asbestcement (10% asbest) hård, jævn overflade vaffelmønstret bagside grå, sortblå, rød, grøn, rødbrun, mokka stort (1930-1986)
	Eternitskifer	asbestcement (10% asbest) plane plader hård, jævn overflade grå, sortblå, rød grøn stort (1930-1980)
	Galbestos stålplader	forzinkede stålplader i bølgemønster belagt med asbestfilt og polyester stort (1957-1968)
	Tagpap	tagpap med asbest tilsat i yderlaget sort, jævn overflade evt. skiferbestrøet stort (1965-1980)
	Tagmembraner	asbestpap med pålamineret plast, eller imprægneret med gummi eller vinyl flere farver begrænset (- 1980)
	Klæbeasfalt	asfalt tilsat asbest stort (1930-1980)
<i>Facadebeklædning</i>	Tagunderstrygning	tætningsmiddel tilsat op til 30% asbest flere farver begrænset (- 1981)
	Eternitbølgeplader	asbestcement (10% asbest) hård, jævn overflade vaffelmønstret bagside grå, sortblå, rød, grøn, rødbrun, mokka stort (1930-1986)
	Plane uperforerede plader	lamineret plade af 2 lag PVC med 1 lag PVC med ca. 50% asbest imellem mange farver meget begrænset (1974-1982)
		asbestcementplade hård jævn overflade vaffelmønstret bagside grå evt. malet stort (1930-1985)
		asbestcement med farvet overflade af mineralsk emalje flere farver stort (1960-1985)
		asbestcement beklædt med metal (stål, aluminium eller kobber) stort (- 1979) hovedsageligt i butik- og kon- torbygninger

	træfiberplade med pålimet asbestpap på begge sider gråhvid, evt. malet	stort	(-1980)
Eternitskufer	asbestcement (10% asbest) hård, jævn overflade plane plader grå, sortblå, rød, grøn	stort	(1930-1980)
Galbestos stålplader	forzinkede stålplader i bølgemønster belagt med asbest- filt og polyester	stort	(1957-1968)
Facademaling	maling med asbestfibre grov eller fin glat overflade flere farver	stort	(-1981)
Asbestplader	pressede asbestfibre hvid	begrænset især omkring brændeovne, kakkelovne, gaskomfurer og - kogeplader	(1950-1980)
Plane perforerede plader	træfiberplader med asbestpap på bagsiden lys brun, evt. malet	stort	(-1980)
	asbestcement evt. tilsat cellulosefibre gråhvid eller grå- gul, evt. malet	stort	(-1979)
	asbestsilikat (25% asbest) jævn overflade, evt. med træ- finer eller plastlaminat	meget stort	(1954-1976)
	asbestcement beklædt med metal (stål, aluminium eller kobber)	stort	(-1979)
	træfiberplade med pålimet asbestpap på begge sider gråhvid, evt. malet	stort	(-1980)
	silikatcement (25% asbest) gråhvid, evt. malet	meget stort	(1954-1976)
	lamineret plade af 2 lag PVC med 1 lag PVC med ca. 50% asbest imellem, mange farver	meget	begrænset(1974-1982)

Vegbeklædning

forsættes

Bygningsdel	Produkt	Anvendelsesomfang	
<i>Vægbeklædning fortsat</i>	Plane perforerede plader	asbestcement (10% asbest) grå, evt. malet	stort især i arbejds- og fabrikslokaler (1930-1985)
		asbestcement (10% asbest) farvet overflade af mineralisk emalje	stort (1960-1985)
	Plane uperforerede plader	asbestcement evt. tilsat cellulosefibre grågul, evt. malet	stort (1956-1979)
		asbestcement (10% asbest) poleret eller glaseret hård blank overflade marmorert eller mønstret blå, hvid, rød, grå	stort (1930-1985)
	Vinyl	PVC med asbest (20%) ensfarvet eller marmorert, jævn glat overflade	stort (1930-1980)
<i>Gulvbelægning</i>	Magnesit	støbte gulve af magnesit med op til 30% asbest hård blank overflade ensfarvet eller marmorert	stort især i badeværelser, trapper industri- og kontorbygninger (1920-1980)
	Vinyl	PVC med asbest (20%) ensfarvet eller marmorert jævn, glat overflade	stort (1930-1980)
		PVC på underlag af asbestkarton ensfarvet eller mønstret	stort (1965-1980)
<i>Loftebeklædning</i>	Asbestplader	pressede asbestfibre hvid	begrænset især omkring brændovne, kakkelovne, gaskomfurer og -kogeplader (1950-1980)
	Plane perforerede plader	træfiberplader med asbest på bagsiden lys brun, evt. malet	stort (-1980)
		asbestcement tilsat cellulosefibre hård, jævn overflade grå, evt. malet	stort (1957-1975)

	asbestsilikat (25% asbest) jævn overflade grundet med hvid maling, evt. malet ofte med påklæbet mineraluld	stort	(1957-1973)
	asbestsilikat (25% asbest) jævn overflade grundet med hvid maling, evt. malet påklæbet træramme med indlæg af mineraluld	stort	(1962-1973)
Plane upeforerede plader	træfiberplade med pålimet asbestpap på begge sider gråhvid, evt. malet	stort	(-1980)
	asbestsilikat (25% asbest) jævn overflade, evt. med træfiner eller plastlaminat	meget stort	(1954-1976)
	lamineret plade af 2 lag PVC med 1 lag PVC med ca. 50% asbest imellem mange farver	meget begrænset	(1974-1982)
	asbestcement (10% asbest) grå, evt. malet	stort især i arbejds- og fabrikslokaler	(1930-1985)
	asbestcement (10% asbest) i farvet overflade af mineralsk emalje	stort	(1960-1985)
Nedhængte lofter	asbestsilikat (25% asbest) jævn overflade grå, evt. malet løst ophængt som nedhængte lofter	stort	(1968-1977)
	asbestsilikat (25% asbest) jævn overflade, evt. nopræget grå, evt. malet	stort	(1968-1977)
El-installationer	bakelit med op til 55% asbest glat, sort overflade, evt. lakeret hvid	stort i lampearmerer	(1978-1984)
	flettet asbest under PVC kappe glat overflade orange	begrænset i nødbelysninger o.l.	(-1980)
	flettet asbest grå	stort som varmeisolerende kabler og tilledninger til varmelegemer i husholdningsapparatur	(1930-1970)
Kabler og ledninger			

Bygningsdel	Produkt	Anvendelsesomfang	
<i>El-installationer fortsat</i>	Plader og pap	pressede asbestfibre flere farver	stort (1920-1980) varmeisolerende mellemlæg i fx husholdningsapparatur i el- tavler, lysstofarmatur og sik- ringsholdere
<i>Ventilationsanlæg</i>	Isolering	asbest plader og væv	(- 1965)
		tekstil med asbest	stort (- 1977)
<i>Branddøre</i>		vævet asbest indlagt	stort (- 1972)
<i>Affaldsskakter</i>		asbestcement (10% asbest) grå, hård, jævn overflade	begrænset (1935-1980) især i fleretagesbeboelse
<i>Afstandsklodser</i>		beton med asbestfibre	stort (- 1985)
<i>Elevatore</i>		bremsler	stort (1920-)
		døre, med vævet asbest indlagt	stort (- 1972)
	Kanaler	asbestcement (10% asbest) hård, glat overflade grå, evt. malet	stort (- 1986) i aftrækskanaler og ventilati- onskanaler
<i>Altaner</i>	Fliser	asbestcement (10% asbest)	stort (- 1975)
	Eternitbølgeplader	asbestcement (10% asbest)	stort (1930-1986) især som rækværker og af- skærmninger
<i>Sålbænke</i>		asbestcement (10% asbest) grå, sort hård, jævn over- flade	stort (1965-1985)
<i>Murafslækninger</i>		asbestcement (10% asbest) hård, jævn overflade grå, sort	stort (1967-1985)

Beton

Indledning

Anvendelse af cementlignende bindemidler går langt tilbage i historien. Ægypterne brugte brændt gips ved bygning af pyramiderne, og romerne anvendte brændt kalk tilsat vulkansk aske.

Egentlig produktion af cement, som vi kender det i dag, er først opstået i begyndelsen af det 19. århundrede, i Danmark først i århundredets sidste halvdel, hvor der opstod en række cementfabrikker, navnlig koncentreret omkring Limfjorden og Mariager Fjord.

Beton er en kunststen, der fremstilles af sten, sand, cement og vand. Cement og vand reagerer med hinanden og danner et bindemiddel, der kitter tilslagsmaterialerne, sten og sand, sammen.

Beton er umiddelbart efter sammenblandingen plastisk, men bliver ved hærdeningen til et hårdt materiale med stor trykstyrke, men ringe trækstyrke.

For at bedre betonens egenskaber, såvel i den plastiske som i den hårde tilstand, anvendes mineralske tilsætninger og tilsætningsstoffer og for at kompensere for den ringe trækstyrke anvendes fibre og armering.

Beton kan altså bestå af følgende udgangsmaterialer:

- Cement
- Vand
- Tilslag
- Mineralske tilsætninger
- Tilsætningsstoffer
- Armering
- Fibre
- Pigmenter.

Cement

Cement fremstilles ved brænding og formaling af ler og kridt. Cement er et hydraulisk bindemiddel, dvs. det hærdner ved reaktion med vand.

Ved cementens hydratisering (reaktion med vand) dannes en række calciumsilikathydrater, nært beslægtet med det naturligt forekommende mineral tobermorit, en mindre del calciumaluminathydrater og calciumferrithydrater samt $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Disse hydrater udfældes som kolloide partikler og udgør den væsentlige bestanddel af cementgelen, der kitter tilslaget sammen.

Sammensætningen af hydraterne er bl.a. afhængig af vandcementforholdet.

Mineralske tilsætninger

Flyveaske er forbrændingsresten fra kulfyrede kraftværkers el-udskillere til rensning af røggas.

Asken består hovedsageligt af små glaskugler, 0-1 mm. Mineralogisk er hovedparten (ca. 90%) en amorf glasfase og en krystallinsk rest. Sammensætningen kan variere for forskellige kultyper, men er i hovedsagen som vist i tabel 1.

SiO_2 :	35 - 55%
Al_2O_3 :	20 - 30%
Fe_2O_3 :	3 - 30%
CaO :	1 - 7%
MgO :	1 - 4%
SO_3 :	0,2 - 3%
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$:	1 - 8%

Tabel 1

Flyveaskecement kan købes færdigblandet (Standardcement) med ca. 25% flyveaske, eller flyveasken kan tilsættes cementen inden støbningen.

Flyveaske er et puzzolan, dvs. et materiale, der ikke selv har bindemidlegenskaber, men som kan reagere med Ca(OH)_2 og danne produkter med bindemidlegenskab.

Ved reaktionen dannes kompleksforbindelser med samme kemiske sammensætning som cementens hærdeprodukter.

Mikrosilica

Mikrosilica er et biprodukt ved fremstilling af siliciummetal og ferrosilicium i el-smelteovne.

Mikrosilica består af kugleformede partikler med gennemsnitlig diameter 0,1 μm . Det er hovedsageligt amorfepartikler. Tabel 2 viser den kemiske sammensætning af mikrosilica.

Bestanddele	Kemisk sammensætning - %	
	Si-metal	75% FeSi
SiO_2	94-98	86-90
C	0,2-1,3	0,8-2,3
Fe_2O_3	0,02-0,15	0,3-1,0
Al_2O_3	0,1-0,4	0,2-0,6
CaO	0,08-0,3	0,2-0,6
MgO	0,3-0,9	1,0-3,5
Na_2O	0,1-0,4	0,8-1,8
K_2O	0,2-0,7	1,5-3,5
S	0,1-0,3	0,2-0,4
Glødetab	0,8-1,5	2,0-4,0

Tabel 2

Kemisk sammensætning af mikrosilica fra smelteovne, som producerer hver sit ferrosiliciummetal. (2).

Mikrosilica reagerer med Ca(OH)_2 i cementpastaen til reaktionsprodukter svarende til cementens.

Tilsætningsstoffer

Et tilsætningsstof er et stof, der tilsættes i mængder under 5% af cementvægten, enten før eller under blandingen for at ændre betonens egenskaber, enten i den plastiske eller i den hærtnede fase.

Generelt skelnes mellem primære tilsætningsstoffer og andre, hvor grupperingen er foretaget ud fra stoffernes anvendelse.

A: Primære tilsætningsstoffer

A1: Strukturregulerende
Luftindblandende
Vandreducerende

A2: Hærderegulerende
Accelererende
Retarderende

B: Andre tilsætningsstoffer
Frysepunktssænkende
Ekspanderende
Vandafvisende
Tætnende
Pumpeforbedrende
Korrosionsbeskyttende

Svampedræbende
Gasdannende
Flökkulerende
Klæbeforbedrende
Farvende
Alkalireaktionreducerende

"Andre tilsætningsstoffer"	Sammensætning
Frysepunktsænkende	- Alkoholer, glykoler - Klorider, uorganiske salte
Ekspanderende	- Jernpulver - Sulfo-aluminat-cement
Vandafvisende	- Stearinsyre, oliesyre, fedtstoffer, butyl-stearat - Voksemulsioner - Kalciumstearat, aluminiumstearat, kulbrinteharpikser, bitumen
Permeabilitetsreducerende	- Bentonit, kalk, kiselgur
Pumpeforbedrende	- Alginater - Poly-ethylen-oxider - Cellulose-ethere
Alkali-kisel reaktionsreducerende	- Lithium- og bariumsalte - Puzzolaner
Korrosionsreducerende	- Sulfitter - Nitritter - Benzoater
Svampedræbende	- Kobbersalte - Dieldrin - Poly-halogenerede forbindelser
Skumdæpende	- Poly-fosfater - Poly-ftalater - Silikoner - Alkoholer
Gasdannende	- Brintperoxid - Aluminiumpulver, magnesium, zink - Maleinsyre-anhydrid
Flokkulerende	- Poly-elektrolytter
Mineralske tilsætningsstoffer Fillere Bindemidler Puzzolaner	- Kalk, talk, kvarts, kridt, bentonit - Slagge, hydraulisk kalk - Flyveaske, trass, kiselgur
Klæbeforbedrende	- Silikoner - Polymere (eks.: PVA = poly-vinyl-acetat, PVP = poly-vinyl-propylen, akryl-, epoxy-, poly-urethan-, styren-butadien-forbindelser)

Tabel 2
Sammensætning af tilsætningsstoffer (39)

Tilsætningsstofftype	Sammensætning
Luftindblandende	- Naturlige træharpikser og deres salte (eks.: Vinsol Resin, Natriumabietat) - Fedtsyrer og olier (eks.: talg, olivenolie, stearinsyre, oliesyre, caprinsyre) - Lignosulfonater - Alkyl-(aryl-)sulfonater eller -sulfater (eks.: ethylen-ether-sulfat, natrium-dodecyl-sulfat, -tetradecyl-sulfat, -cetyl-sulfat, -oleyl-sulfat, fenol-ethoxylater) - Sulfonerede naftalener - Tensider i almindelighed (overfladeaktive stoffer) - Plastkugler (uopløselige)
Vandreducerende	- Lignosulfonater - Polyhydroxy-carboxyl-syrer og -salte - Polyethylen-glykol - Melamin-formaldehyd-sulfonater - Naftalen-formaldehyd-sulfonater - Alifatiske aminer
Accelererende	- Kalciumklorid - Andre kalciumsalte (eks.: -bromid, -jodid, -formiat, -nitrit, -nitrat, -sulfat, -oxalat, -hydroxid, -fluat) - De tilsvarende natrium-, kalium-, lithium- og ammonium-salte - Triethanol-amin - Natriumsilikat (vandglas), natriumkarbonat (soda), aluminat-forbindelser (eks.: aluminatcement)
Retarderende	- Kulhydrater (sukker, stivelse), heptonater - Fosfater - Borater - Siliciumfluorider - Bly- og zinksalte - Hydroxy-carboxyl-syrer og -salte (eks.: glukonater) - Kalciumsulfatdihydrat (gips)

Tabel 2

Sammensætning af tilsætningsstoffer (39)

En detaljeret gennemgang af tilsætningsstoffer, deres kemiske sammensætning, anvendelse, virkemåde, dosering mv. er givet i "Tilsætningsstoffer til Beton" af Ulla Kjær (39).

Tabel 3 giver en oversigt over de primære tilsætningsstoffer mht. dosering, kemisk omdannelse efter iblanding, og hvordan stoffet forefindes i den hærdede fase.

Tilsætningsstof type	Kemisk sammensætning	Typisk koncentration i hærdet beton mg/100 g	Mulig kemisk omdannelse	Fordeling i hærdet beton
Vandreducerende	Lignosulfonat	20	Kalciumsalt	Delvis associeret med C_3A -hydrater og reaktionsprodukter med gips. Delvis adsorberet af CSH.
	Glukonat	20	"	
	Heptonat	20	"	
	Polysakkarid	20	Kompleksdannelse	
	Sulf. melamin	80	Kalciumsalt	
	Sulf. naftalen	80	"	
	Tartrat		"	
Accelere-rende	Citrat		"	
	Kalciumklorid	300	Delvis dannelse af kloroaluminater	Delvis som kloroaluminat og delvis frit
	Kalciumformiat	300	Delvis dannelse af C_3A -formiat kompleks	Delvis som C_3A -formiat kompleks og delvis frit
Luftind-blandende	Triethanolamin	50	Kompleksdannelse med C_3A -hydrater	Ukendt, men delvis ekstraherbar
	Aromatiske sæber	3	Kalciumsalt	Fortrinsvis på faststof - luft grænseflader. Kun svagt adsorberet på hydrater
	Alifatiske "	3	"	
	Vinsol Resin	3	"	
	Alkyl-Aryl-Sulfonat	3	"	
Vandtæt-nende	Kalciumstearat	300	Ingen	Ingen adsorption på hydrater Tilstede på overflade af kapillarer
	Stearinsyre	300	Kalciumsalt	
	Oleinsyre	100	"	
	Voksemulsion	50	Ingen	
	Mineralisk olie	50	Ingen	
	Butyl stearat	100	Delvis hydrolyse	

Tabel 3
Primære tilsætningsstoffer (1)

Tilsætningsstoffer har været anvendt siden 1920'erne, i starten nok i ubetydeligt omfang, men med et stigende forbrug i 1960'erne og 1970'erne. Alene i årene 1973-78 er forbruget i Danmark tredobbelst /39/. I dag anslås det, at ca. 60-70% af anvendt beton i Danmark er tilsat tilsætningsstoffer, hovedsageligt blandt de primære.

Doseringen af tilsætningsstoffer varierer med de forskellige fabrikater, men ligger for de fleste under 1% af cementvægten. Dette betyder for de fleste produkter, at indholdet af tilsætningsstof ligger omkring 0,02% af betonvægten.

Armering

Beton har stor trykstyrke, men ringe trækstyrke. Det kan derfor kun bruges selvstændigt, hvor der ikke stilles krav til trækstyrke.

Ellers må det kombineres med materialer, der kan overtage trækpåvirkninger.

Der anvendes stålstænger, tråde, ståltrådsnet og forskellige fibermaterialer. Fibermaterialer behandles selvstændigt.

Armering består af metalstænger mv. samt forskelligartede afstandsholdere.

Stål omtales under metaller.

Afstandsholdere kan være fremstillet af følgende:

- Asbest (38) (beskrives særskilt)
- Plast
- Beton
- Fiberbeton
- Stål.

Fibre

Fibre anvendes ligesom armeringsjern for at kompensere for den dårlige trækstyrke. Der kan anvendes op til 20% (vol.) af cementmængden.

Fibrene kan være asbest, cellulose, glas, mineraluld, plast, stål eller kul.

Bortset fra asbestfibre, som omtales i et særskilt afsnit, er anvendelsen af fiberbeton i Danmark endnu begrænset.

Ålborg Portland oplyser, at man i dag har et salg på ca. 100 t/år, fordelt på alle 8 farver, og at dette anslås at udgøre ca. 5% af mængden af anvendt farvet cement. Resten tilsættes under støbning. Det har ikke været muligt gennem forhandlere af pigmenter til cement at få oplysning om mængder.

Farvet cement finder især anvendelse til facadeelementer, altanbrystninger, facadepuds, gesimser, havefliser og terrazzo.

Bitumen, Tjære, (Asfalt)

Indledning

Bitumen (eller asfalt), (ordene bitumen og asfalt bruges ofte i flæng for det samme produkt) er en naturlig del af de fleste jordolier, hvori den findes opløst i de lettere olier.

Bitumen (asfalt) forekommer i naturen på steder, hvor jordolien er trængt op til overfladen, og de lettere olier efterhånden er fordampet. Sådanne "naturasfalter" er ofte blandet med mineralske stoffer. Af store naturlige forekomster kan nævnes det bløde bitumenmateriale (næsten som tyktflydende petroleum) fra Trinidad og det såkaldte tjæresand fra Athabasca-søen i Canada.

Bitumen bliver i dag næsten udelukkende fremstillet ved destillation af benzin- og olieprodukter. Bitumen eller asfaltbitumen er normalt et tyktflydende eller næsten fast stof. Bitumen er i hovedsagen en blanding af højmolekylære kulbrinter med meget varierende molekyl størrelser og molekylestruktur. Det store antal forskellige molekyler umuliggør i praksis en eksakt analyse.

Ved destillation af fx olie er næsten alle stoffer med kogepunkter under 400°C fjernet, fx benzin, petroleum, terpentiner, fyringsolie, smøreolie mm.

