

# Temadark #4

## Skadelige stoffer og problematisk affald

Byggematerialernes ressourcepotentiale er afhængig af forekomsten af skadelige stoffer i bygningsmaterialerne, og derfor skal skadelige og problematiske stoffer fjernes fra byggeriet, inden det bliver revet ned og materialerne bliver genbrugt, genanvendt eller nyttiggjort.

Hvilke skadelige stoffer findes i byggeriet?

Hvordan påvirker de skadelige stoffer kvaliteten af byggeaffaldet?  
Nu og i fremtiden?

# Skadelige stoffer og problematisk affald

## Farligt affald

Forskellige skadelige stoffer har været anvendt i byggematerialer gennem tiden. Disse skal kortlægges og håndteres