Kulbrinterne og de afledte forbindelser i bitumen vil hovedsageligt bestå af meget store molekyler med molekylvægte på mellem 300 og 10.000. Bitumen eller asfaltbitumen karakteriseres ved at være næsten fuldstændigt opløseligt i svovlkulstof.

Den enkelte type bitumen eller asfaltbitumen vil bestå af en uhyre mængde kemiske forbindelser. Sammensætningen vil variere afhængig af olien og destillationsmetode. Den kan opdeles i 3 hovedgrupper:

- Mættede og umættede alifatiske grupper
- Naftener eller cykloparaffiner
- Aromatiske grupper.

Tjære er et kondensat fra gas- eller koksframstilling på basis af stenkul. Tjæren fremkommer normalt ved tørdestillation af stenkul, men herhjemme fremkom den som et biprodukt ved gasframstilling.

Den primære anvendelse af bitumen og tjære er til framstilling af vej- og tagdækningsmaterialer. Sekundære anvendelser er til gulvbelægning, fugemasse, isoleringsmateriale i elektriske kabler, samt for tjærens vedkommende et vigtigt råmateriale for den organiske kemiske industri fra dennes opvoksen i sidste halvdel af 1800-tallet og frem til 1950'erne. Tjæredestillater anvendtes til motorbrændsel, opløsningsmidler, træimpregnering, farvestoffer, sprængstof m.v. Tjærebeholdningen bl.a. til framstilling af elektroder til aluminiumproduktionen.

Først fra midten af trediveerne med udvikling af crackingmetoder blev olie-kemikalieproduktionen helt dominerende. Med olieindustriens opvoksen skete der en lignende ændring i anvendelsen af tjære til vej- og tagdækningsmaterialer. Brugen af tjære som en del af bindemidlet i asfalt ophørte de fleste steder omkring 1970.

Der er stor forskel på den kemiske sammensætning af tjære og bitumen. Tjæren udgøres for ca. halvdelen af vedkommende af polyaromatiske forbindelser, hvoraf flere er mistænkt/påvist at være kræftfremkaldende.

Polyaromatiske forbindelser optræder næsten ikke i bitumen. Dette hænger sammen med de temperaturer, der arbejdes med ved destillationen af henholdsvis olie og kul. Destillationen af olien foregår oftest ved vakuumdestillation med (cutpoint) temperatur på 500°C mod temperaturer på op til 1200°C ved forgasningen af kul. Ved den højere temperatur sker der en dehydrogenering af de primært dannede alifatiske og alicykliske forbindelser til aromatiske forbindelser og brint.

En sammenligning af PAH-indhold i tjære og bitumen er givet i tabel 4 næste side.

KOMPONENTER	STENKUL- TJÆRE	KULTJÆRE- BEG	BITUMEN
Anthracen	5.000	10.000x	0,32
Phenanthren	14.500	29.000x	7,3
Pyren	2.700	29.000	38,0
Fluorethen	7.600	43.000	22,8
Benzofluorener	-	5.100x	-
Benz(a)anthracen	-	12.500	35,0
Triphenylen	-	1.100	7,6
Chrysen	-	10.000	34,0
Benzo(a)pyren	1.000	12.500	49,3
Benzo(e)pyren	390	7.000	52,0
Benzo(k)fluoranthren	-	9.000	2,9
Perylen	230	3.300	39,0
Benzo(ghi)perylen	410	3.300	15,1
Indeno	820	9.300	1,4
(1,2,3-cd)pyren	-	-	-
Picen	-	2.000	1,0
Coronen	-	(700)	2,8

x Værdien inkluderer alkyl derivater

Tabel 4

Sammenligning af PAH-indhold i stenkultjære, stenkulsbeg og asfalt (ppm).

Asfalt

Bitumens og tjærebegs anvendelse beror i hovedsagen på, at de er vandtætte og vandresistense, let smeltelige, vejrbestandige, gode klæbemidler og billige. Bitumen bruges i væsentlig større udstrækning end tjære, til dels fordi bitumen, specielt oxyderet bitumen, kan benyttes inden for et meget større temperaturområde. Tjære har på den anden side en række fordele frem for bitumen, såsom uopløselighed i mineralolie og giftvirkning over for mikroorganismer, hvilket betinger en række særlige anvendelser.

De første asfalttyper blev udviklet i trediverne. Grundbestanddelen i alle asfalttyper er bitumen (asfaltbitumen).

Tjære udmærker sig ved meget stor bindeegenskab. Frem til 1970 blev der af denne årsag iblandet en mindre del tjære i asfaltbitumen. Siden er denne tilsætning erstattet af ændrede raffinerings- og destillationsmetoder, hvorved bestemte egenskaber kan fremhæves. Resultatet er forskellige typer bitumen, hvis egenskaber nøje afhænger af, hvad de skal anvendes til. Idag frembringes den ønskede egenskab ved sammenblanding af 2-3 forskellige bitumener på asfaltfabrikken. Kort fortalt bliver asfalt fremstillet ved, at tørt stenmateriale blandes med varmt bindemiddel (bitumen) og evt. nedknust stenmateriale i en blandesektion, hvorpå blandingen kan fyldes direkte på lastvogne eller op i en færdigwaresilo.

Ved vejbygning anvendtes foruden asfalt en klæbeemulsion. I begyndelsen anvendtes tjære, senere blev tjæren erstattet af bitumenemulsion. Bitumenemulsionen fremstilles ved emulgering af varm bitumen i vand. Der tilsættes emulgator, syre eller base.

Tagpap

Tagpap fremstilles ved imprægnering af armeringsmateriale med tjære eller bitumen. Ligesom ved asfaltfremstillingen er tjæren gradvis blevet erstattet af bitumen. Tidligere blev armeringsmaterialet (kludepap) dyppet i et åbent kar med 150-170° varm tjære. Herefter blev det lagt ud på et sandstrøet gulv. Efter afkøling og udstrøning af finkornet materiale var tagpappet klar til brug.

Tappap og vandisoleringsmembraner består i princippet af et eller flere lag bitumen eller tjære, der fungerer som vandtæt lag, plus en armering og forskellige typer stenmaterialer, hvis funktion er at beskytte laget mod mekaniske påvirkninger og evt. vejrligets nedbrydende virkning.

Armeringen er den bærende og forstærkende del af tagpappet. Armeringen skal have en vis mekanisk styrke, stivhed og desuden kunne armere det omgivende lag bitumen.

I traditionel tagpap udføres armeringen af råpap (kludepap). Råpappet har den ulempe, at det bevæger sig under påvirkning af fugt. Man er i de senere år begyndt at gå over til at anvende glasfiberstammer. Der benyttes 2 forskellige typer af gasstammer, glasfilt og glasvæv. Glasfilt består af et tyndt lag sammenlignede glasfibre.

Som armering anvendes bl.a. asbestfibre, jutevæv mv.

Bitumenprodukter

Bitumenmaterialerne kan opdeles i tre grupper, nemlig smeltemasser, opløsninger og emulsioner. Hvilken type, der anvendes, afhænger i høj grad af den til anvendelsen nødvendige letflydenhed, der opnås ved henholdsvis opvarmning, tilsætning af opløsningsmidler og emulgering i vand.

Den mest almindelige anvendte smeltemasse er ren bitumen, som i varm tilstand benyttes til klæbeformål som dampspærring m.m.

Bitumen (eller klæbeasfalten) benyttes som regel uden tilsætning af mineralske fyldstoffer.

Til fugemasser og varmt udlagte tætningsmasser blev der tidligere tilsat langstivet asbest, som gav massen en mindre flydningstendens og større strækkelighed. Desuden kunne man (bruges stadigvæk) tilsætte natur- eller

kunstgummi, som har en lignende virkning, og som yderligere kunne bibringe massen elastiske egenskaber.

Opløsningerne har den fordel, at de er umiddelbart anvendelige, idet de normalt leveres i brugskonsistens. Som opløsningsmiddel for bitumen (asfalt) benyttes i reglen mineraloliedestillater som fx mineralsk terpentin. Tjæreprodukter kræver kraftigere opløsningsmidler, og der anvendes i reglen tjæredestillater som fx solventnafta.

Opløsningerne kan opdeles i tre grupper efter konsistens, nemlig grundingsmidler, tætningsmasser og klæbemidler.

Tætningsmasserne kan være meget tyndtflydende som fx de bitumenopløsninger, der benyttes til fugtisolering af hussokler og indvendige kælder-vægge. Normalt menes med tætningsmasser pastaagtige bitumen- eller tjæreopløsninger med stort indhold af mineralske fyldstoffer.

Klæbemidlerne er mere tyktflydende bitumenopløsninger, som gerne er tilsat farvestoffer for at nedsætte skridningstendensen. De kaldes undertiden koldtflydende asfalt. Man opnår ikke så effektiv klæbning som ved anvendelse af varm klæbeasfalt, og der kan optræde ulemper ved anvendelsen til tagpapk-læbning som følge af, at opløsningsmidlet opbløder tagpappets bitumen.

Grundingsmidlernes opgave er alene at sikre en god vedhæftning til underlaget. De skal være meget letflydende, således at de trænger ind i porer, revner og ujævnheder. Samtidig hermed skal de fastbinde evt. støv på overfladen.

Emulsioner benyttes ligesom opløsninger til klæbe- og tætningsformål. Anvendelse af vand frem for opløsningsmiddel giver fordel såsom nedsat brandfare og mulighed for behandling af våde overflader. Ulemperne er større frostfølsomhed, risiko for bortskylning af ikke gennemtørret emulsion i regn-vejr og risiko for reemulgering i vand.

Fugemasser og lim

Inden for byggeriet har fuger og fugemateriale været anvendt i århundreder. Ved et fugemateriale forstås en masse, der bruges til fyldning og tætning af en fuge. Et eksempel på et fugemateriale er almindelig kalkmørtel, som bruges til opmuring af teglstenskonstruktioner. Denne type fugemateriale gjorde udmærket fyldest, så længe man arbejdede med relativt små bygningsselementer som mursten og lignende.

Med de nye byggesystemer, der begyndte at blive almindelige i 1950'erne, blev elementbyggeriet mere og mere anvendt. Disse byggeelementer var/er ofte meget store, og svingninger i temperaturen bevirker, at elementerne udvider sig eller trækker sig sammen. Ved elementbyggeriets indførelse blev der derfor behov for fugemasser, der vedvarende kan optage bevægelser. Som følge heraf blev der udviklet en række fugematerialer, som levede op til disse krav.

De første, svagt elastiske fugematerialer var oliebaserede, og senere kom mere elastiske fugemasser, baseret på kunstgummi af forskellig art. Senere er der kommet fugematerialer baseret på polyurethaner, silikoner og polyakrylater.

Oversigt over fugemassers sammensætning/anvendelse

Type	Typiske bestanddele	Anvendelsesområde
Plastiske hindedannende fugemasser	Tørrende olie Ikke tørrende olie Harpiks Polymer Asbestfibre	Fuger mellem beton, tegl., træ, stål etc.
Plastiske ikke-hindedannende fugemasser	Ikke tørrende olie Harpiks Polymer Asbestfibre	Beskyttende fuger mellem beton, tegl, træ, stål, etc.
Sejplastiske fugemasser	Plastificeret butylgummi Polyakrylater Pigment Opløsningsmiddel	Fuger mellem beton, tegl, træ, stål, aluminium, etc.
Termoplastiske fugemasser	Gummiasfalt Harpiks Asbestfiber	Fuger i gulv, tag, etc.
Fugemassebånd	Ikke tørrende olie Vulkaniseret polymer Gummiasfalt	Bundfyldning for fugemasser
Elastiske fugemasser	Polyakrylater Polysulfater Polyurethaner Silikoner Pigment	Fuger mellem beton, tegl, træ, stål, etc.
Epoxyfugemasser	Epoxybindemiddel Pigment Opløsningsmiddel	Gulvfuger o.l.

Som det fremgår af oversigten over fugemassers sammensætning/anvendelse, indeholder nogle typer fugemasser pigment. Indholdet af pigment er ofte begrænset til nogle få procent.

Som pigment og fyldstof i fugemasser til udvendigt brug anvendes næsten udelukkende naturligt forekommende uorganiske forbindelser som fx forskellige former for jernoxid. I fugemasser til indvendigt brug anvendes undertiden organiske pigmenter, men brugen af sådanne fugemasser er meget begrænset.

Lim anvendes inden for byggesektoren, især til opsætning af tapet, glasvæv og forskellige bygningsdele som fx akustik- og mineraluldsplader. Også til gulvbelægnings og opsætning af keramiske fliser anvendes i stor udstrækning lim. I de senere år har lim i stadig større grad erstattet/ suppleret de indtil nu anvendte samlingsmetoder. Eksempler herpå er limning af broelementer og indvendige letbetonvægge i husbyggeri.

Lim består i hovedreglen af et bindemiddel opløst i et egnet opløsningsmiddel. Af hyppigt anvendte bindemidler i forskellige lime kan nævnes:

- Kunstharpiks
- Akryl/etylvinylacetat dispersioner
- Polyvinylacetat dispersioner (PVA)
- Neopren
- Akryldispersioner.

Akryl- og PVA-dispersioner indeholder normalt vand som eneste opløsningsmiddel, mens neopren og kunstharpiksbaserede lime ofte har organiske forbindelser som toluen og sprit som opløsningsmiddel.

Glas

Glas bliver fremstillet ved at smelte en blanding af sand, soda og kalksten sammen ved ca. 1400-1500°C. Derudover indgår normalt også en række vigtige "forbindelser" i større eller mindre mængder. De vigtigste er:

"Glasdannere" eller "netværksdannere" giver glasset mulighed for at danne en underafkølet smelte, dvs. at det ikke krystalliserer ved afkøling.

SiO_2 er så afgjort den vigtigste "glasdanner", og indgår med ca. 40-80% i alle almindelige typer glas.

Sand er den vigtigste råvare for SiO_2 (kvarts).

To andre "glasdannere" er betydningsfulde:

B_2O_3 (boroxid) indgår i termiske og kemiske resistente borsilikatglas, som primært anvendes til laboratorie- og madlavningsformål.

P_2O_5 (fosforpentoxid) indgår i visse specialglas, hvor man bl.a. har brug for glas med lille modstandsevne (gennemtrængelighed) for UV-lys.

Flusmidler sænker viskositeten og smeltetemperaturen. Desværre bliver glassets evne til at modstå hurtige temperaturforskelle og dets kemiske modstandsevne mindre.

Na_2O (natriumoxid) er det mest almindelige flusmiddel.

K_2O (kaliumoxid) anvendes ofte som flusmiddel til kunstglas, fordi farvestoffer kommer klarere frem (mere til sin ret) i kaliumglas end i natriumglas.

Li_2O (litiumoxid) er et meget kraftigt flusmiddel. Det anvendes dog sjældent i almindeligt glas på grund af den relativt høje pris.

Stabilisatorer har bl.a. til opgave at forbedre glassets kemiske modstandsevne.

CaO (calciumoxid) er ofte den mest anvendte stabilisator.

MgO (magnesiumoxid) anvendes ofte i mindre mængder sammen med calciumoxid.

Al_2O_3 (aluminiumoxid) findes i de fleste glas på grund af den korrektion, glassmelten udøver på de indfaste materialer i ovnene. Ved at tilsætte 1-2% aluminiumoxid til glasset kan man formindske "angrebet" på ovnmateriale. Samtidig forbedres glassets mekaniske egenskaber, holdbarhed, modstand mod ridser samt evne til at modstå pludselige temperaturforskelle. Derudover forbedres den kemiske modstandsevne, fx mod alkaliangreb.

PbO (blyoxid) anvendes hovedsageligt ved fremstilling af kunstglas, kristalglas. Blyoxid øger glassets lysbrydningsindex og gør glasset lettere at slibe. Klangen forøges tillige ved anslag.

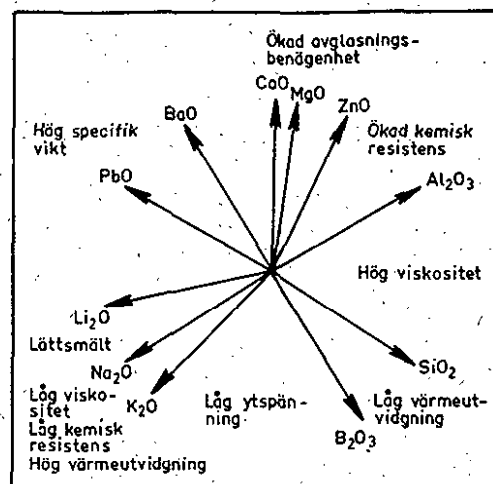
Blyoxid anvendes også i beskyttelsesglas mod bl.a. røntgenstråling samt i visse optiske glas. Den primære råvare er blymønje, Pb_3O_4 .

Af øvrige stabilisatorer, som kan forekomme i specielle glastyper er fx BaO (bariumoxid), ZnO (zinkoxid) og TiO_2 (titandioxid).

Andre bestanddele. I forbindelse med planglas indgår ofte små mængder af andre bestanddele, ofte forureninger, i form af fx Fe_2O_3 , FeO og Cr_2O_3 . Disse urenheder kan give glasset en svag grøn farvetone. Denne såkaldte farvetone kan variere fra blågrøn til gulgrøn, afhængig af jernets iltningsgrad.

Til visse formål kræves der farveløse glas, og i sådanne tilfælde må glas-

massen affarves. Dette sker ved at tilsætte andre stoffer (fx mangan), hvorved der opstår en neutral grå farvetone glasset opfattes som farveløs. Planglas affarves imidlertid aldrig, da alle "farveløse" glas, som er affarvet, bliver mere eller mindre stærkt misfarvet af sollysets påvirkning.



Figur 1
Den enkelte komponentes betydning for glassets egenskaber.

Sammensætningen af en række forskellige glastyper ses i tabel 5.

Eksempel på typiske glassammansætninger.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO_2	71.5	72.0	73.2	72.0	72.5	72.3	71.9	53.0	100	69.3	81.0	76.1
Al_2O_3	1.2	0.7	0.9	0.3	1.0	1.7	2.0	—	—	—	2.4	1.7
Fe_2O_3	0.05	0.05	0.1	0.05	0.1	0.05	0.24	0.03	—	0.05	0.1	—
CaO	7.7	7.8	10.0	13.7	8.9	9.5	9.8	—	—	6.3	—	0.2
MgO	4.0	3.8	2.0	—	3.1	1.7	1.1	—	—	—	—	—
BaO	—	—	—	—	—	0.2	0.1	0.8	—	—	—	—
Na_2O	14.0	15.0	13.0	13.3	13.4	13.8	14.0	0.2	—	10.7	4.5	5.4
K_2O	0.3	0.3	0.4	0.05	0.5	0.6	0.6	13.4	—	6.7	—	0.6
B_2O_3	—	—	—	—	—	—	—	0.4	—	0.8	12.0	16.0
PbO	—	—	—	—	—	—	—	31.3	—	5.4	—	—
As_2O_3	—	—	—	—	—	—	—	0.8	—	0.7	—	—
SO_3	0.3	0.3	0.4	0.6	0.5	0.2	0.2	—	—	—	—	—

- | | |
|----------------------------|----------------------------------|
| 1. Planglas (Pittsburgh) | 7. Emballageglas (brunt) |
| 2. Planglas (Fourcault) | 8. Tung blykristall |
| 3. Planglas (Libbey-Owens) | 9. Kvartsglas |
| 4. Planglas (Spegelglas) | 10. Pottaskeglas |
| 5. Planglas (Float) | 11. Borosilikatglas (Pyrex) |
| 6. Emballageglas (ofærgat) | 12. Borosilikatglas (Jena Duran) |

Tilsætningsstoffer (farvestoffer)

Farvet glas

Farvning af glas opnås ved at mængden af farvestof er proportional med absorptionen af lysets forskellige bølglængder i glasset. Forskellige farver kan fx opnås med følgende stoffer/forbindelser:

- | | |
|---------|---|
| - Blå: | Med koboltoxyd, kaliumbikromat, zinkoxid, kobberoxid. |
| - Grøn: | Chromoxid, kobberoxid. |
| - Gul: | Cadmiumoxid (titanoxid, jernoxid, uranoxid). |

- Violet: Nikkeloxid.
- Brun, sort og grå: Kombinationer af mangan-, jern-, nikkel- og koboltoxider (og svovl).
- Rød: Cadmiumsulfid i forbindelse med selen, kobberoxid.

Farvestoffer

Jernoxid (FeO
og Fe_2O_3):

Farver glasset grønt med gult eller grønligt skær, alt efter glassets sammensætning og dets smelteforhold.

Koncentration

0,5% jernoxid: lysegrøn farve
1,0% jernoxid: mørk gulgrøn farve.
6,0% jernoxid: mørk olivengrøn farve.

Chromoxid
(Cr_2O_3):

Farver glasset grønt. Sodaglas bliver mere græsgønt, krystalglas får en gulgrøn farvetone.

Koncentration

1 1/2 - 2% chromoxid: grøn farve.

Kobberoxid
(CuO):

Kan farve glasset blåt til grønt afhænger bl.a. af koncentrationen.

Koncentration

0,1% kobberoxid: blå farve
1-3% kobberoxid: stærk blå farve
10% kobberoxid: mørkegrøn farve.

Koboltoxid
(CoO):

Farver glasset blåt med tydelige rødlige farvestik. Den røde tone er mere fremtrædende i sodaglas end fx krystalglas.

Koncentration

2% koboltoxid: mørkeviolet farve
4-6% koboltoxid: næsten helt sort.

Nikkeloxid
(NiO):

Farver glasset violet (rød-violet). Sodaglas får en gråviolet farve.

Koncentration

0,5-1% nikkeloxid: kraftig violet farve
4-8% nikkeloxid: sort glas.

Uranoxid
(U_3O_8):

Farver glasset gult med kraftig grøn fluorescens. I blyglas bliver farven mere ren gul.

Uranoxid bruges sjældent til farvning af glas, bl.a. pga. prisen.

Koncentration

0,5% uranoxid: lysegul farve
2,5% uranoxid: gul med grøn farvetone.
10% uranoxid: mørkegul farve.

Cadmium-
sulfid
(CdS):

Farver glasset kraftigt gult med grønne farvetoner. Grundglasset bør indeholde zinkoxid, da zinkoxid har en evne til at tilbageholde sulfiden i glassmeltten ved den høje smelte-temperatur.

Koncentration

2-3% cadmiumsulfid: kraftig gul farve.

Da farvestofferne kan anvendes hver for sig, men som oftest bruges i kombinationer, skal der kort gives nogle retningslinier for sammensætningen i "farve-midler", der skal til for at opnå nogle ønskede farver.

- Klar blå farve:

Sammensætning

10 dele kobberoxid +
1 del cobaltoxid.

- Klar grøn farve:
(mosgrønt)

Sammensætning

2 dele chromoxid +
1 del kobberoxid.

- Klar rubin-rød
farve:

Sammensætning

3 dele cadmiumsulfid +
2 dele selen (Se)

i en reducerende smelte.

Planglas og planglasprodukter

Glas til "presning" er normalt et modificeret soda- eller halvkrystalglas. Det indeholder ofte lidt bariumoxid, blyoxid eller zinkoxid. Disse komponenter gør selve presningen lettere. Planglasset inddeles alt efter fremstillingsmåden og forædlingsprocessen i følgende:

Vinduesglas

Glasmassen er nærmest et sodaglas. Jernindholdet er relativt højt, hvilket mindsker ind- og udstrålingen af varme.

Støbeglas

Bruges til fremstilling af såkaldt råglas og ornamentglas.

Armeret glas

Armeret glas er et produkt, hvor et metalnet er indvalset mellem to lag glas. Nettet forhindrer glasset i at gå i stykker i småstumper. Det anvendes for at forhindre glasset i at sprænge i småstykker ved fx brand.

Spejlglas

Spejlglas er et planglas, som er slebet og poleret på begge sider.

Hærdeglass

Hærdning af glas medfører en forstærkning af glasset ved, at trykspændinger påføres glasoverfladen. De færdigtformede glasskiver opvarmes til 650°C, hvorpå glasset hurtigt nedkøles vha. trykluft. Hærdeglass modstår større fysiske påvirkninger, men når det endelig går i stykker, sker det i et stort antal småstykker. Disse har tillige heller ikke så skarpe kanter og udgør en mindre risiko for skader (personskader).

Lamineret glas

Lamineret glas eller sikkerhedsglas består af to glasskiver med et mellemliggende tyndt lag plast. Når et sådant glas går i stykker, kommer der revner

i glasset, men stumperne sidder fast og udgør fx en mindre risiko for personskader.

Skudsikkert glas

Skudsikkert glas består af flere glas- og plastplader, som er "smeltet" sammen.

Ifølge E. Suenson (1911) (37)

Spejlglas fås ved slibning og polering af særligt rent og *blyholdigt* råglas og bruges til store ruder (navnlig i butikker og akvarier) og til spejle.

Malematerialer

Introduktion

Maling består af fem hovedbestanddele:

- Bindemiddel
- Pigmenter
- Fyldstoffer
- Opløsningsmidler
- Tilsætningsstoffer (additiver).

I det følgende vil der kort blive gjort rede for de mest anvendte typer af stoffer fra de fem grupper, som anvendes eller er blevet anvendt til fremstilling af bygningsmaling.

Bindemiddel

Før ca. 1920 blev der som bindemiddel i bygningsmaling hovedsageligt anvendt tørrende olier som fx linolie og valmuefrøolie. Anvendelse af kalk som bindemiddel var også meget udbredt før i tiden.

Senere blev alkydbindemiddel, som fremstilles af fedtsyre, phtalsyre og glycerol, det mest benyttede. De sidste 30-40 år er de nævnte bindemidler blevet fortrængt af forskellige plastpolymere, og næsten al bygningsmaling, der bruges i dag, er baseret på akrylbindemiddel. Det mest anvendte akrylbindemiddel i dag er en akryldispersion, der dannes ud fra methylnetakrylat og butylakrylat/ styren.

Typisk sammensætning af akrylplastmaling:

- | | |
|----------------------------|------------|
| • Bindemiddel | ca. 30-40% |
| • Pigment | ca. 30-35% |
| • Fyldstoffer | ca. 16-20% |
| • Vand | ca. 20-25% |
| • Tilsætningsstoffer | ca. 5% |

Typisk sammensætning af alkydmaling:

- | | |
|---|---------|
| • Bindemiddel alkydopløsning
(70% tørstof) | ca. 50% |
| • Pigment | ca. 20% |
| • Fyldstoffer | ca. 25% |
| • Tilsætningsstoffer | ca. 5% |

Pigment og fyldstoffer

Pigmenterne i malingen er bestemmende for malingens kulør og dækevne, mens fyldstofferne dels tjener det formål at billiggøre malingen, dels regulere en lang række af malingens arbejdssegenskaber.

Der er igennem tiden blevet brugt en lang række meget forskelligartede stoffer som pigmenter og fyldstoffer i malinger. I det følgende er de mest anvendte nævnt, men listen er på ingen måde komplet.

Det skal tilføjes, at anvendelsen af kulørte (farvede) malinger inden for bygningsmalerarbejde altid har været begrænset, og skønsmåssigt udgør de kulørte malinger kun ca. 10% af det totale forbrug.

Fælles for en lang række af de tidligere anvendte farvede pigmenter er deres store sundhedsskadelige virkning. Dette forhold har bevirket, at mange pigmenter, som før i tiden blev anvendt, ikke bruges i dag, men forsøges erstattet af mindre sundhedsskadelige stoffer.

Hvide pigmenter

- Titanhvid (Titanoxid) TiO_2
- Zinkhvidt (Zinkoxid) ZnO
- Blyhvidt (Blykarbonat) PbCO_3
- Lithoponehvid (Zinksulfat) ZnS

Fyldstoffer

- Tungspat, baryt, blanchfixe (Baryumsulfat) BaSO_4
- Kalkspat (Kalciumkarbonat) CaSO_4
- Siliciumoxid SiO_2
- Celite
- Aluminiumsilikat AlSiO_2

Farvede pigmenter - uorganiske

- Ultramarin natrium-aluminiumsilikat
- Miloriblå ferri ferrocyanid
- Manganblåt bariummanganat
- Kromoxidgrønt rent cromoxid
- Okker jernoxidhydrat
- Jernoxidgult
- Kromgult blykromat
- Zinkgult zinkkromat
- Cadmiumgult cadmiumsulfid
- Jernoxidrødt jernoxid
- Molybdatrødt blymolybdatkromat
- Cadmiumrødt cadmiumsulfidselenid
- Cinnober kviksølv sulfid
- Carbon black kulstof
- Grafit krystallinsk kulstof

Farvede pigmenter - organiske

- Anvendes ikke i bygningsmaling

Tilsætningsstoffer/Additiver

Additiver er fællesbetegnelsen for en række meget forskelligartede stoffer, som tilsættes malingen for at forbedre holdbarhed, tørreegenskaber, påførings-egenskaber etc. Fælles for dem alle er, at de anvendes i meget små mængder i malingen, ofte under 0,5%. I det følgende er beskrevet en række af de mest anvendte additivs funktion og sammensætning.

Sikkativer

Anvendes til forbedring af tørreegenskaberne i olie- og alkydmalinger. Sikkativer er opløsninger af metalsalte i organiske syrer. Som aktive metaller anvendes kobolt, bly, zink, mangan og calcium. Tilsætningen af sikkativer og hermed indholdet af metaller varierer fra produkt til produkt, men vil ofte ligge i størrelsesordenen 0,01% til 1%.

Hudtrækshindrende stoffer

Disse stoffer tilsættes olie- og alkydmalinger for at hindre dannelse af hud på overflade af malingen i spand/dåse. Som hudtrækshindrende stoffer bruges butyraldoxim og methyletylketoxin, som tilsættes malingen i mængden på 0,1 til 0,4%.

Blødgørere

En del af de bindemidler, som bruges til malingfremstilling bliver meget sprøde, når de tørrer. Ved at tilsætte malingen en blødgører undgår man, at den tørre malingfilm bliver for sprød. Som blødgører anvendes:

- a) Dibetylphthalat
- b) Dioktylphthalat
- c) Tri-n-resylphosphat.

Konserveringsmiddel

I vandbaserede malinger anvender man et konserveringsmiddel for at forhindre, at malingen rådner. De meste benyttede konserveringsmidler er:

- a) Natriumpentaklorphenol
- b) Natriumnitrit.

Før i tiden blev fenyalkviksølvforbindelser også anvendt. Konserveringsmidler udgør fra 0,5 til 1% af en almindelig plastmalings vægt.

Opløsningsmidler

Langt den største del af opløsningsmidlet i malinger fordamper under tørringen eller inden for 1-2 døgn efter påføringen.

De mængder, der er tilbage i en 10 eller 20 år gammel maling, er meget små (hvis der da overhovedet er noget opløsningsmiddel tilbage). Opløsningsmidlerne i malingerne må derfor i denne sammenhæng anses for at være komplet uinteressante. For fuldstændighedens skyld nævnes her en del af de opløsningsmidler, som anvendes/er blevet anvendt i bygningsmaling.

- Mineralsk terpentin
- Toluen
- Xylen
- Butanol
- Metylisobutylketon (MIBK)
- Butylacetat
- Metylglykolæter
- Metanol
- Benzin
- Vand

Metaller

Indledning

Metallernes egenskaber ved fremstilling, bearbejdning og anvendelse er i vid udstrækning knyttet til deres indre opbygning. Metallernes fysiske, kemiske og mekaniske egenskaber er bestemt af opbygningen, som kan beskrives ved:

- a) Atomstrukturen
- b) Krystalstrukturen
- c) Mikrostrukturen og makrostrukturen.

Metallernes egenskaber kan således forklares ud fra atomstrukturen, krystal- og mikrostrukturen.

En egenskab, som fx styrken, er bestemt af såvel krystalstrukturen som af mikrostrukturen.

Metaller anvendes til et væld af formål også inden for bygningsindustrien.

At skulle redegøre for alle de metaller, der anvendes i vore bygværker, vil blive for uoverskueligt. Men i det følgende vil en række af de mest almindelige (og mest brugte) metaller blive gennemgået tillige med anvendelsesområderne.

Jern

Jern er i dag det mest anvendte metal. Størsteparten af jernet udvindes i dag af magnetjernsten, rødjernsten, jernspat og brunjernsten.

I modsætning til fx aluminium er jern relativt let at udvinde, og jernet er det billigste af alle brugsmetaller.

Jern udmærker sig ved, at det i ren tilstand eller legeret, kan fremstilles med en mængde forskellige egenskaber.

Normalt bruges betegnelsen jern kun om det kemisk rene metal. Alle ikke-smedelige jernlegeringer kaldes støbejern, medens alle øvrige tekniske legeringer kaldes stål.

Jern (støbejern og stål) anvendes til utallige formål i vore bygværker. Blandt de vigtigste formål kan bl.a. nævnes:

Anvendelse

Som armering i beton (armeringsjern), afløbsinstallationer, el-, vand- og gasinstallationer, beslag, kedler, beholdere, radiatorer, inventar, døre, søm, skruer osv., konstruktionsstål.

I de mest anvendte jernlegeringer kan følgende andre stoffer forekomme:

Silicium (1/2-1%) i næsten alt stål (bygningstål og konstruktionsstål).

Mangan (0,1-0,5%) i næsten alt stål.

Nikkel (1-10%) i stål til bygnings- og konstruktionsformål. Til andre formål kan nikkelindholdet komme helt op på 30-50%.

Krom (1/2-3%) til værktøjsstål og andre formål, der kræver høj slidstyrke.

Wolfram tilsættes for at forøge hårdheden og slidbestandigheden af stålet. Der tilsættes mellem 0-8%.

Derudover findes der en hel række andre metaller (Vanadium, titan, niobium, aluminium, kobber, bor, bly og cobolt), der kan tilsættes stålet i mindre mængder (0-1%).

Aluminium

Aluminium er et sølvhvidt metal med lav vægtfylde. Pga. aluminiums gode korrosionsegenskaber, lille massefylde og lette renholdelse anvendes det bl.a. til køkkenredskaber, beholdere, apparater inden for næringsindustrien m.v. Til bygningsformål anvendes aluminium/aluminiumslegeringer bl.a. til konstruktionsdetaljer, beholdere m.v.

Aluminium og aluminiumssalte kan udvaskes, specielt i surt miljø. Ved anvendelse i veje og stier nær moser vil der derfor være risiko for nedbrydning af giftige forbindelser.

Kobber

Rent kobber er et af de få farvede metaller, hvis farve nærmest er lyserød (laksefarvet). Kobber er et meget blødt metal, som let lader sig valse ud til meget tynde plader. Da rent kobber er et så blødt metal, anvendes det ikke til styrkemæssige konstruktioner.

Kobber og/eller kobberlegeringer anvendes bl.a. derfor til:

- Rør (el-, vand-, gas-installationer), plader m.v. El-installationer (ledninger m.v.) udgør en stor del af kobberforbruget.
- Facade- og tagbeklædning, nedløbsrør, tagrender, m.v.

I de mest anvendte kobberlegeringer kan følgende andre metaller forekomme:

- Zink med op til 50% kaldes messing.
- Nikkel, tin, mangan, aluminium, jern, arsen (0,3-0,5%), cadmium (0,6-1%), sølv, krom (ca. 0,5%), cobolt og beryllium kan alle forekomme ofte i mindre mængder i forskellige kobberlegeringer.

Nikkel

Nikkel er et sølvhvidt metal, som er ferromagnetisk, men væsentligt svagere end jern.

Nikkel og/eller nikkellegeringer anvendes bl.a. til:

- Rørledninger, beholdere, beslag, bolte, ventiler, armaturer, i glødelamper.

Bly

Bly er et blågråt metal med lavt smeltepunkt. Bly er et meget blødt metal.

Bly har ringe styrke, og det anvendes derfor ikke, hvor man kræver styrke af materialet.

Bly er det af de billige metaller, der har den største vægtfylde, og det bruges derfor bl.a. til lodder, kontravægte og afskærmning mod røntgenstråler og radioaktive stråler.

Bly har tidligere haft en betydelig anvendelse på grund af sin lette bearbejdelse, gode støbelighed og gode korrosionsbestandighed, fx til anvendelser som rør (el-, vand-, gasinstallationer) plader til inddækning ved taggennemføringer og beskyttende overtræk på andre metaller i korrosivt miljø.

Alene til tagdækning anslås den anvendte mængde at være 30 - 50.000 tons.

Metaller (rene metaller og legeringer) findes i næsten alle vore bygningsskomponenter, men der er selvfølgelig områder, hvor brugen af sådanne er stor. Områder, hvor der bruges relativt store mængder af metaller, er fx:

- *Konstruktionsstål* til bærende dele af en konstruktion (stål).
- *Afløbsinstallationer* (rør, beholdere m.v.) (stål, kobber, bly m.v. og deres legeringer såsom messing).
- *El-, gas- og vandinstallationer m.v.*, (stål, kobber, bly, aluminium, nikkel m.v. som rene metaller og/eller legeringer).
- *Beslag, dørhåndtag, søm, skruer, bolte* (stål, kobber, aluminium, zink, nikkel som rene metaller og/eller legeringer).
- *Facade- og tagbeklædning* (kobber, bly, aluminium, zink m.v. som rene metaller og/eller legeringer).
- *Tagrender og nedløbsrør* (kobber (messing)).
- *Inventar, vægbeklædning m.v.* (stål, aluminium, kobber (messing) m.v.).

For en stor del af disse anvendelsesområder er der inden for de sidste 10 år sket en ændring i brug af materialer. På mange områder bruger man i højere grad andre materialer end metaller, såsom plastik. Brugen af plastik (fx PVC) har været stærkt stigende inden for fx afløbsinstallationer, tagrender, nedløbsrør, dørhåndtag m.v. Økonomi kombineret med materialernes holdbarhed har været en væsentlig årsag til de nye anvendelsesmønstre.

Mineraluld

Indledning

Mineraluld er en fællesbetegnelse for materialer, bestående af kunstigt fremstillede fibre af mineralsk oprindelse. Udgangsmaterialet kan bestå af sten, glas eller slagge. Slaggeuld anvendes ikke i Danmark, og der omtales derfor kun glas- og stenuld. Naturligt forekommende fibre, asbest, er behandlet i et særskilt afsnit. Desuden henregnes til mineraluld normalt kun de kunstigt fremstillede fibermaterialer (man made mineral fibres).

Forud for den kunstige fremstilling af fibrene havde man iagttaget "fe-hår" ved toppen af vulkaner og fundet, at disse havde varmeisolerende egenskaber. I dag benyttes mineraluld også på grund af andre egenskaber, fx lyd-isolerende, fugt- og vandafvisende, formstabil, og at det er ubrændbart.

Mineraluld er fremstillet i Danmark siden slutningen af 30'erne, men først med det store byggeri efter krigen og krav fra Bygningsreglementet i 1962 blev det almindeligt brugt i nybygninger. Med energikriserne i begyndelsen og slutningen af 70'erne blev det økonomisk at efterisolere ældre bygninger, og produktionen steg meget.

Sammensætning

Fremstillingen af mineraluldsfibre sker ved, at udgangsmaterialet (sten eller glas) blandet med koks og kalk smeltes ved ca. 1500°C. Den flydende masse løber ned på roterende spindehjul, der slynger massen ud som fibre med middeldiameter 0,005 mm. Herefter tilsættes bindemiddel, der bl.a. indeholder fenol og formaldehyd. Ulden hærdes i specielle hærdeovne, og bindemidlet omsættes til bakelit (faste, amorfe højmolekylære kondensationsprodukter).

Den kemiske sammensætning

Stenfibre i Rockwool stenuld er uorganiske med følgende kemiske sammensætning:

Siliciumoxyd,	Si O ₂ :	47,5 %
Aluminiumoxyd,	Al ₂ O ₃ :	13,0 %
Titanoxyd,	Ti O ₂ :	1,5 %
Ferrioxyd,	Fe ₂ O ₃ :	0,5 %
Ferrooxyd,	Fe O :	7,0 %
Calciumoxyd,	Ca O :	16,0 %
Magnesiumoxyd,	Mg O :	10,5 %
Manganoxyd,	Mn O :	0,5 %
Natriumoxyd,	Na ₂ O :	2,5 %
Kaliumoxyd,	K ₂ O :	1,0 %

Kemisk sammensætning af stenuld

Mineraluld forarbejdes til omkring 100 forskellige produkter, og der udvikles stadig nye. I nogle produkter beklædes ulden med plast, alufolie, kyllingetråd eller glasvæv. Andre produkter er asfalterede.

Mineraluld anvendes overalt i bygninger:

- som varmeisolering under gulve, over lofter eller i tag, i ydervægge som granulat eller batts og til teknisk varmeisolering af rør, beholdere og kedler
- som indmad i branddøre
- til lyddæmpning i lofter og på vægge
- i skillerumselementer eller i lette indvendige vægge opbygget på stedet
- i brandhæmmende malinger.

Samtidig med erkendelsen af risikoen ved at arbejde med asbest og senere erkendelsen af risiko for fiberafgivelse fra asbestholdige bygningsmaterialer, opstod spørgsmålet, om mineraluld havde en tilsvarende skadelig virkning.

Der blev gennemført omfattende undersøgelser, dels af personer der i en årrække har været udsat for mineraluldsfibre under arbejdet, dels som indpodning af fibre i dyr.

I 1987 blev mineraluld sat på WHO's internationale liste over muligvis kræftfremkaldende stoffer.

I 1988 blev grænseværdien for mineraluldsfibre på stationære arbejdspladser nedsat til 2 fibre pr. cm^3 . Denne grænseværdi forventes halveret i 1989.

Der er ikke påvist nogen øget risiko for lungekræft hos mineraluldsarbejdere, men der bør tages hensyn til fiberafgivelse ved nedrivning og nedknusning af mineraluld i bygningsaffald.

Natursten

Natursten er en fællesbetegnelse for alle mulige bjergarter. De er opstået på vidt forskellig vis, men de har en ting tilfælles, nemlig at de har en karakter (udseende og egenskaber), der er helt specielt for den enkelte sten.

Natursten anvendes til mange formål, men de mest almindelige er nok: facadebeklædning, gulve, (havefliser), støttemure og som bærende konstruktionsdele (vægge, søjler mv.) fx til kirker.

Natursten brydes og produceres med undtagelse af marksten i stenbrud eller grusgrave.

Man kan inddele natursten i tre hovedgrupper efter deres dannelse.

1. *Magmatiske eller eruptiv-bjergarter* som de også kaldes. Magmatiske bjergarter stammer fra en flydende masse i jordens indre, der er stivnet ved langsomt dalende temperatur og under tryk.

De mest kendte og almindelige natursten af magmatisk oprindelse er granit og basalt. Magmatiske bjergarter er normalt meget vejrbestandige og hårde - og derfor også vanskelige at bearbejde.

2. *Sedimentbjergarter*. Ordet sediment kan oversættes som bundfald eller aflejring, og det er netop hvad, der er sket.

Magmatiske og andre bjergarter er forvitret og nedbrudt til sand, småsten og ler, og dette har lejet sig på bunden af fortidens have, søer og vandløb (for millioner af år siden).

Senere er disse korn (sand, småsten (grus) og/eller ler) blevet kittet sammen af fx kalk eller kisel (SiO_2). Resultatet er blevet til fx sandsten, konglomerater eller lerskifer.

En sediment-bjergart kan også stamme fra aflejringer af kalkskaller fra små dyr (og/eller koral) og igen kittet sammen af kalk. Resultatet er kalksten.

I mange sediment-bjergarter er der indkapslet forsteninger af større og mindre forlængst uddøde dyreog plantearter. Sediment-bjergarter er normalt ikke så vejrbestandige som fx magmatiske bjergarter, men der forekommer store variationer mellem de enkelte sediment-bjerg artstyper.

3. *Metamorfe bjergarter*. Ordet metamorf kan oversættes som forvandlet, omdannet, og det beskriver meget godt, hvad der er sket.

Magmatiske eller sediment-bjergarter er på et tidspunkt blevet udsat for varme og stort tryk, der har ændret deres oprindelige karakter.

Fx kan sediment-bjergarten sandsten omdannes til kvartsit, og den magmatiske bjergart granit omdannes til gnejs.

Lerskifer (sedimentbjergart) kan ændres til glimmerskifer, og kalksten kan omdannes til marmor.

Da en stor del af de producerede natursten anvendes til dekorative formål som fx facadebeklædning, er egenskaber såsom udseende, vejrbestandighed (her-

under frost-tøbestandighed), hårdhed og slidstyrke afgørende for, hvilke typer natursten man anvender.

Oversigt over alm. anvendte natursten og deres formål

Basalt (fx basalt fra Færøerne)

Anvendes til facadebeklædning, vinduesindramning, sokler og udsmykninger på facader mv.

Basalt består ofte af omtrent lige store mængder plagioklas (feldspat-labrador) og mørke mineraler (augit og magnetjernsten).

Granit (fx fra Rønne, Bornholm)

Anvendes ligeledes til facadebeklædning, vinduesindramning, sokler, gulve mv.

Granit består af kvarts, feldspater (kaliefeldspat, plagioklas mv.) og et eller flere mørke mineraler, blandt hvilke biotit er meget almindeligt, men også lys, glimmer eller hornblende, sjældnere pyroxen, forekommer.

Ölands-kalksten (fra Öland, Sverige)

Ölands-kalkstenen anvendes til facadebeklædning, fliser og dekorative formål. Ölands-kalken består af næsten 100% kalk (calcit- CaCO_3).

Skifer (fx Altaskifer fra Norge)

Anvendes primært til gulvfliser og tagbeklædning.

Sandsten (fx Nexø-sandsten fra Bornholm)

Nexø-sandstenen anvendes bl.a. til facadebeklædning, gulvfliser, vinduesindfatninger. Sandstenen består overvejende af kvartskorn kittet sammen af kisel (SiO_2).

Brugen af natursten til boligbyggeri er ikke særlig almindeligt. Natursten bruges primært til bygværker med specialformål såsom skoler, rådhus, kirker mv., hvor de ofte anvendes til dekorative formål.

Brug af tilsætningsstoffer

I forbindelse med produktion og brug af natursten anvendes stort set ikke nogen former for tilsætningsstoffer.

Imprægnering af natursten kan dog i sjældne tilfælde forekomme for at forhindre en accelereret nedbrydning af sten, der anvendes udvendigt, eller som ofte kommer i kontakt med vand. Her kan nævnes sten anvendt til facadebeklædning.

Tidligere anvendte man linolie, voks i diverse organiske opløsningsmidler, paraffin, kinesisk træolie m.m. til imprægnering af specielt sandsten og marmor, så den blev vandafvisende.

I dag anvendes fx epoxy eller siliconebaserede imprægneringsmidler.

Plast

Indledning

Den egenskab, der er fælles for plastmaterialerne, og det der har givet denne materialegruppe dens navn, er den plastiske formbarhed, der er en følge af den særprægede molekulære struktur, der kendetegner disse materialer.

Plastmaterialernes plastiske formbarhed er afhængig af ydre forhold, herunder navnlig temperaturforholdene.

En række plastmaterialer har evnen til at blive plastisk formbare ved opvarmning. Opvarmer man dem til en passende temperatur, bliver de plastisk formbare, og afkøler man dem igen, størkner de i den form, som man har givet dem. Plastmaterialer, der forholder sig på denne måde, betegnes *termoplast*. Andre plastmaterialer reagerer på en anden måde. De er nok på et vist stadie og under visse betingelser plastisk formbare, men de gennemgår enten ved varmpåvirkning eller ad kemisk vej en hærdningsproces, der bevirker, at de ikke mere på ny kan gøres plastisk formbare. Plastmaterialer af denne type kaldes *hærdeplast*.

Termoplast

Termoplastene dannes ved såkaldt polymerisation, dvs. ved sammensætning af mange små, ofte ens, molekyler til stormolekyler. Disse får karakter af store kæde- eller trådmolekyler, der kan ligge på forskellig måde i det færdige produkt. Ligger de pågældende molekyler uordnet mellem hinanden, bliver materialet amorf. Dette medfører bl.a., at materialet ikke får noget egentlig smeltepunkt, men i stedet bliver blødere og blødere ved opvarmning og kan bringes til at flyde. Ligger kædemolekylerne derimod i en vis ordnet struktur, kan de danne krystallitter, som i nogen grad kan minde om krystaller. Dette betyder, at materialet bliver krystallinsk og får et smeltepunkt eller måske snarere et snævert smelteområde.

Hærdeplast

Hærdeplast dannes ved såkaldt polykondensation. Det er en kemisk proces, der er karakteristisk ved, at visse biprodukter udskilles. Fx udskilles der ofte vand. Polykondensatet opbygges med andre ord ikke af alle de bestanddele, som de stoffer, der indgår i processen, er opbygget af. Heri ligger forklaringen på, at materialet hærder, således at det ikke på ny kan bringes tilbage til plastisk formbarhed. Hærdeplast kan derfor ikke smelte, men vil i stedet nedbrydes ved tilstrækkelig kraftig forøgelse af temperaturen.

Celleplast

En række plastmaterialer kan opskummes, således at de kommer til at fremtræde som celleplast, der kan anvendes til en række formål fx inden for byggeriet som isoleringsmateriale.

Celleplast kan fremstilles såvel af hærdeplast (fx carbamidskum) som af termoplast (fx skumpolystyren).

Celleplast er plastmaterialer, hvis densitet er reduceret ved tilstedeværelsen af talrige små åbne eller lukkede celler, fordelt i hele massen.

Celleplast kan fremstilles ved hjælp af kemiske reaktioner, men også under rene fysiske forhold, fx ved opvarmning under indpiskning af luft.

Afhængig af de kemiske bestanddele samt hjælpemidlernes beskaffenhed produceres celleplast i dag med forskellige egenskaber.

Celleplastmaterialerne opdeles normalt efter rumvægt, idet de fleste egenskaber er rumvægtsbestemte.

I skema på næste side er angivet de vigtigste og mest almindelige (mest anvendte) celleplastmaterialer, ligesom deres anvendelsesområde er forsøgt anskueliggjort. Materialerne kan fremtræde med en eller anden modifikation, ændret rumvægt, tilsætningsstoffer mv.

Type	Anvendelse	Anvendelsesform
Polystyren (PS)	Termoisolering. Indskud mod kuldebroer. Kernemateriale i sandwichkonstruktioner mv.	Plader, blokke, opskummet granulat
Carbamid-plast (UF)	Termoisolering. Hulrumsisolering.	In situ opskumning
Stift polyurethan (PUR)	Termoisolering. Rørskåle. Understrygning af tagsten. Kernemateriale i sandwichkonstruktioner. Fugetætning. Hulrumsisolering. Sprøjteisolering på tagkonstruktioner.	Plader, blokke, in situ opskumning.
Phenolplast (PF)	Termoisolering. Kernemateriale i sandwichkonstruktioner.	Plader, blokke, formemner, in situ opskumning.
Polyisocyanurat (PIR)	Termoisolering. Kernemateriale i sandwichkonstruktioner.	Plader, blokke, in situ opskumning.
Umættet polyester (UP)	Termoisolering, kernemateriale i sandwichkonstruktioner	Plader, blokke, in situ opskumning.
Polyethylen* (PE)	Fugetætning.	Plader, formemner.
Polyvinylchlorid* (PVC)	Termoisolering, rundprofiler, kernemateriale i sandwichkonstruktioner.	Plader, formemner.
Blødt polyurethan* (PUR)	Termoisolering mv.	Plader, blokke, in situ opskumning.

* Anvendes kun i byggeriet i mindre grad.

Oversigt over en række udvalgte plastmaterialer, som anvendes til bygningskomponenter

Termoplast

Polyethylen (PE): Polyethylen er fremstillet af luftarten ethylen ved sammenføjning af et stort antal ethylenmolekyler, C_2H_4 , til lange kædemolekyler $(C_2H_4)_n$.

Anvendes bl.a. til: vandedninger, fugtspærre, vandspærre, el-kabelisolering.

Polypropylen (PP): Polypropylen er fremstillet af luftarten propylen ved sammenføjning af et stort antal propylenmolekyler, C_3H_6 , til lange kædemolekyler $(C_3H_6)_n$. Polypropylen ligner i kemisk og fysisk henseende polyethylen.

Anvendes bl.a. til: afløbsrør, vandledninger, vandspærre (folie).

Polyvinylchlorid (PVC): Polyvinylchlorid er fremstillet af luftarten vinylchlorid ved sammenføjning af et stort antal vinylchloridmolekyler, CH_2CHCl , til lange kædemolekyler $(\text{CH}_2\text{CHCl})_n$.

PVC kan modificeres på utallige måder, hvorved der opstår et uhyre antal materialetyper, der kan inddeles i to hovedgrupper, stift eller uplastificeret PVC og blødt eller plastificeret PVC.

Blødt PVC indeholder i modsætning til stift PVC blødgøringsmidler, normalt i ret store mængder.

Anvendes bl.a. til:

(Stift PVC): plader, rør, profiler, facadebeklædning, tagplader, vinduesrunder, vinduesrammer, ovenlys, lyspaneler, skillevægge, vægbeklædning, loftbeklædning, gulvbeklædning, døre mv.

(Blødt PVC): gulvbelægning, profiler for trappetrin, fodpaneler, folie til vægbeklædning, lyspaneler, tagbelægning, elkabelisolering mv.

Polyamider (PA): Anvendes bl.a. til nålefilt, elartikler mv.

Polycarbonat (PC): Anvendes bl.a. til tagplader, ovenlysvinduer, elartikler mv.

Acrylplast (PMMA): Anvendes bl.a. til ovenlysvinduer, tagplader, plader, gulvbelægning, væg- og loftbeklædning (køkken og badeværelser).

Polystyren (PS): Polystyren er fremstillet af væsken styren (= vinylbenzen), der er et rent carbonhydrid, ved sammenføjning af et stort antal styrenmolekyler, $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHCH}_2$ til lange kædemolekyler $(\text{C}_6\text{H}_5\text{CHCH}_2)_n$.

Herved opstår et ved almindelig rumtemperatur fast, amorf termoplast.

Rent PS kendes ved, at det er farveløst, glasklart, virker hårdt og skørt.

Anvendes bl.a. til elektriske isolatorer (fx ledninger mv.), lysarmaturer (skærm materiale), celleplast (termoisolering og kernemateriale i sandwichkonstruktioner).

Polyurethan (PUR): Polyurethaner fremstilles ud fra isocyanater af mange forskellige slags ved reaktion med polyoler som fx polyesterer, polyethere og glycoler, og der kan dannes overordentlige mange typer af termoplast, hærdeplast, elastomere samt stift eller blødt celleplast.

Grundstofferne i polyurethanerne er vægtmæssigt først og fremmest kulstof og ilt samt kvælstof og til sidst brint. Hertil kan der komme små mængder af andre grundstoffer fra nødvendige hjælpemidler, som anvendes under fremstillingen, og desuden kan fyldstoffer give store bidrag til grundstofftyperne.

Anvendes bl.a. til gulvbelægninger (fx som støbemasser) vinduesrammer, celleplast.

Hærdeplast

Phenolplast (PF): phenolplast kaldes ofte i daglig tale "bakelit", som er et handelsnavn for råvarer fra en bestemt fabrik.

Forkortelsen PF, er dannet af de to udgangsmaterialer, phenol og formaldehyd.

Phenol, $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$, plus formaldehyd, HCHO , kan under passende forhold ved tilsætning af katalysator og eventuelt en hærdner danne et phenolkondensat bestående af $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}(\text{CH}_2)_2$ -grupper i tværbundne kæder foruden vand.

Anvendes bl.a. til: Indgår i melaminlaminatplader, som anvendes til facadebeklædning, væg- og loftbeklædning, skillevægge, derudover også til dørhåndtag, elektriske artikler mv.

Melaminplast (MF): Melaminplast hører til gruppen aminoplast, hvis hovedrepræsentanter er carbamidplast og melaminplast.

Et aminoplast bygger på en aminoharpiks, som er et polykondensationsprodukt af et amin og et aldehyd.

Forkortelsen MF fremkommer af de to udgangsmaterialer melamin (cyanuramid) $\text{H}_2\text{NCNC}(\text{NH}_2)\text{NC}(\text{NH}_2)\text{N}$ og formaldehyd HCHO .

Anvendes bl.a. til: elartikler, beslag, dekorative plader (laminat-plader til køkkenborde og vægge).

Umættet polyester (UP): Umættet polyester fremstilles ved sammensætning (polykondensation) af en umættet, organisk syre (umættet decarboxylsyre) med en mættet divalent alkohol (glycol).

Anvendes til bl.a.: bade- og brusekabiner, skillevægge, facadebeklædning, ovenlys, vinduesrammer, tagrender, nedløbsrør.

Tilsætningsstoffer til plast

Plast kan defineres som polyrer plus tilsætningsstoffer.

Der anvendes et stort antal tilsætningsstoffer, de fleste dog i små koncentrationer.

Almindelige tilsætningsstoffer:

- stabilisatorer
- smøremidler
- farvepigmenter
- brandhæmmende tilsatser
- antistatika
- blødgøringsmidler
- fyldstoffer
- armeringsmateriale
- opskumningsmidler.

Stabilisatorer

Antioxydanter: Alle materialer vil oxyderes under påvirkning af ilt, og der skelnes mellem en thermo- og en photooxydativ nedbrydning. Den thermooxydative nedbrydning forstærkes af varme, mens den photooxydative forstærkes af lys, fx UV-lys.

De anvendte antioxydanter er hovedsagelig phenol derivater og CO-stabilisatorer, som fx phosphiter, og anvendes i koncentrationer op til 1% afhængig af plasttype.

Der anvendes flere forskellige typer UV-stabilisatorer ad gangen for at få en effektiv virkning.

UV-stabilisatorer er hydroxybenzophenol, hydroxyphenylbenzotriazoler, cinnemater m.fl. og anvendes i koncentration op til 1%. Carbon Black (kørøg) er en bred type af kulstofderivater, der fremstilles ved afbrænding af kulbrinter. Kørøg anvendes som UV-stabilisator af bl.a. polyoleofiner (PE, PP) i koncentrationer på et par procent.

PVC er en plast, der skal stabiliseres specielt, da den ikke kan eksistere uden specielle stabilisatorer, og det er bl.a. stabilisatorer indeholdende tungmetaller.

Både hård og blødgjort PVC indeholder relativt store mængder stabilisatorer, da PVC under bearbejdning eller senere anvendelse vil fraspalte HCl (chlorbrinte). Stabiliseringen af PVC går ud på at undertrykke HCl fraspaltningen samt at optage fraspaltet HCl, da HCl virker autokatalyserende (selvkatalyserende).

Epoxyderede fedtsyrer, bl.a. soyaolie, tilsættes i et par procent, da det optager fraspaltet saltsyre.

Specielle PVC-stabilisatorer er:

- Bly-forbindelser (dominerende i anvendelse)
- Organotin-forbindelser
- Organotin mercaptan-forbindelser
- Barium/cadmium-salte af carboxylsyre
- Barium/zink-salte af carboxylsyre
- Calcium/zink-salte af carboxylsyre
- Metalfrie-forbindelser.

PVC-rør er normalt stabiliseret med organotin- eller blyforbindelser. PVC til el-kabelisolering er kun stabiliseret med bly-forbindelser. Calcium/zink og metalfrie stabilisatorer anvendes til PVC i kontakt med fødevarer. Transparente PVC indeholder ikke bly-forbindelser.

Pb kan findes i koncentration op til ca. 1,8 vægt% i el-kabelisolering, og op til ca. 1,5 vægt% i PVC trykrør. PVC gulvbelægninger kan indeholde fra ca. 0,02 - 0,10 vægt% Cd.

Smøremidler

Smøremidler tilsættes for at lette forarbejdningen og er bl.a. følgende typer:

- Steareater
- Paraffinolie og -vokse
- Amid vokse
- Montan esters.

Disse tilsættes i mængder op til flere procent.

Farvepigmenter

Der anvendes 2 typer farvepigmenter i plast: Uorganiske og organiske.

De uorganiske farvestoffer vælges bl.a. pga. højere varmostabilitet, dvs. til plast, der kræver høje forarbejdningstemperaturer, eller plast der anvendes ved høje temperaturer. Flere uorganiske pigmenter indeholder tungmetaller, som fx Cu, Cr, Ni, Cd og Pb.

Uorganiske pigmenter anvendes i koncentrationer op til ca. 0,5-1 vægt%, hvide og sorte pigmenter dog op til flere procent. Organiske pigmenter anvendes op til ca. 0,2 vægt%.

Følgende skema giver en oversigt over sammenhængen mellem farve og kemisk klasse.

Tafel 14. Farbmittel-Pigmente

chemische Klasse	Weiß	Schwarz	Grün-gelb	Gelb	Orange	Rot	Blaurot	Violett	Blau	Grün-blau	Blau-grün	Grün
Oxide	Titan-dioxide	Eisen-oxid Cu-, Cr-, Fe-Oxid		Eisen-oxid gelb Nickel-nitrat-gelb	Ti-, Cr-, Sb-Oxid	← Eisenoxidrot typen →		← Kobaltblau typen →			Chrom-oxid-hydrat	Chrom-oxid Kobalt-grün
Sulfide	Zink-sulfide		← Cadmiumsulfid / -selenid →				Ultramarine					
Chromate			← Bleichromat, Bleimolybdat →							← Mischgrüntypen →		
Kohlenstoff		Ruß										
Azine	Hansa-Benzidin-		← Hansapigmente Benzidin-pigmente →									
	Lithol-					Toluidin-pigmente						
	Naphthol-AS-Komplexpigmente					← Litholrot typen →						
	Azokondensationspigmente		Grün-gold		← Naphthol-AS-Typen →							
Polyaryle				Azokondensationspigmente								
				Metallkomplexpigmente								
	a) Küpenpigment			Anthra-pyrimidin	Anthra-thron	← Perylene →			Phthalocyanin-Blau-typen			
				Pyranthron				Isoviolanthron				
				Chino-phthalon	Trans-Perinon	← Thioindigo typen →		Indanthren blau				
	b) nicht verküper			← Isoindolinone →		Chinaacridone						
		Anilin-schwarz						Dioxa-zine				

Die Pfeile geben den Farbbereich einer Pigmentfamilie an. Die Küpenpigmente des Anthrachinons haben das größte koloristische Potential; Sie reichen von Gelb bis Blau. Thioindigo- und Chinaacridonpigmente sind koloristisch Konkurrenten. Phthalocyaninblau und Indanthrenblau nicht.

Kilde: Saechtling, Hansjürgen: Kunststoff Taschenbuch, 22. udgave. s. 44.

Brandhæmmende midler

Visse byggematerialer kræves at overholde bestemte brandklasser, dvs. at nogle plasttyper må tilsættes brandhæmmende midler. Brandhæmmende midler er følgende:

- Chlorholdige komponenter, fx chlorede paraffiner i bl.a. PE, PP og PVC.

- Bromholdige komponenter, fx decabromodiphenyl, hexabromodiphenyl, decabromodiphenyl ether, bis-(2,4 6-tribromophenoxy)ethan, tetrabromobisphenol A.
- Halogen/antimon-blandinger af halogenholdige (Cl Br) brandhæmmere sammen med antimontrioxyd.
- Fosferholdige komponenter: Alkylsubstituerede acrylphosphater anvendes i blødgjort PVC og i modificeret PPO.
- Kvarternære fosfatforbindelser anvendes i ABS og polyolefiner (PE, PP).

Aluminiumtrihydrat anvendes bl.a. i store mængder i umættet polyester.

Tidligere er tri(dibromopropyl) phosphat brugt i plast, men anvendes ikke længere pga. erkendt kræftisiko.

Synergistiske brandhæmmere er additiver, der giver en forstærket effekt sammen med de førnævnte brandhæmmere. Følgende synergister anvendes:

- Bor-forbindelser
- Tinoxid
- Zinkoxid
- Zinkborat
- Aluminiumtrioxyd og -trihydrat
- Antimon silicater.

Røg depressorer anvendes for at mindske røgudviklingen. Følgende forbindelser anvendes:

- Aluminiumtrihydrat
- Antimontrioxyd-metaller (borium-, calcium og zinkborat). Blandinger af molybdænoxid med andre oxider, fx (2,5 vægt% kobberoxid + 2,5 vægt% molybdænoxid) kan tænkes anvendt i PVC.

Brandhæmmere anvendes i relativt store koncentrationer, fx en blanding af 10 vægt% bromforbindelser plus 10 vægt% antimontrioxyd eller mere, hvis der stilles ekstreme brandkrav.

Antistatiske additiver

Antistatika tilsættes for at nedsætte overflademodstanden af plast, hvilket mindsker en elektrostatiske opladning. Elektrostatiske opladte materialer vil tiltrække støvpartikler m.m. Antistatika virker på overfladen ved at tiltrække fugt og skal derfor svede ud på overfladen af plasten.

Følgende antistatika anvendes:

- Ledende kønrøg, hvis man kan acceptere den sorte farve
- Kvarternære ammoniumforbindelser af alkaner
- Alkylsulfonater, sulphater og phosphater
- Polyethylenglycol estere eller ethere
- Fedtsyre estre
- Ethanolamider
- Mono- og di-glycerider
- Ethoxylet fedtsyreamider.

Antistatiske midler anvendes i op til ca. 4 vægt% i PS.

Blødgøringsmidler

Blødgørere anvendes for at ændre et plasts hårdhed, sprødhed og stivhed. Blødgørere er ofte svært-flygtige, lavmolekylære forbindelser, der er delvis forlignelige med plasten.

PVC og celluloseplast bliver anvendt med store mængder blødgørere.

Følgende blødgørere-typer bliver anvendt:

Phthalatestre: DOP udgør 65-70% af mængden.

Aliphatiske estre af dicarbonsyre: Forbedrer kuldeslagstyrken.

Phosphorsyreestere: Forbedrer brandmodstanden.

Alkylsulfonsyreestere af phenoler: Forbedrer HS-svejsebarheden og har god vejrbestandighed.

Citronsyreestre: Kan anvendes sammen med levnedsmidler.

Trimellitathat: Kan anvendes ved højere temperaturer.

Epoxyderede produkter: Anvendes sammen med andre blødgørere, da det virker stabiliserende på PVC'en.

Chlorerede paraffiner.

Polyestre, som oligo- og polymerblødgørere, har meget god migrationsbestandighed.

Blødgørerne anvendes i mængder op til 50%.

Fyldstoffer

Fyldstoffer anvendes for at billiggøre produktet (forstærkningsmiddel), samt ikke mindst ved at forbedre varmeledningsevnen og derved mindske procesomkostningerne. Fyldstoffer kan være aktive eller inaktive. aktive fyldstoffer ændrer styrken, bearbejdningsegenskaberne m.m. Der er ikke en klar adskillelse mellem fyldstoffer og armeringsmaterialer.

Fyldstoffer kan være kridt, zinkoxyd, træmel, kønrøg, stenmel, talkum m.m. og tilsættes i mængder op til ca. 50%.

Bl.a. PVC og PP kan tåle store fyldstofmængder.

Armeringsmaterialer

Det mest almindelige armeringsmateriale er glas fibre, men også naturfibre af hør, bomuld og cellulose. Glasfiberforstærkning kan anvendes op til ca. 50 vægt%.

Opskumningsmiddel

Opskumningsmiddel anvendes til at fremstille skumplast, dvs. plast med cellestruktur. Opskumningsmidlet virker ved, at det fraspalter en gas ved en bestemt forarbejdningstemperatur.

Opskumningsmidler er nitrogen, carbonat, hydrogenkarbonatforbindelser, der fraspalter hhv. N₂ og CO₂ samt freon.

Tilsætningsstoffer til celleplast

Polystyren (PS)

Opskumningsmidler

Carbonhydrider. Pentanagtige drivmidler anvendes i en mængde af 6-7% ved varm opskumning til blokke. Det meste af det brændbare drivmiddel forsvinder under processen, resten senere.

Ved fremstilling af styrencelleplast ved ekstrudering forbliver det meste drivmiddel i det opskummede celleplast, så her anvendes som regel et ikke brændbart drivmiddel, især halogenholdige typer som fx trichlorfluormethan CCl₃F og dichlordifluormethan CCl₂F₂.

Antisammenklumpningsmidler

Anvendes under den proces, der danner det drivmiddelholdige granulat. En meget lang række stoffer anvendes, bl.a. en del celleinitiatorer foruden smøremidler, navnlig ud fra amider af fede styre ("slipmidler").

Brandhæmmende midler

Meget brugt er aliphatiske bromforbindelser. Fx tilsætning af 0,5% acetylen-tetrabromid, CHBr₂CHBr₂ og 0,5% dicumylperoxid, C₆H₅C(CH₃)₂O.

Celleinitiatorer

Anvendes til at regulere celledannelsens start og dermed celleantal, hvoraf celledørrelsen afhænger.

Bl.a. benyttes pulver af mange typer, fx NaHCO_3 natriumcarbonat med citronsyre, $\text{HOC}(\text{CH}_2\text{COOH})_2\text{COOH}$ eller af metalstearater, $\text{Me}(\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2)_n$ eller aluminiumsilicater, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ -kombinationer, foruden forskellige organiske stoffer som chloreret voks, forskellige polymere og fx det brandhæmmende hexabromcyclodecan, $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{Br}_6$.

Der er normalt tale om meget små additivmængder, ofte under 1%.

Carbamidplast (UF)

Opskumningsmidler

Anvendes ikke altid, da opskumning kan foregå ved ren mekanisk ekspansion ved indpiskning af luft eller ved trykløst opløsning efterfulgt af trykafledning. Man kan imidlertid også indføre en væske med lavt kogepunkt, så væsken fordamper ved den varmegivende polykondensation, fx trichlorfluormethan CCl_3F .

Celleregulator

Er et overfladeaktivt middel, der regulerer cellestrukturen. Meget anvendt er alkylarylsulfonat, fx et natriumalkylbenzensulfonat, men mange andre midler anvendes.

Brandhæmmende midler

Der kan nævnes phosphorholdige forbindelser som fx fosfonater.

Blødgøringsmidler

Kan tilsættes for at formindske carbamidcelleplasts store sprødhed. En række typer kan nævnes, bl.a. ethylendiamintetraacetat, samt indføring af polyethylenglycoler.

Stift polyurethan (PUR)

Opskumningsmiddel

Der anvendes bl.a. halogenerede carbonhydrider, navnlig trichlorfluormethan, CCl_3F . Ved anvendelsen af CCl_3F er mængderne ret store, men en del forsvinder under opskumningen, så man i det færdige produkt er nede under 2% fluor og 10% chlor, stammende fra opskumningsmidlet alene.

Celleregulator

Et overfladeaktivt middel. Mest anvendt er vandopløselige siliconer som fx polyoxyalkylen-polydimethylsiloxan blokcopolymeriser. Mængderne er små, varierende og af størrelsesorden 1%. De anvendte siloxaner består af silicium, oxygen, carbon og hydrogen.

Brandhæmmende midler

Ofte halogen- eller fosforforbindelser. Mængderne er stærkt varierende efter behov og type af både polyurethan og brandhæmmende middel, men 5-10% er almindeligt.

Phenolplast (PF)

Opskumningsmiddel

Vand eller organiske væsker med lavt kogepunkt, fx pentan, alkoholer, estere og halogencarboner (fx CCl_3F trichlorfluormethan).

Celleregulator

Vandopløselige silikoner, fx polyoxyalkylensiloxan. Mængden er meget lille, i størrelsesorden 1%.

Brandhæmmende midler

Bl.a. borsyre, H_3BO_3 og oxalsyre, $(COOH)_2$, $2H_2O$.

Polyisocyanurat (PIR)**Opskumningsmiddel**

Ofte trichlorfluormethan, CCl_3F .

Celleregulator

Normalt polyoxyalkylensiloxan, i størrelsesorden ca. 1%.

Brandhæmmende middel

Halogen- og fosforforbindelser.

Umættet polyester (UP)**Opskumningsmiddel**

Legupor LE, er et kulsyrederivat af formelen $R_1O_2CO_2R_2$, hvor $R_1CO_2CO_2R_2$, hvor R_1 og R_2 kan være ens eller forskelligt mættede og/eller umættede aliphatiske, alicycliske og aromatiske rester. Dette betyder, at opskumningsmidlet kun indeholder kulstof, ilt og brint.

Brandhæmmende midler

Bl.a. Sb_2O_3 (antimontrioxid) ofte i forbindelse med halogener som fx chlor.

Tegl

Indledning

Fremstilling af teglsten til byggebrug er en ældgammel opfindelse antagelig gjort i det gamle Mesopotamien omkring 3.000 år f.Kr. Teglsten blev også brugt i de forhistoriske byer i Indus-dalen ca. 2.000 år f.Kr.

Fremstillingsmetoderne har stort set været uændret indtil midten af forrige århundrede, men siden er der foregået en rivende og stadig accelererende udvikling i fremstillingsprocessen.

Teglbrændingen blev antagelig indført i Danmark af lombardiske teglbrændere ført hertil af Valdemar den Store eller bisp Eskil i Lund omkring år 1160. Den bevirkede en revolution inden for byggeriet, og teglværker skød op nær alle store byggepladser.

Fremstillingen begyndte med gravning af ler om efteråret. Herefter lå leret til det følgende forår for at blive blandet op med sand og vand. Dernæst blev det æltet af stude eller heste i en stenlagt fordybning i terrænet. Formningen foregik ved, at man pressede en afmålt lerklump ned i en træramme, overskydende ler blev strøget af med en pind. Det er nøjagtig den samme metode, som anvendes ved håndstrykning nu til dags. Rammen blev båret ud på en plan mark, hvor stenene blev lagt til tørring. Når de var tørret på oversiden, blev de vendt, og undersiden blev tørret. Derefter blev de stablet i stakke med luft mellem de enkelte sten. Hvis det var et større teglværk, havde man åbne lader, hvor stakkene stod under den sidste tørring.

Tørringen tog omkring 3 uger, hvorpå stenene var klar til brænding. Brændingen foregik i sin mest primitive form i miler på marken, idet stenen blev stablet i kubiske stakke med plads til fyrehuller og brændkanaler. Man dryssede trækul mellem stenene, og efter udvendig lerklining foregik brændingen ved fyring med tørv og brænde i 4-5 dage, indtil man på sætningen af stakken kunne skønne, at stenene var brændte. Derpå blev stakkene dækket til med jord, indtil de var kølet af. Det var den samme metode, der blev anvendt ved brænding i ovne, såkaldte højovne, idet disse bestod af et rektangulært rum, som forneden var forsynet med indfyringshuller, og åbne foroven. Når ovnene var fyldt helt op, blev stakken dækket til med ler og et lag sand, og brændingen foregik ved uafbrudt fyring i 4-5 dage, indtil flammerne stod op af toppen.

Det øgede byggeri i forrige århundrede medførte stigende efterspørgsel efter mursten, og i 1864 opfandt tyskeren Hoffmann ringovnen, som i sin konstruktion og funktion er helt anderledes end højovnen.

Den består af et langt, kontinuert brændkammer, enten ringformet, heraf navnet, eller langstrakt. Brændingen foregår uafbrudt, men brændzonen rykker hele tiden rundt, således at man diametralt modsat brændzonen udtager brændte og afkølede sten og indsætter ubrændte sten. Dørhullerne er muret til under brændingen. Hele ringovnen rummer gerne 60.000 - 80.000 sten eller omtrent det samme som en stor højovn, men den uafbrudte brænding sparer tiden til stabling og afkøling, så produktionen bliver mangedoblet.

Det sidste store fremskridt inden for brændingsteknikken kom med tunnelovnen, hvor brændzonen er stationær, men stenene mobile, idet de langsomt kører gennem ovnen stablet på vogne. Den første tunnelovn blev bygget i Danmark i 1960.

Råmaterialer

I princippet bliver teglprodukter (lervarer i almindelighed) fremstillet af ler, sand, vand (som forsvinder ved brændingen) og tilsætningsstoffer.

Ler til teglværksproduktion udvindes fra forskellige (geologiske) formationer, først og fremmest fra istids- og efteristidsaflejringer (kvartærtiden). Af kvartære aflejringer er det især moræne og smeltevandsler, der her har interesse.

Moræneler indeholder som regel altid større eller mindre mængder af sten og grus og må derfor underkastes en ret grundig behandling, før det kan anvendes.

Det ler, der hidtil har været mest anvendt til teglværksproduktion, er det stenfri smeltevandsler.

Der skelnes mellem to hovedtyper af teglværksler, rødler og blåler, hvor den første gruppe ved brænding giver røde og den anden gule teglprodukter. Om en lerart er rød- eller gulbrændende afhænger naturligvis af den kemiske sammensætning af råmaterialet, men der hersker uklarhed om, hvilket mineral eller hvilken farve det endelige produkt får. Dog ved man, at CaCO_3 -rige lertyper giver gule sten.

Under brændingen, som foregår ved temperaturer på 950 - 1050°C, sker der en række fysiske og kemiske processer i lermassen, hvorved leret sintres til tegl.

Sammensætningen i lerbjergarterne er iht. tabel 6.

Komponent	Kemisk formel	Bornholmsk kaolin	Klinker Ler	Blåler (mergeller)	Rød- ler	Glacial- ler
Siliciumdioxid	SiO ₂	46,8	64,4	47,8	61,3	60,6
Aluminiumoxid	Al ₂ O ₃	38,5	21,9	11,9	18,9	14,7
Ferrioxid	Fe ₃	1,1	3,1	5,2	6,6	6,1
Ferrooxid	FeO					0,5
Titanoxid	TiO ₂					0,8
Kalk	CaO		0,7	14,9	0,8	1,4
Magnesiumoxid	MgO		1,4	1,7	1,2	1,3
Akalier	Na ₂ O, K ₂ O					
Svovltrioxid	SO ₃ org.stof	1,4	3,0	3,6	3,2	1,8
Glødetab	H ₂ O CO ₂	12,8	4,7	4,6 10,4	8,3	12,1
Total		100,6	99,2	100,1	100,3	99,9

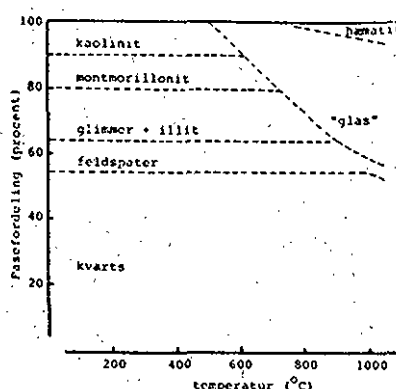
Tabel 6

Mineralindhold i forskellige lerbjergarter.

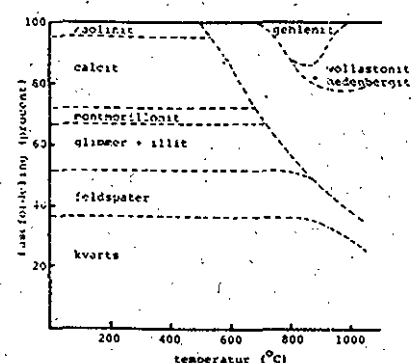
Danske mursten består af 1/2 - 2/3 uomdannede kvarts- og feldspatkorn, som er indlejret i en glasagtig matrix dannet af de nedbrudte lerminerale (og af CaCO₃, hvis det forekommer i råmateriale). CaCO₃-fri råmaterialer giver røde mursten. Røde, fordi der dannes hæmatit under brændingen. Calciumcarbonat reagerer under brændingen med de nedbrudte lerminerale og danner nye krystallinske silikater, fra 750 til knap 1.000°C gehlenit, fra 850°C og derover wollastonit (og hedenbergit). (Se fig. 2 og 3 næste side).

Glasfasens kemiske sammensætning ændres med stigende brændings-temperatur. Indholdet af SiO₂ stiger, Fe₂O₃ falder. I de gule sten aftager CaO, og Al₂O₃ stiger i takt med dannelse af gehlenit og Wollastonit. Analyser af enkelte andre keramiske produkter er tilføjet.

Ved brændingen ændres lerets sammensætning iht. nedenstående skema-er/tabeller:



Figur 2
Brændingsdiagram
Rødbrændende ler III.



Figur 3
Brændingsdiagram
Gulbrændende ler I.

Råmateriale *)		750°C	850°C	1000°C	1050°C
Røde mursten III					
SiO ₂	74,6	37	41	48	50
Al ₂ O ₃	16,0	44	42	38	38
Fe ₂ O ₃	5,7	13	11	7	4
CaO	0,03				
MgO	0,95	2,8	2,8	2,4	2,4
K ₂ O	2,3	3,2	4,3	4,6	5,0
Na ₂ O	0,4	0	0	0,1	0,3
Gule mursten I					
SiO ₂	61,8	26	33	40	43
Al ₂ O ₃	13,3	16	17	28	26
Fe ₂ O ₃	3,7	13	10	8	8
CaO	15,6	37	28	15	15
MgO	1,8	5,3	5,2	4,6	4,2
K ₂ O	2,8	2,8	5,5	3,9	3,7
Na ₂ O	1,1	0	0,6	0,1	0,1

Tabel 7

Kemisk sammensætning af råmaterialer og glasfaser i mursten i vægtprocent.

*)Korrigeret for glødetab.

Prøve	a	b	c
Mullit, Al ₆ Si ₂ O ₁₃	58	75	70
Cristobalit, SiO ₂	11	7	0
Kvarts, SiO ₂	2	0	0
Korund, Al ₂ O ₃	3	6	24
Magnetit, Fe ₃ O ₄	0	0	0
Plagioklas, Ca, Na-feldspat	0	0	0
"Glas"	25	13	4

Tabel 8

Røntgenfaseanalyse af 3 ildfaste mursten Vægtprocent.

a. Ildfast mursten, Hasle. Brændt ved 1480°C.

b. Ildfast mursten, Dusseldorf. Brændt ved 1650°C.

c. Ildfast mursten, TS5A. Fra ovn, der i 15 år har arbejdet ved ca. 1450°C.

Tilsætningsstoffer

I forbindelse med fremstilling af lervarer (tegl, mursten, fliser, klinker, kakler, keramiske materialer mv.) anvendes der i større og mindre udstrækning tilsætningsstoffer.

I princippet kan man inddele tilsætningsstofferne i to typer: Tilsætningsstoffer, som bliver anvendt primært pga. procesmæssige hensyn, og tilsætningsstoffer, som primært har betydning for det færdige produkt.

Teglprodukter

I Danmark bruges tilsætningsstoffer i forbindelse med teglproduktion i et relativt begrænset omfang. Af tilsætningsstoffer bruges plastificeringsstoffer, som bevirker, at leren bliver mere formbar mv. Stofferne er generelt af samme

type som inden for betonindustrien. Disse tilsætningsstoffer (forkuller) forsvinder ved brændingen, der kan dog evt. forekomme enkelte rester i teglstene.

Der bruges kun sjældent farvestoffer i forbindelse med teglfremstilling. Teglstenes farve er generelt betinget af typen på den anvendte råler (rød-gul). Af kendte farvestoffer, man ved er blevet anvendt, er mangan- og jernoxider.

Det skal dog nævnes, at der er et teglværk på Fyn (Tommerup Teglværk), som er begyndt at producere glaserede mursten i alle mulige farver (grønne-røde m.fl.). Produktionen startede for nogle år siden (i begyndelsen af 1980'erne), og produktionen af glaserede mursten er stigende. De glaserede mursten bruges primært (udelukkende) til dekorative formål (bygninger, skulpturer mv.) (bl. a. til skulpturen på Høje Taastrup Station).

Ifølge ældre litteratur (E. Suenson 1911 og Murværk og Jernbeton, 1938) har det tidligere (tilsyneladende) været relativt almindeligt at anvende glasering af teglprodukter (teglsten, mursten). Dette blev begrundet dels i æstetiske og dels holdbarhedsmæssige hensyn. En af de mest anvendte glasurer dengang var blyglasur, hvor flusmidlet var mønje. I forbindelse med denne glasering brugte man ofte farvede glasurer, hvor farvepigmenterne kunne være:

grønne	- kobberilte, kromoxid, koboltgrøn, ultramarin
gule	- antimon-sulfid, Terra de Siena, cadmiumgul, blyantimonat, okker
blå	- koboltblå, ultramarin
røde	- kraplak (alizarin)
brun	- brunsten, okker
sorte	- brunsten

I E. Suenson's bog om byggematerialer fra 1911 står der bl.a. følgende:

"Glaserings anvendes enten for at forskønne stenen eller for at gøre overfladen glattere og uigennemtrængelig for vand. Glasuren er en glasmasse, hvis sammensætning er meget variabel og må afpasses nøje efter skærven (hvorved man forstår de glaserede varers bagmasse).

Først sammensmeltes man glasmassen af dens bestanddele (fx kvartssand, kaolin og et flusmiddel), pulveriserer den og udrører pulveret med vand, hvorpå glasurvællingen smøres på stenen, der i forvejen er brændt. Stenen må da brændes på ny ved så høj en temperatur, at glasuren smelter. I Danmark fremstilles kun blyglasurer, hvor flusmidlet er mønje. De er letsmeltelige og har en stærk glans, men er ikke så hårde og vejrfaste som jordglasurer. Jordglasurer, hvor flusmidlet er en jordart (fx calciumkarbonat), bruges ikke i Danmark, men de findes ofte på importerede tyske tagsten. Både jordglasurer og blyglasurer kan farves med metalilte, og man har dem i alle mulige kulører". (Se i øvrigt afsnittet om glasur).

Keramiske materialer mv.

I forbindelse med fremstilling af keramiske materialer, fliser, (væg- og gulvfliser), klinker mv. er det langt mere almindeligt at bruge tilsætningsstoffer.

De mest almindelige tilsætningsstoffer er plastificerings- og superplastificeringsstoffer lig dem, der bliver anvendt inden for betonfremstilling.

Desuden er anvendelsen af glasurer (glaserings) og farvestoffer langt mere almindelig.

Det skal pointeres, at der sker en relativ stor import (bl.a. fra Vesttyskland) af fliser (væg- og gulvfliser til indendørs brug).

Der anvendes antageligvis stadigvæk blyglasurer i Danmark. (Det vides ikke, om man (stadig) anvender blyglasurer i de lande, hvorfra vi importerer keramiske materialer mv.

Det er ikke muligt at angive forbruget af de forskellige farvestoffer, der anvendes i keramiske materialer.

Det bør tilføjes, at brugen af keramiske fliser til badeværelser, gulvbelægninger og køkkener inden for de sidste år er steget markant over næsten hele verden.

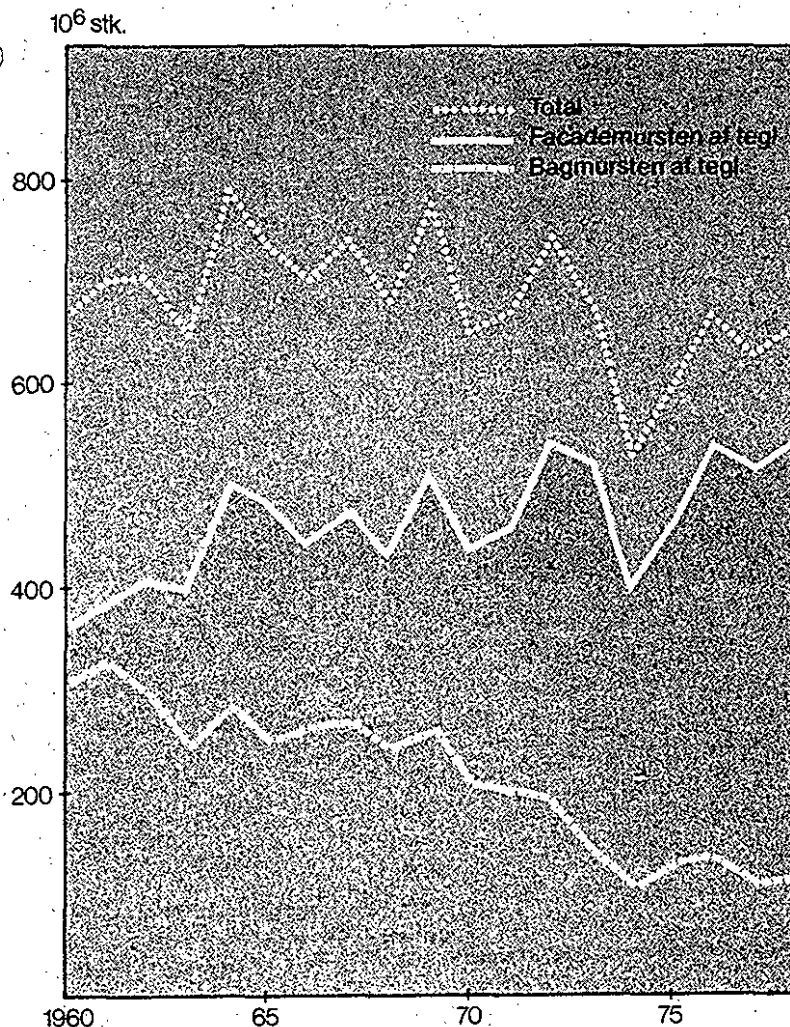
I fx USA var det totale forbrug af keramiske fliser i boligbyggeriet ca. 49 millioner kvadratmeter. Heraf blev 44% anvendt i nybyggeri og 56% til ombygninger i private hjem. Hvis man dertil lægger forbruget af fliser i kommercielt byggeri, kommer det totale forbrug i USA op på næsten 100 mio. kvadratmeter. Til gulve med hård overflade tegner fliser sig for 17% af det totale forbrug i USA, sammenholdt med 11% for trægulve og 72% for vinylmaterialer. Ca. 85% af de anvendte fliser var glaserede. Det mest almindelige anvendelsesområde for keramiske fliser i USA var til vægge og gulve i badeværelser og brusekabiner. I Danmark er tendensen næsten den samme. En stor del af de keramiske fliser, der bliver anvendt herhjemme, bliver importeret fra udlandet, herunder specielt fra Vesttyskland og Holland.

Produktion af teglsten i Danmark

Udviklingen i produktionens omfang fra 1960 til 1978 fremgår af nedenstående diagram (fig. 4), der viser salget af hhv. facade- og bagmursten (murstensproduktionen udgør omkring 80% af den samlede produktionsværdi af teglprodukter).

Udviklingen i salget af facadestenen har været stagnerende siden 1964. Salget af bagmursten er mere end halveret i perioden fra 1960 til 1978. Denne udvikling skal ses som et resultat af den stigende anvendelse i 1960'erne af elementer til skillevægsopbygning, hvorved anvendelsesområdet for bagmursten af tegl er blevet indskrænket betydeligt.

Udviklingen i produktionen af typiserede parcelhuse, hvor råhuset fremstilles fabrikmæssigt i delelementer har yderligere indskrænket anvendelsen af teglsten, idet tegl til denne form for byggeri kun anvendes til "indkapsling" af råhuset, der oftest vil være udført i træ eller letbeton.



Figur 4

(Kilde: Danmarks Statistik, Varestatistik)

I nedenstående tabel findes en oversigt over salget af lervarer i 1976 fordelt på henholdsvis facadesten, bagmursten og tegltagsten.

	1976 mio. stk.
Facadesten	538
Andre	137
Tegltagsten	9,7
Tegldrænrør	8,2
Tagelementer til ydervægge	96.000 m ²

I 1976 var importen henholdsvis eksporten som følger:

	Import mio.stk.	Eksport mio.stk.
Teglmursten (i alt)	3,1	23,5
Tegltagsten	4,8	0,5
Tegldrænrør	671 tons	0 tons

Glasur

Glasur kan kort beskrives som en blanding af forskellige krystallinske mineraler (fx kvartssand) som ved en smelteproces og følgende afkøling danner et glasagtigt ukrySTALLinsk dække på fx en klinke.

Alt efter hvordan glasuren er sammensat og herunder indholdet af større eller mindre mængder af fx kvarts, feldspat, bly eller farvede oxider kan glasuren være enten mat eller blank og transparent eller farvet.

Som selve ordet siger, er glasur beslægtet med glas. Fremstillingen af glasur og glas har mange væsentlige lighedspunkter.

I modsætning til glas, som er et produkt, som lader sig forme og kan bruges til mange formål, så er glasur beregnet til at dække en lerflade (fx på mursten, fliser, klinker mv.) med det formål at gøre denne tæt, glat eller bare køn. Der stilles derfor forskellige krav til henholdsvis glas og glasur, selv om grundbestanddelene til en vis grad er de samme.

Udover at glasur er beslægtet med glas, så er glasur også beslægtet med ler, for så vidt som vi i ler finder de samme mineraler, som går igen i glasur. De to ting kan siges at være yderpunkter af samme grundsubstans, hvor leret betegner den tungsmeltelige ende, medens glasuren er det smeltelige produkt af samme.

De beslægtede stoffer vil indgå i "interne" forbindelser og betinge en god binding mellem glasur og det underliggende lerlag. Det er vigtigt at have en glasur, hvis smeltepunkt ligger så tilpas meget lavere end lerets, at man opnår et smeltet glat dække over en fast flade. Forskellen i smeltepunkterne er vigtige med hensyn til bibeholdelse af lerets stabilitet under brændingen.

Glasurdannelse

Glasur består kemisk set af en blanding af metaloxider som fx SiO₂, Na₂O, K₂O, MgO, CaO, Al₂O₃ og B₂O₃. Blandingsforholdene mellem oxiderne bestemmer glasurens udseende og egenskaber. Grundlaget for al glasurfremstilling er silicium - SiO₂. Da ren SiO₂ smelter ved ca. 1700°C, vil et højt SiO₂-indhold derfor medføre et tilsvarende højt smeltepunkt. For at bringe glasurens smeltepunkt ned tilsættes et flusmiddel, dvs. et lavere smeltende stof, så man får en glasur, som passer til den ønskede temperatur.

Sådanne flus- eller smeltemidler finder man i gruppen af basiske metaloxider. Det kan være fx bly- eller calciumoxyd.

Udover tilsætning af et flusmiddel til glasuren, er det også nødvendigt med indføring af aluminium i form af fx kaolin eller feldspat i glasuren for at gøre denne mere stabil og sikre en større smeltemargin samt gøre den mere tykflydende.

Derudover findes en hel række andre stoffer og forbindelser, som har betydning for glasurens udseende og øvrige egenskaber. Disse vil ikke blive behandlet her.

Farvede glasurer

Ved at tilsætte et eller flere farvede oxider til glasuren, vil der kunne fremstilles alle mulige farvede glasurer. Meget stærke og lysende farver vil normalt ligge i den lave ende af temperaturskalaen, og oxidernes farvende virkning vil aftage en del, med stigende brændingstemperatur.

Følgende metal-(oxider) kan anvendes med den nævnte effekt:

Jern	.....	gul, rødbrun, brun, sort
Mangan	.....	brun
Nikkel	.....	grå
Chrom	.....	grøn, rød
Cobolt	.....	blå
Antimon	.....	gul
Cadmium	.....	orange, rød
Kobber	.....	grøn, blå
Uran	.....	gul, orange, rød
Vanadium	.....	gul

Det skal pointeres, at de nævnte metal-(oxider) skal betragtes som generelle retningslinier. Glasurens øvrige sammensætning har en væsentlig indflydelse på resultatet, tillige med oxidets mængde, ovnens temperatur og atmosfære.

Farvestoffet kan indgå i form af oxid eller metalsalt i glasuren.

Eksempel på sammensætning (og fremstilling) af en glasur:

Glasur:	57 vægtdele kryst. borax
100	- mønje
100	- kvarts
30	- kalkspat
26	- kaolin

Ovenstående frittes (for-brændes) og formales med et tilskud af 22% feldspat og 5% kaolin.

Eksempler på farvestoffer og deres mængdemæssige indhold i glasur

Gul	jernoxid	1-2%	
	uranoxid*	4-10%	
	natriumuranat*)		*Bruges sjældent, da det er meget dyrt.
	kaliumuranat*)	5-15%	
	chromchlorid	1/2-1%	
Rød	antimonoxid	10-20%	
	vanadiumoxid	2-10%	
	kadmiumoxid**	1-4%	**Kan ikke bruges
	chromoxid***	1-2%	over 900°C.
	mangankarbonat	2-4%	***Giver kun rød farve, hvis glasuren har et højt blyindhold og lavt aluminiumthal.

<i>Grøn</i>	kobberkarbonat	1-3%
	chromoxid	1-3%
<i>Blå</i>	coboltkarbonat	1-3%
	nikkeloxid	2-4%

Farver (farvestoffer), herunder blandingsfarver kan også fremstilles ved blanding af forskellige metalforbindelser.

Eksempler på sammensætning og fremstilling af glasur (blandingsfarver) for lertøj

<i>Gul</i>	73 vægtdele blynitrat ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$)
	33 - antimonoxid
	13 - aluminiumhydrat
	100 - kogsalt (NaCl)

kalcineres, udvaskes osv., fortyndes 1:1 og kalcineres på ny, udvaskes, tørres og formales.

<i>Blå</i>	20 vægtdele zinkoxid
	22 - koboltkarbonat
	70 - aluminiumhydrat
	6 - kvarts

kalcineres, udvaskes, tørres og formales.

<i>Mørk rød</i>	50 vægtdele tinoxid
	25 - kalkspat
	3 - kaliumbikromat

kalcineres, udvaskes osv., fortyndes 1:1 mv.

<i>Mørk grøn</i>	62 vægtdele chromoxid
	37 - koboltkarbonat
	1 - nikkeloxid

kalcineres, udvaskes, tørres og for males.

De fremstillede farvestoffer tilsættes glasuren i koncentrationer på ca. 1-4%, for de gule farvestoffer dog op til 20%.

Lervarer

Komponent	Anvendelsesområde	Anvendelsesperiode	Sammensætning
1. Teglsten (tagsten)	Tage (tagbeklædning)	Ca. 1160-1988	Rødler, blåler mv.
2. Teglsten (tagsten) Glaserede	Tage (tagbeklædning)	Fra før 1900 til 1988	Rødler, blåler mv.
3. Mursten (bagsten)	Ydervægge, indervægge, dæk, altaner, gulvbelægning	Ca. 1160-1988	Rødler, blåler mv.
4. Mursten (facadesten)	Ydervægge, dæk, altaner, gulvbelægning	Ca. 1160-1988	Rødler, blåler
5. Fliser, klinker mv. Vægfliser mm.	Udvendig og indvendig vægbeklædning. Gulvbelægning	??-1988	Klinkerler (Bornholm) mv. (+import af artikler fra bl.a. Vesttyskland og Holland)
6. Stentøjsrør	Afløbsinstallationer	??-1988	Rødler, blåler mv.

Lervarer (fortsat)

Komponent	Brug af tilsætningsstoffer	Brug af farvestoffer	Impregnering/efterbehandling
1. Teglsten (tagsten)	Der bruges i mindre udstrækning plast- og superplastificeringsstoffer.	Der har i nogen udstrækning været anvendt mangan- og jernoxider	Relativt sjældent bliver forskellige impregneringsvæsker anvendt (silicone/silikat eller epoxybase-rede).
2. Teglsten (tagsten) Glaserede	Som 1. Fra før århundredskiftet har man anvendt glasur på tagsten for bl.a. at gøre dem vandafvisende. En stor del af glasurene har været blyglasurer.	Som 1. I glasuren har der i en vis udstrækning været anvendt farvestoffer i form af forskellige metaloxider.	Nej.
3. Mursten (bagsten)	Meget sjældent.	Meget sjældent.	Nej
4. Mursten (facadestén)	Meget sjældent. Der har i perioder været anvendt glasur (glasering af overfladen) i et relativt beskedent omfang, fra før århundredskiftet. (Se under 2).	I nogen udstrækning anvendes jern- og manganoxider. for de glaserede stens vedkommende bruges i stor udstrækning forskellige metaloxider.	Som for 1.
5. Fliser, klin-ker, væg-fliser mv.	Plast- og superplastificeringsmidler i stort omfang. Derudover bruges i beskedent omfang andre specialtilsætningsstoffer.	Det er almindeligt at anvende forskellige farvestoffer (metal-oxider) i både glaserede som uglaserede produkter.	Sjældent.
6. Stentøjsrør	Relativt sjældent. Der bruges i en vis udstrækning salt-glaserede produkter (rør).	Sjældent eller aldrig.	Sjældent.

Træ

Indledning

Danmarks samlede skovareal udgjorde i 1930'erne ca. 8% af det samlede areal. Dengang udgjorde træsorternes andel i dette areal sig på følgende måde:

Bøg.	30%
Gran:	30%
Fyr:	19%
Andre nåletræer:	8%
Eg:	5%
Andre løvtræer:	8%
Løvtræer i alt:	43%
Nåletræer i alt:	57%

Den danske løvtræsproduktion udnyttes kun i ringe omfang til bærende konstruktioner, idet løvtræet normalt vil blive for kostbart.

Af den danske nåletræsproduktion - gavntræ faldt i 1960'erne 98 - 99% på gran, hvoraf ca. halvdelen blev brugt til bærende konstruktioner i form af tømmer, en mindre del til brædder, og ligeledes en mindre del til master og piloteringspæle; resten af produktionen blev udnyttet til andre formål, fx til kassetræ.

Den danske gavntræsproduktion dækker kun fra 1/3 til 1/2 af landets træforbrug. Importen falder i to grupper, hvoraf langt den største udgøres af fyrretræsstammer, især fra Sverige og Finland, den anden, og i kvantitativ henseende meget lille gruppe, består af en række forskellige løvtræssorter til særlige formål såsom møbler, vægbeklædning m.v.

Almindeligt anvendt træsorter

Træsort	Anvendelse
Rødgran	Ca. 50% af gavntræet bruges til husbygning, fx som tømmer, lægter, planker og brædder. Desuden bruges rødgran til pælefundering og ledningsmaster
Skovfyr	Fyr anvendes primært som bygningstræ i form af planker, tømmer, lægter og brædder. Derudover anvendes den til møbler og jernbanesveller.
Bøg	Bøgen anvendes bl.a. til emballage, gulve, møbler, værktøj og sveller.
Eg	Egen anvendes bl.a. til møbler, gulve, vægbeklædning mv.

Limning af træ

Lim anvendes såvel til fremstilling af visse træprodukter, fx til krydsfiner og møbelplader, som til samlinger i trækonstruktioner.

Limsorterne falder naturligt i to grupper:

- De "gammeldags"
- Kunstharpikslimene.

De "gammeldags" omfatter i første række: glutinlim, kaseinlim og blodalbuminlim.

Kunstharpikslimene omfatter bl.a.: fenolharpikslimene, der er et kondensationsprodukt af phenolformaldehyd, og karbamidharpikslimen, der er et kondensationsprodukt af karbamidformaldehyd.

Kort oversigt over limtyper og deres anvendelse

Navn	Oprindelse og fremstilling	Stof der til-sættes ved tilberedning	Vigtigste anvendelser
Glutinlim	Huder og ben, der udkoges, stivner til gele, indtørres	Vand, evt. stoffer af konserverende karakter	Fortrinsvis til tømmer-samlinger
Kaseinlim	Ostestoffet, der udfældes af skummet mælk ved til-sætning af syre	Vand, ren kalk, evt. vandglas eller NaCl, konserveringsmidler	Finer til møbel og indendørs brug
Blodalbuminlim	Inddampet blod-serum	Vand, ammoniak og kalk	Finer til særlige formål
Fenolharpikslim	Kondensationsprodukt af phenol-formaldehyd	Pulver: Vand, en hærder og evt. mel som fyldstof. Flydende og film: en hærder	Møbelplader udendørs finer, både finer til beklædning
Karbamidharpikslim	Kondensationsprodukt af karbamid-formaldehyd	Som for fenolharpikslim	Vægfiner, møbler og både

Byggematerialer med træ som råvare

Byggematerialer med træ som råvarer kan deles i 4-grupper:

1. Porøse teglsten (råvarer: ler og savsmuld)
2. Træbeton (råvarer: cement og sønderdelt træ)
3. Træfiberplader (råvarer: sønderdelt træ alene eller med limstoffer)
4. Pressede træspånplader (råvarer: sønderdelt træ og kunstharpiks).

Ved oparbejdning af træ til færdige produkter er udnyttelsesgraden i groft gennemsnit kun ca. 1/2. Der er således endog meget store mængder af såkaldt affaldstræ til disposition - i Danmark ca. 1 million m³ om året - og det er da også dette affaldstræ, der er hovedråvare til ovennævnte industrier.

Porøse teglsten

Porøse teglsten fremstilles ved at iblande en vis mængde savsmuld i leret; mængden afhænger i nogen grad af lerarten. Ved visse sjællandske lersorter har blandingsforholdet 1 del savsmuld til 2 dele ler efter rumfang givet gode resultater.

Stenene fremstilles som alm. teglsten; ved brændingen brænder savsmulden bort og efterlader hulrum - når styrken kan komme på højde med alm. teglsten, må årsagen sikkert søges i en bedre gennembrænding af de porøse sten.

De porøse sten blev brugt væsentligst som bagmuringssten.

Produktionen af de porøse sten lå i 1950'erne på ca. 10% af de alm. teglsten; for Nordsjællands teglværkers vedkommende svarede dette til et forbrug af ca. 3000 m³ savsmuld om året.

Træbeton (eller træuldsbeton)

Byggemateriale af sønderdelt træ og cement fremstilles af 3 principielt forskellige træ-"produkter": træuld, spåner og savsmuld. For al fremstilling af

træbeton gælder, at kun nåltræ er anvendeligt, da løvtræets større indhold af sukker og visse syrer hindrer betonens afbinding. Løvtræ kan dog anvendes efter en særlig forbehandling, men det forhøjer fremstillingsomkostningerne så meget, at plader af løvtræuld ikke er konkurrencedygtigt.

Træuld til træbetonplader fremstilles ikke her i landet af egentligt affaldstræ, men af meterlangt afbarket træ ned til 7 cm's tykkelse. Træet opskæres til tynde, lange og smalle (4-6 mm) træspåner, som imprægneres mod svamp, insekter og letantændelighed. Derefter blandes smånerne med cement og presses til plader.

Træuldsbetonen er et udmærket isoleringsmateriale, er frostbestandig, angribes ikke af svamp og insekter og er let at bearbejde: kan saves og sømmes. Også som lydisoleringsmateriale er træuldsbeton meget anvendt.

Træuldsbeton fremstilles herhjemme på flere fabrikker og findes i handelen under navn af Troldekt, Træolith m.fl. Det skal nævnes, at træuldbetonplader på sine steder er anvendt som betonforskalling - en forskalling, der forbliver i den færdige bygning som isolation.

Spånbeton fremstilles her i landet efter schweizisk patent under navnet Durisol. Der anvendes udelukkende småner af nåltræ.

I modsætning til træuldsbetonen bruges til Durisol affaldstræ: høvl- og kutterspåner. Disse mineraliseres, blandes med cement og presses derefter sammen under højt tryk. Der fremstilles af materialet både lette isoleringsplader, hulblokke og hulblokplader, uarmerede og armerede, sidstnævnte beregnet til fritbærende tagplader.

Ved i en beton at erstatte sandet eller noget af sandet med imprægneret savsmuld fås en letbeton, hvis styrke og rumvægt aftager, og isoleringsevne stiger med voksende savsmulds mængde. Savsmuldsbetonen er hidtil kun brugt i ringe omfang herhjemme.

Træfiberplader

Træfiberplader fremstilles i 2 hovedformer: bløde og hårde. Fremstillingsprocessen indledes i begge tilfælde med en defibrering af træet; det til fibervæv sønderdelte ved dampes derefter ved høj temperatur, og slutteligen presses massen sammen under højt tryk og temperatur til plader; ved at regulere tryk og temperatur under sammenpressningen opnås de 2 kvaliteter; den bløde og den hårde. Anvendelse af limstoffer er ikke nødvendigt - cellulosen i veddet virker selv limende; limstoffer anvendes dog til nogle fabrikater.

De bløde plader isolerer udmærket. De er imidlertid forholdsvis dyre og anvendes derfor som oftest på steder, hvor de samtidigt kan bruges som vægbeklædning uden yderligere overfladebehandling, fx i sportshaller, forsamlingshuse og lignende. Pladerne kan dog om fornødent både pudses, males, tapetseres eller limfarves. De bløde plader går i handelen under navn af Dana-tex (dansk), Celotex, Insulite m.fl.

De hårde plader kan have en slidfasthed på højde med egetræ og en hårdhed, der er på højde med de bedste udenlandske træsorter. De anvendes til beklædning af enhver art, hvor en smuk og hård overflade ønskes, til bådbygning, butiksinventar, køleskabe og mange andre steder. En speciel anvendelse har de hårde plader fundet som betonforskalling, hvor en særlig glat overflade er ønsket; ved behandling med lidt olie vil en pladeform kunne bruges til mange støbninger. De hårde plader går i handelen under navn af Masonite, Insulite m.fl.

Pressede træspånplader

Spånplader fremstilles i flere forskellige kvaliteter og fremstillingen varierer med det anvendte råmateriale og produktionsudstyr. I princippet er fremstillingsprocessen følgende:

Frisk træ, fortrinsvis i mindre dimension, afbarkes og opskæres i småner, 10-50 mm lange, 2-25 mm brede og 0,2-0,5 mm tykke. Ved tyndbarket træ kan afbarkningen udelades, idet en mindre mængde bark i smånerne ikke ska-

der, hvis limforbruget øges. Normalt anvendes nåletræ, men en vis mængde løvtræ anvendes dog også. Hovedparten af spånerne fremstilles specielt til spånpladefremstillingen, men råmassen kan suppleres med mindre mængder spåner fra snedkerier.

Spånerne sigtes og tørres til 3-4% fugtindhold, hvorefter der tilsættes lim i en mængde på 7-10% af træets tørvægt. Til de fleste plader bruges urealim, evt. tilsat melamin eller fenollim.

Limen opsuges helt i spånerne, og spånerne strøs ud på et endeløst stål-bånd (i ældre anlæg på stålplader). Båndet med spånmassen føres ind i en hydraulisk presse under stort tryk og ved en temperatur på 100-160°C. Her ved hærder limen og binder spånerne sammen til en stærk plade.

Efter presningen afkøles pladerne, hvorefter de saves i format, slibes i tykkelse, finpudses og kontrolleres.

Til specielle anvendelser kan der ske en videre forarbejdning i form af savning til særformater, kantbearbejdning såsom fræsning af fer og not eller fals, belægning med polyester eller malerbehandling.

Til spånpladerne kan anvendes varierende spånkvaliteter, eksempelvis kan midterzonen udføres af forholdsvis grove spåner iblandet bark og løvtræ, medens yderzonerne kan udføres af finere, lyse spåner af nåletræ.

Imprægnering af træ

De egentlige imprægneringsmidler for træ kan inddeles i mekanisk og kemisk virkende. De førstnævnte har som formål at indkapsle næringen - ved at tilstoppe veddets porer - de sidstnævnte at forgifte og ødelægge næringen. Mange imprægneringsmidler har både en mekanisk og kemisk beskyttende virkning uden dog af den grund at være fuldt effektive.

Et stort ønske i forbindelse med alle imprægneringsmidler er givetvis, at de ikke forringede nogle af træets egenskaber, hvilket dog er svært at opnå. Mange imprægneringsmidler indskrænker således til en vis grad tømmerets anvendelsesområde fx gennem sin stærke lugt, sin misfarvning af træet og det imprægnerede træs manglende evne til at modtage maling.

De fleste overfladeimprægneringsmidler udgøres af metalsaltopløsninger eller olier, som let trænger ind i veddet og virker enten kemisk eller mekanisk beskyttende eller begge dele.

Af stenkulstjære fremstilles endvidere en mængde forskellige beskyttelsespræparater af større eller mindre værdi; af dem, der har vist gode egenskaber, skal nævnes Solignum og Carbomal.

Blandt andre antiseptiske overflademidler skal nævnes en del fluorforbindelser, særligt fluornatrium og fluorzink i vandopløsning. Som alm. handelsvare findes fx Fluralsil, der er et zinksiliciumfluorid.

Metallforbindelser er kobbersæber eller lignende, der er opløst i forskellige vædske, fx petroleum. Kobberforbindelserne er giftige for svampen; de bliver siddende i træet, når opløsningsvædsken er fordampet. Der findes i handelen en hel række præparater, der alle giver en smuk farve på træet, men langt fra er lige giftige. Et meget anvendt middel af denne art er Cuprinol.

Gennemimprægnering, eller egentlig imprægnering, hvor konserveringsmidlet helt gennemtrænger veddet, anvendes næsten udelukkende til tømmer, som skal anvendes udendørs, fx jernbanesveller, telegraf og andre ledningsmaster, og imprægneringen sker da normalt ved hjælp af maskinelle anordninger.

Af et gennemimprægneringsmiddel fordres, at det hverken fordamper i luften eller lader sig udvaske i vand, samt at det ikke indvirker kendeligt på træets egenskaber. Det må heller ikke tære på metaller - søm og skruer osv.

De midler, som først og fremmest anvendes, er kreosotolie og visse kobber-kromsalte fx Celcure; dernæst kviksølvklorid (sublimat), kobbersulfat og zinkklorid samt de ovenfor nævnte fluorsalte.

Imprægneringens virkning på træs holdbarhed undersøges dels ved rent praktiske observationer og dels ved accelererede forsøg i laboratoriet. Resulta-

terne fra specielt de praktiske forsøg er noget divergerende efter de forskellige kilder; for fyrretræ udsat for angreb af insekter og svamp - fx sveller og ledningsmasster - kan i middel regnes følgende levealder:

Uimprægnerede	5 år
Imprægnerede med kobbersulfat	10 år
> > > kreosotolie	40 år
> > > Celcuresalt	30 år

Ved imprægnering af bøgesveller opnås en forøgelse i levealderen fra 2 1/2 - 3 år (uimprægneret) til ca. 35 år.

For bolværkstræ og andet tømmer udsat for pæleorm og pælekrebs udviser erfaringerne med kreosotolieimprægneret træ (fuld-imprægneret) nogen divergens. Imprægneringens virkning her kan vel siges at være en smule mere usikker end virkningen mod svamp og insektlarver, men at en væsentlig forbedret levetid opnås er uomtvistelig.

Brug af træbeskyttelsesmidler i bygninger

Indledning

I Danmark har man brugt træbeskyttelsesmidler industrielt i mere 100 år, men først i de seneste 30 år er der i betydeligt omfang anvendt behandlet træ i bygninger og andre konstruktioner som fx garager, carporte, hegn og have-møbler.

De mest anvendte produkter er baseret på blandinger af kobber-krom og arsenik (CCA). I 1986 benyttedes disse produkter til 257.000 m³ (83%) af alt træ, der blev behandlet i Danmark, og som blev kontrolleret af Dansk Imprægneringskontrol. Disse kemikalier er yderst effektive og meget stabile. De udvaskes ikke af træet af vand og fordamper ikke. Når CCA-behandlet træ skal kasseres, indeholder det derfor 90% eller mere af det oprindelige beskyttelsesmiddel, dvs. fra 3-15 kg/m³. Det er derfor nødvendigt at overveje nøje, hvordan man skaffer sig af med den slags affald.

Den næsthøypigst anvendte produktgruppe til beskyttelse af bygningsdele er baseret på opløsningsmidler og er beregnet til vinduer. For ca. 20 år siden produceredes en lille mængde baseret på pentachlorphenol (PCP), men dette kemikalie er nu helt erstattet af enten bis-tri-n-butyltinoxid (TBTO) eller tri-n-butylinnaphthenat (TBTN). Inden for de seneste 10 år er også markedsført midler, der indeholder andre svampedræbende midler (tabel 12). Da disse organiske forbindelser har et lille, men måleligt damptryk, vil deres koncentration i træet mindskes i løbet af vinduets levetid.

Det eneste andet middel, der er brugt i større udstrækning til beskyttelse af bygningstræ, indeholdt kobber og krom. Da dette middel ikke umiddelbart på stedet kan skelnes fra CCA-behandlet træ, er det hensigtsmæssigt at behandle disse to under ét. Skønt der ikke udvikles giftig røg ved forbrænding af kobber-krom produkterne, skal asken fra begge produkter behandles ens.

Tabel 9 giver en oversigt over den historiske udvikling af industriel træbeskyttelse i Danmark og tabel 10 opregner de pesticider, der er godkendt til træbeskyttelse. Pesticiderne er ordnet efter deres udbredelse i bygningsdele.

Produkt	Komponent	Anvendelses- periode	Anvendelse
Blåsten Kobbervitriol	CuSO ₄	1862-1955	Master
Kreosotolie	Ca. 200 kompo- nenter er iden- tificeret	1910-	Master, skibstømmer, bygningstømmer
Basilit A57 Basilit A33 Basilit S	F, As - dini- trofenol	1937-1954	Master sveller, skibstømmer, gavntræ
Flurasil	ZnSiF ₆	1939-1955	Master
Klorzink	ZnCl ₂	1940-1954	Master, sveller
Basilit UA	F, As, Cr	1953-1960	Master
Celcure	Cu, Cr	1958-1970	Bygningstømmer
Basilit UAS	F, As, Cr, Zn	1960-1969	Master
Boliden K 33 Rentokil K33 Tanalith CCA oxide Tanalith C Tanalith CCA Mitrol K33 Kemira K33	Cu, Cr, As	1960-	Hegn, master, bygningstømmer, carporte, havemøbler, skibstømmer
Basilit CFK	Cu, F, Cr	1969-	Master
Cuprinol Tryk	Cu	1979-	Vinduer, facadebeklædning
Konvac	PCP	1965-1969	Vinduer
Gori-vac Sadovac Vacsol Tætiol Rentosol	TBTO, TBN Diklofluorid furmecylox	1965-	Vinduer, døre

Tabel 9

En oversigt over den historiske udvikling af træbeskyttelse i Danmark

Kemikalier	Anvendelse
Chrom	- chromtrioxid natriumdichromat ammoniumdichromat 1
Arsen	- arsenpentoxid 1
Kobber	- Kobberoxid Kobbersulfat Kobberhexafluorsilicat Kobbercaprylat Kobbernaphthenat 1 1 1, 2 1, 2
Tributyltinnaphthenat	1, 2
Bis (tributyltin) oxid	1, 2
Furmecyclox	1, 2
Bor	- boric acid borax dinatriumoctaborate 2, 3
Benzalkonium chlorid	2, 3
Dichlofluanid	1, 2
Lindane	1, 2
Dieldrin	2
Permethrin	2
Endosulfan	2
Magnesium fluorsilicate	1

Tabel 10

Liste over kemikalier anvendt i godkendte træbeskyttelsesmidler til bygnings-træ

Kode 1: Industriel anvendelse

Kode 2: Anvendes på stedet, fx med børste

Kode 3: Anvendes på murværk

Vandbaserede træbeskyttelsesmidler med kobber-kromarsenat (CCA) eller kobber-krom (CC)

Mængde af behandlet træ i bygninger

Indtil 1958 blev industriel træbeskyttelse kun udført på større emner som fx jernbanesveller, maste- og skibskonstruktioner. I de seneste 25 år er der imidlertid sket en 5-dobling af produktionen af imprægneret savtømmer i Skandinavien (Hoffmeyer).

Der findes ingen nøjagtige statistikker over anvendelse af CCA og CC i bygninger i Danmark, men tallene fra Sverige kan måske vise tendensen (Hoffmeyer).

- Bygningskomplettering	55%
- Havne, landbrugsbygninger	30%
- Bygningstræ	5%
- Vinduer og yderdøre	10%

Den beskudne anvendelse af behandlet bygningstræ i Sverige kan måske overføres til Danmark, eftersom der ikke findes bestemmelser, der kræver anvendelse af behandlet træ til denne brug.

Den samlede produktion af trykimprægneret savtømmer (CCA) i Danmark i 1986 blev skønnet til ca. 260.000 m³. Produktionen siden 1960 ses i figur (Dansk Imprægneringskontrol).

Størstedelen af denne produktion anvendes formentlig til bygningskomplettering, dvs. altaner, yderbeklædning, hegn, havemøbler etc.

Kemikaliekoncentration i imprægneret træ

Næsten alle CCA og CC beskyttelsesmidler bliver (eller blev) anvendt for at opfylde klasse A i DS 2122.

DS 2122 specificerer den belastning af kemikalier, der skal opnås i splintved fra baltisk rødtræ. Den faktiske koncentration i et givet stykke træ kan variere enormt alt efter fx indhold af kerneved, træets massefylde og det anvendte træbeskyttelsesmiddel. Tallene i tabel 11 giver en indikation af den koncentration, der kan forventes.

Approx dimension (cm)	Impræg- nerings- type	% w/w		
		Cr	Cu	As
10 x 2	CCA,	0,3-0,4	0,25	0,3-0,5
	CC	0,5	0,4	-
10 x 7	CCA,	0,2-0,25	0,15	0,2-0,3
	CC	0,3	0,25	-
15 x 15	CCA,	0,1-0,15	0,1	0,1-0,2
	CC	0,2	0,15	-

Tabel 11

Koncentrationer, der kan forventes i tømmer af forskellig størrelse

Risiko i forbindelse med imprægneret træ

Håndtering: Det er allerede blevet fremført, at disse beskyttelsesmidler er yderst stabile, og at de ikke uden videre udvaskes af vand. Derfor kan man forvente at finde de koncentrationer, der er anført i tabel 11, selv efter 100 års brug i bygninger.

Der består kun meget lille risiko for de arbejdere, der håndterer træet. Der er blevet udført forsøg, som viser, at forureningen af hænder er yderst beskeden (Arsenault 1975).

Udvaskning og transport i jord: Kobber, chrom og arsenik adsorberes let på jordpartikler, dog er meget sandet jord mindre effektivt til at hindre disse stoffers transport. Transporten forøges kun væsentligt ved pH-værdier under 3 (Bergholm). Der skulle derfor være meget lille risiko for negativ påvirkning af miljøet ved at nedgrave imprægneret træ. Det er imidlertid et vanskeligt spørgsmål, og indtil der er opnået enighed om destruktionsmetoder, kan nedgravning ikke anbefales.

Organiske opløsningsmidler/beskyttelsesmidler

I 1986 behandledes ca. 50.000 m³ vinduer og døre (Anon). De mest anvendte svampedræbende midler inden for denne gruppe er bis-tri-n-butyltinoxid eller tri-n-butyltinnapbtbenat. Det nybehandlede træ indeholder ca. 0,1% af disse kemikalier i de yderste 10 mm splintved. Denne koncentration falder betydeligt i løbet af bygningens levetid.

De kemikalier, der anvendes i disse produkter, er bionedbrydelige. De udgør derfor en forsvindende lille risiko, hvis behandlet træ nedgraves.

På grund af den lave koncentration i træet skulle der heller ikke være nogen øget risiko ved afbrænding i fri luft.

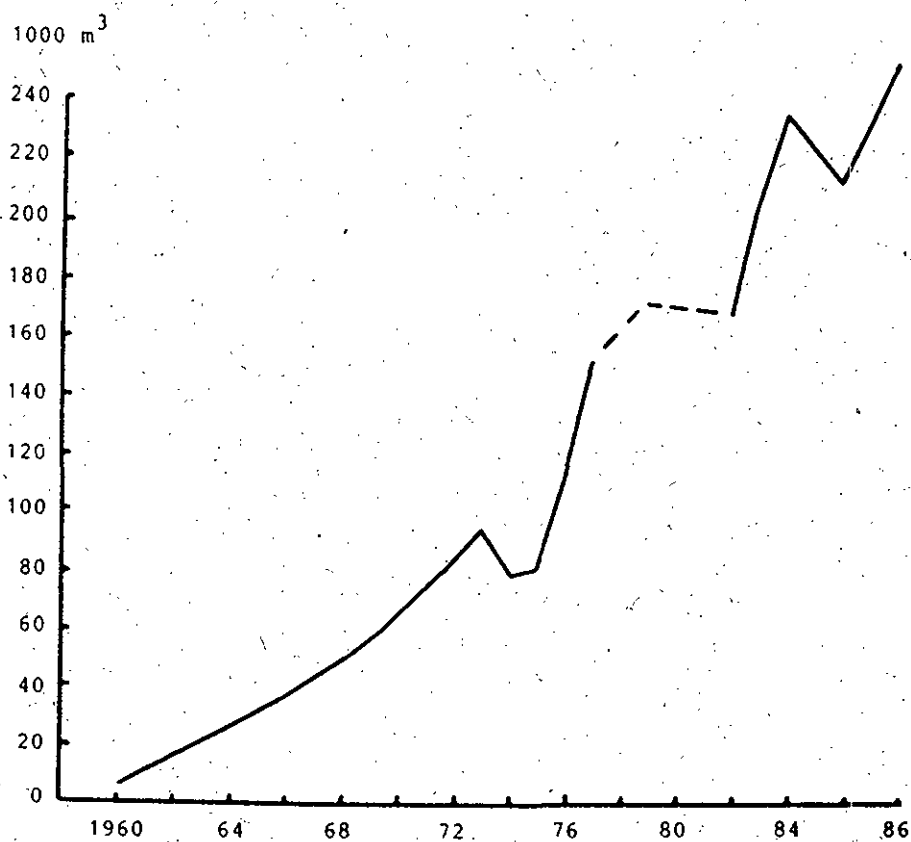
Brandhæmmende imprægnering

Brandhæmmende imprægnering er blevet udført siden ca. 1946, dog i forholdsvist beskedent omfang.

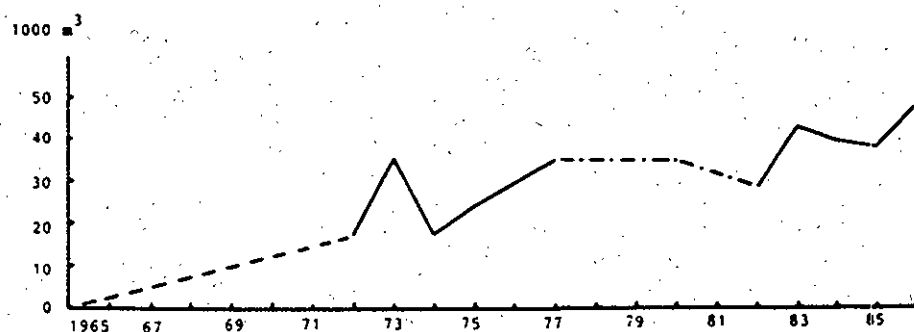
Produkterne er hovedsageligt baseret på ammoniumfosfater/og eller ammoniumsulfater. Der anvendes også aminoharpiks.

I almindelighed udgør disse kemikalier ikke nogen risiko, så længe de er inde i træet.

(Bemærk: Hvis træet er grønt, indeholder det sandsynligvis også kobber eller krom og skal behandles på samme måde som CCA og CC).



Trykimprægneringsindustriens produktion.
Træ til byggeri og anlæg incl. hegn og
ude-miljøer.



Vacuumimprægnering - vinduer, udvendige
døre.

Diverse

Kork

Kork er barken af korkegen. Korkens mange hulrum gør den til en dårlig varmeleder og dermed velegnet til isoleringsformål. Kork er meget lidt gennemtrængelig for luft og vand, rådner ikke og er ubrændbart.

Korkmaterialer er i korkens naturlige farve, fra lysebrun til mørkebrun, da indfarvning ikke er mulig.

Korkplader fremstilles af korkstumper enten ved sammenpresning, hvorved korkens harpiks presses ud og fungerer som bindemiddel, eller tilsat bindemiddel (Suenson, 1911) af hemmelig sammensætning.

Korkplader anvendes til væg- og gulvbeklædning og kan være ubehandlet eller efterbehandlet med lak eller voks. Korkplader kan også leveres med overtræk af PVC.

Linoleum

Linoleum fremstilles af korkmel, der blandes med harpiks og iltet linolie og udstryges på hessianlærred, svært papir, glas- eller plastfibervæv. Linoleum leveres brunt eller indfarvet, ensfarvet eller mønstret. Brunlige farver fås ved okkertilsætning. I øvrigt har det ikke været muligt at få oplysninger om farvestofferne.

Linoleum anvendes til gulv- og bordbeklædning.

Linoleum kan være vanskeligt at skelne fra plastproduktion som fx vinyl og bør derfor frasorteres.

Tapet

Tapet fremstilles af papir, der kan være indfarvet, ensfarvet eller mønstret. Savsmuldstapet er papir, normalt ufarvet, iblandet savsmuld.

Tapet kan leveres med PVC-beklædning.

Tapet anvendes til vægbeklædning.

Hessian

Hessian består af vævet jute, normalt naturfarvet, der kan være opklæbet på papir.

Hessian anvendes til vægbeklædning.

Kork, linoleum, tapet og hessian klæbes på vægge og gulve. Lime er omtalt i et særligt afsnit.

Specielle artikler

De 13 foregående afsnit omhandler materialer anvendt i byggeriet, inddelt i materialegrupper, deres sammensætning, egenskaber og mest almindelige anvendelse. De fleste materialer har bred anvendelse og kan forekomme i flere forskellige bygningsdele.

For enkelte anvendelsesområder er det hensigtsmæssigt at foretage vurderinger "på den anden led", altså at liste op hvilke materialer, der anvendes i denne specielle sammenhæng. Dette er gjort i de følgende 3 afsnit for:

- El-installationer
- VVS-installationer
- Isoleringsmaterialer.

Der vil derfor ikke i disse afsnit fremkomme nye materialer, der ikke er beskrevet i de første 13 afsnit.

El-installationer

Indledning

I den ældste del af bygningsbestanden, før ca. 1900, er el-installationen normalt foretaget efter opførelsen i takt med den øgede brug af elektricitet til belysning, opvarmning mv. og det stadig stigende behov for elektriske forbrugsgoder: vaskemaskine, radio, TV, fryser, køleskab osv. Her vil installationen derfor i reglen ligge frit med større mulighed for direkte fjernelse inden nedrivning. Efterhånden som el-installationen er foretaget under opførelsen af bygningen, er det blevet almindeligt med delvis skjulte installationer, der vil være vanskeligere at sortere fra nedrivningsmaterialerne.

El-installationen omfatter i hovedtræk:

- Strømforsyningsanlæg
- Belysningsanlæg
- Kommunikationsanlæg
- El-opvarmning.

Strømforsyningsanlæg

Disse omfatter målerskabe og målere, afbrydere, relæer, kanaler, rør og ledninger.

Målerskabe:	Pladejern, plast (PVC).
Målere:	Bakelit, plast.
Afbrydere:	Plast (PVC).
Kanaler og klemmlister:	Aluminium, plast (PVC, ABS), træ.
Rør:	Beton, stål, plast (PVC).
Kabler og ledninger:	Kobber isoleret med PE-skum med PVC kappe.

Belysningsanlæg

Disse installationer omfatter ledninger, kontakter, lampeudtag og armatur.

Ledninger:	Kobber med omflettet tekstil, siliconegummi, PVC.
Kontakter:	Plast, bakelit. (Tidligere anvendtes afbryder af messing, men disse er forbudt og burde ikke findes).
Udtag:	Loft- eller vægdåser af plast (PVC).
Armatur (faste)	Bakelit, letmetal, kunstglas. Til lysstofrør, ovnlakeret eller plastbehandlet stålplade, skærm af acryl, gitter af polystyrol eller metal.

Kommunikationsanlæg

I sædvanlig boligbebyggelse vil disse kun omfatte ringeanlæg og samtaleanlæg.

Ledninger:	Kobbertråd belagt med PVC.
Apparatur:	Plast (PVC).

El-opvarmning

Installationerne omfatter varmekabler, radiatorer, varmeelementer og vandvarmere.

Varmekabler:	Kobbertråd med varmefast isolering af plastfolie, blykapper med kobberleder, yderkappe af PVC.
--------------	--

	Kobberkabler med isolering af plast, yderkappe af PVC.
	Messing eller konstantan isoleret som kobberkabler.
	Disse kabler kan være indstøbt fx i beton og dermed vanskelige at frasortere.
Radiatoer:	Stål.
Varmeelementer:	Plastfolie med indlagt kobber eller messingtråde. Monteres i gulv eller loft.
Vandvarmere:	Stål.

VVS-Installationer

Indledning

Som for el-installationerne gælder er, at den ældste bebyggelse har fået disse tilført på et tidspunkt efter bygningens opførelse.

VVS-installationen omfatter i hovedtræk:

- Anlæg til vandforsyning
- Anlæg til gasforsyning
- Anlæg til varmforsyning
- Anlæg til ventilation
- Anlæg til afløb og affald.

Vandforsyningsanlæg

Disse installationer omfatter ledninger til koldt og varmt vand, evt. med isolering, rørbærere, ventiler og pumper, samt de større sanitetsartikler, wc, badekar mv.

Ledninger (rør):	<i>Varmforzinkede stålør</i>, der samles mekanisk. <i>Kobberrør</i>, der samles mekanisk eller loddes (ved lodning stilles krav til lavt indhold af Cd og Pb i loddematerialerne). <i>Rustfri stålør</i>, der samles mekanisk eller loddes med Cu. Begrænset anvendelse. <i>Plastrør</i>, PVC, ABS, eller PEX, der samles mekanisk.
Isolering:	<i>Mineraluld</i>, rørskåle eller måtter. <i>Kork</i> med minimale mængder bitumen. <i>Skumplast</i>, rørskåle, polystyrenskum eller polyurethanskum. <i>Hardsetting</i>, kiselgur og moler tilsat gips. <i>Asfaltpap</i> (mod kondens). <i>Aluminiumsfolie</i>, alufolie på kraftpapir, anvendes sammen med pap eller lærred. <i>PVC-folie</i> kan anvendes i stedet for pap eller lærred.
Rørbærere og -bøjler:	<i>Plast (PVC), zink, kobber, messing, rødgods.</i>
Ventiler og topventiler:	Støbejern, plast, plastbehandlet støbejern galvaniseret.
Større sanitet:	Wc, cisterne, bidet, vaskekumme, badekar, normalt porcelæn, i ældre bygninger kan cisterner være støbejern; badekar kan være flisebeklædt på ydersiden.

De fleste vandinstallationer vil være synlige og lettilgængelige ved frasortering. Ledninger kan være skjult og vanskeligt tilgængelige, men bør i videst mulig udstrækning fjernes inden nedknusning af hensyn til knuseapparatet.

Gasforsyningsanlæg

Gas anvendes til opvarmning eller ved madlavning og kan få større udbredelse med udstrakt brug af naturgas.

Ledninger: Stål, evt. galvaniseret.

Radiatorer: Se varmemforsyningsanlæg.

Bør fjernes i vidst muligt omfang.

Varmeforsyningsanlæg

Disse installationer omfatter centralvarmeanlæg, skorstene, ledninger, radiatorer og armatur.

Skorstene: Murede skorstene i tegl, kalksten, stål, ildfaste sten.

Radiatorer: Stålpåder, støbejern (produceres ikke længere).

Rør: Stål, kobber, aluminium, stål.

Isolering: Asfaltpap, mineraluld, aluminiumsfolie på kraftpapir, tekstil, asbest, plast (PVC, PE), skumplast (PUR), hardsetting, magnesia (magnesiumkarbonat og mineraluld).

Maling: Isolerede rør kan males med alkydmaling. Ikke isolerede rør grundes med blymønje eller zinkkromat og males med alkydmaling.

Armatur: Stål eller plast.

Bør i videst muligt omfang frasorteres.

Ventilationsanlæg

Disse omfatter kanaler, riste og ventiler.

Kanaler: Betonrør, asbestcement, pladejern, galv.jern, aluminium.

Ventiler og riste: Jern, aluminium eller plast (PVC).

Isolering: Mineraluld, skumplast (PS), mørtel med forzinket armering.

Maling: Metal grundes med blymønje, calciumplumbatoliemaling eller zinkkromat og males med alkydmaling.
Asbestcement males med plastfacademaling eller akrylmaling

Asbestcement skal fjernes, metaller bør fjernes i størst mulig udstrækning.

Afløbs- og affaldsanlæg

Disse omfatter afløbsrør og i nyere etagebyggeri skakter til affaldsbortskaffelse.

Afløbsrør: Støbejern (asfalteret), rustfrit stål, plast (PVC, PEH, ABS, PP).

Isolering: Mineraluld, asfaltpap.

Maling: Asfalterede rør grundes med termoplastisk plastlak og males med alkydmaling eller aluminiummaling.

Plastrør males med alkydmaling

Skakter: Beton, stentøj (produceres ikke længere).

Skaktluger: Letmetal.

Udlufts- hætter: Plast, zink.

Til samlingen af støbejernsrør kan desuden være anvendt mindre mængder bly.

Isoleringsmaterialer

Indledning

Med de voksende udgifter til opvarmning, først under og efter 2. verdenskrig og senere under oliekrisen i 1970'erne, opstod interesse for at isolere bygninger for at nedbringe udgifterne. Nye bygninger blev opført med isolering, og ældre blev efterisoleret. Der har været anvendt mange forskellige materialer til dette formål. Nedenfor gives en samlet fortegnelse over de vigtigste.

Mineraluld

Smeltet glas- eller stenmateriale, der er størket til fine tråde (mineraluld er beskrevet i et selvstændigt afsnit).

Letbeton

Cellebeton

Cementmørtel med luftfyldte, indbyrdes adskilte hulrum, dannet ved iblanding af sæbeskum. Stærkt poret struktur, blågrå.

Gasbeton

Kalkcementmørtel tilsat aluminiumspulver, der får pastaen til at danne blærer inden afbindingen. Stærkt poret struktur, blågrå.

Durisol

Imprægnerede høvlspåner, bundet sammen med cement. Cementgrå.

Moler-letbeton

Fremstillet af cement og brændt, knust moler. Rødgul.

Siporex

Cementmørtel tilsat aluminiumspulver. Stærkt poret, lys grå.

Træuldsbeton

Imprægneret træuld, bundet sammen med cement. Cementgrå.

Aluminiumsfolie

Aluminium, udvalset i tynde plader. Sølvblankt anvendes opklæbet på vægge eller sammenkrøllet i hulrum.

Alu-kraft

Papir med aluminiumsfolie påklæbet i asfalt.

Glasskum

Smeltet glas, der ved lufttryk er udvidet til ca. 15 gange normalt volumen. Luftfyldte celler med tynde, tætte glasvægge. Poret struktur, sort eller hvid.

Plastskum

Plast tilsat opskumningsmidler. Beskrevet i selvstændigt afsnit.

Træfiberplader

Sammenpressede træfibre.

Kiselgur

Skaller fra kiselalger. Lysegult pulver. Især anvendt til isolering af varmerør. Rørene er herefter omviklet med lærred.

Kork

Bark fra korkegen, der sønderdeles og ekspanderes ved opvarmning. Lys- eller mørkebrun.

Stramit

Tørret rug- eller havrehalm komprimeret ved 200°C. Hård plade påklæbet kraftpapir.

Vermiculite

Glimmer, ekspanderet ved ophedning. Sølvhvide korn.

Wellit

Plade opbygget af asfaltimprægnerede membraner. Ligner sort bølgepap.

Litteraturliste

1. Pohland, Frederick G.:
"Leachate recycle as landfill management option".
Journal of the Environmental Engineering
Division, December 1980.
2. Herrmann, Rainer:
"Baurestmassen gehören nicht auf die Deponie"
Müll und Abfall, nr. 9, 1981.
3. Hilligardt, R; Kalck, Ulrich; Kröning, Helmut og Werther, Joachim:
"Development and test of a sand classification concept for contaminated
dredged river sediments".
Recycling International, EF-Verlag für Energie und Umwelttechnik, Be-
rlin, 1986, p. 1632-1939.
4. Hendriks, Ch.F. og Jong, E.J. de:
"Alternative road construction materials in the Netherlands".
Recycling International, Berlin 1986, p. 1563-1571.
5. Hendriks, Ch.F.:
"The use of concrete and masonry Waste as aggregate for concrete produc-
tion in the Netherlands".
Recycling International, Berlin 1986, p. 1623-1631.
6. Tränkler, Josef:
"Environmental compatibility of processed building rubble".
Recycling International, Berlin 1986, p. 1492-1497.
7. Krass, Klaus:
"Industrial by-products for road construction and their environmental
compatibility".
Recycling International, Berlin 1986, p. 1486-1491.
8. Schmidt, Heinz:
"Möglichkeiten zur Verbesserung von Ziegelrohstoffen durch Zusätze.
Ziegelindustrie nr. 9, september 1978.
9. Dohmann, Max:
"Leaching tests With processed rubble".
Recycling International, Berlin, 1984, p. 916-922.
10. Holma, Matti og Keppo, Martti:
"Tegelmassans tillsatsmedel kan erstättas med avfall".
Lerindustrin nr. 1, 1978.
11. Finn Lynggaard:
"Keramisk håndbog" Clausen bøger, 19
12. Saechtling, Hansjürgen:
"Bauen mit Kunststoffen".
Carl Hanser Verlag, München 1973.
13. The Engineering Equipment users Association:
"The use of plastics materials in building".
E.E.U.A. Handbook No. 31: 1973, London 1973.

14. Neumann, Hans-Joachim:
 "Bitumen-Neue Erkenntnisse über Aufbau und
 Eigenschaften Erdöl und Kohle, Bd. 34,
 heft 8, august 1981, s. 336-342
15. Joensen, Marlo:
 "Malerfaget og dets materialer".
 Jul. Gjellerups Forlag, København 1939.
16. Koefod, Else:
 "Plast" Danmarks Ingeniørakademi, Materiallære, august 1973.
17. Johansen, Marius:
 Spånplader i byggeriet". Træ 26, Træbranchens Oplysningsråd.
18. Plast og brand:
 Nr. 1: "Almen orientering (1972)
 Nr. 2: "Plastrør" (1972)
 Nr. 3: "El-teknik" (1974)
 Nr. 4: "Celleplast" (1977)
 Nr. 5: "Bygningskomponenter" (1978)
 Nr. 6: "Forarbejdning og oplagring af plast" (1981)
 Nr. 7: "Plast i indbo" (1984)
 Plast-Sammenslutningen, København.
19. Hillersborg, Aage S.:
 "Nutidens bolig indeholder store mængder plast".
 Byggeindustrien nr. 12, 1987.
20. Johansen, Ebbe:
 "USA har fordoblet brugen af fliser på 5 år".
 Bygeorientering nr. 2, 1988.
21. Pietrzeniuk, H.-J.:
 "Political and governmental requirements for recycling of mineral and
 construction materials".
 Recycling International, Berlin 1986.
22. Heckötter, Christoph:
 "Processed building rubble to be used as unbound base course and pro-
 tective layer against freezing in road construction".
 Recycling International, Berlin 1986.
23. Schmidt, Hans-Jörgen: "Economy considerations in building material
 recycling". Recycling International, Berlin 1986.
24. Institut für gewerbliche Wasserwirtschaft und Luftreinhaltung e.V.:
 "Untersuchung von Bauschuttdeponien". Notat, Köln, 1988.
25. Landesamt für Wasser und Abfall, Nordrhein-Westfalen:
 "Untersuchung und Beurteilung von Abfällen",
 Dusseldorf, juni 1987.
26. Petzschmann, Eberhard:
 "On efficient recycling of materials used in building construction- device
 application, performance and costs".
 Recycling International, Berlin 1986, p. 1507-1512.

27. Offermann, Helmut:
 "Technical and economical requirements for the operation of a recycling plant for building rubble".
 Recycling International, Berlin 1986, p. 1513-1518.
28. Hiersche, Ernst-Ulrich og Leutner, Rolf:
 "Use and reuse of alternative building materials in road construction".
 Recycling International, Berlin 1986, p. 1573-1591.
29. Wobbe, Hubert og Hasenbrink, Heinrich:
 "Conception and first operation experience of a pilot plant for the recovery of cultivable soils and building aggregates from mainly noncombustible Wastes".
 Recycling International, EF-Verlag, Berlin 1986.
30. Poppy, Wolfgang:
 "Studies of Wear in building materials recycling plants".
 Recycling International, Berlin 1986.
31. Ravindrarajah, R. Sri:
 "Utilization of waste concrete for new construction".
 Recycling International, Berlin 1986.
32. Bland, M.G.:
 "Farvning af tegl".
 EuroClay nr. 6, 1978.
33. Dohmann, Max og Trankler, Josef:
 "Abwasser- und abfalltechnische Aspekte bei der Verwendung aufbereiteten Bauschutts".
 Forschungsberichte aus dem Fachbereich Bauwesen, 36, januar 1986.
 Universität-Gesamthochschule-Essen.
34. Kristensen, Kaare:
 "Murarbejde-, jord-, beton- og stenhuggerarbejde m.m.". Jul. Gjellerups Forlag - København 1923.
35. Kristensen, Kaare:
 "Tømrerarbejde". Jul. Gjellerups Forlag - København 1927.
36. Hansen, Oskar:
 "Almuefarver". Borgen 1982.
37. Suenson, E.:
 "Byggematerialer - metaller, træ, natrsten, lervarer, mørtler, beton, kunststen, glasfremstilling, egenskaber, anvendelse og prøvning".
 P.E. Bluhmes Boghandel, København 1911.
38. SBI-anvisning nr. 153.
 Asbestholdige materialer i bygninger.
 Statens Byggeforskningsinstitut, 1986.
39. Kjær, Ulla:
 Tilsætningsstoffer til beton.
 Beton- og Konstruktionsinstituttet, sept. 1982.
40. Beton ABC,
 Cementfabrikkernes tekniske Oplysningskontor, København 1944.

41. Cement og Beton, Aalborg Portland,
7. rev. udgave, august 1986.
42. Arsenault, R.D.:
CCA-Treated Wood Foundations. A study of permanence, effectiveness
durability and environmental consideration.
Proc. American Wood Preservers Association, 1975, p. 126-149.
43. Bergholm, J.:
CCA medlers effekt på mark och grundvatten.
Proceedings: Nordisk Seminarium om miljö och arbetarskyddsfrågor i
träimpregneringsindustrin. Arlanda 1985: Nordiska Träskyddsrådet.
44. Hoffmeyer, P.:
Wood Preservation in the Nordic Countries.
Presented to the Western European Institute
Annual Meeting, Norway 1986.
45. Anon.
Dansk Imprægneringsstatistik - 1986.
Dansk Imprægneringskontrol, Tåstrup, Denmark.
46. Møllerup, Jens:
Husbygningsmaterialer 1 og 2,
Jul. Gjellerups Forlag, København 1967.
47. Møllerup, Jens:
Byggevarer: Bygningsbase
Råhuset
Bygningskomplettering
Bygningsbeklædning
VVS-anlæg
El-anlæg

Nyt Nordisk Forlag, Arnold Busck,
København 1979.
48. Bygningsopgørelsen, 1. januar 1981,
Statistisk Tabelværk, Danmarks Statistik,
København 1982.

Registreringsblad

Udgiver: Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K

Serietitel, nr.: Miljøprojekt nr. 128

Udgivelsesår: 1990

Titel: Nedsivning fra byggeaffald

Undertitel: Undersøgelse af risiko for nedsivning af forurenende stoffer ved genbrug af byggeaffald

Forfatter(e):

Kim Christiansen, Bent Grell, Hanne Strunge

Udførende institution(er):

Miljøstyrelsen. Rådet vedr. genanvendelse og mindre forurenende teknologi (spons);
Teknologisk Institut

Resumé:

Undersøgelsen af byggematerialers sammensætning gennem tiderne sammenholdt med den foreløbige vurdering af de indgående delmaterialer, viser, at dele af bygningsaffaldet kan genanvendes uden miljømæssig risiko. Andre dele skal fjernes og deponeres på specialdepoter eller føres til affaldsforbrænding. For den sidste del af affaldet kræves der yderligere undersøgelser inden en endelig stillingtagen. Disse bør omfatte laboratorie- og fuldskalaforsøg, som tilstræbes at ligne virkeligheden mest muligt. Hermed fås konkrete resultater/værdier, som kan anvendes, når der skal tages højde for risici ved deponering af affald med kendt eller delvis kendt sammensætning.

Emneord:

byggeaffald; perkolat; sammensætning; genanvendelse; forbrænding; deponering; sortering

ISBN: 87-503-7887-2

ISSN: 0105-3094

Pris (inkl. moms): 95,-

Format: A4

Sideantal: 96

Md./år for redaktionens afslutning: februar 1989

Oplag: 1900

Andre oplysninger:

Tryk: Notex Grafisk Service Center as



Trykt på 100% genbrugspapir.

Nedsivning fra byggeaffald

Byggematerialers sammensætning gennem tiderne sammenholdt med den foreløbige vurdering af delmaterialer viser, at dele af byggeaffaldet kan genanvendes uden miljømæssig risiko. Andre dele skal fjernes og deponeres på specialdepoter eller føres til affaldsforbrænding. For den sidste del af affaldet kræves yderligere undersøgelser. Laboratorie- og fuldskalaforsøg bør være virkelighedstro for at opnå resultater/værdier, som kan anvendes, når der skal tages højde for risici ved deponering af affald.

Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

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

Pris kr. 95.- inkl. 22% moms

ISSN nr. 0105-3094
ISBN nr. 87-503-7887-2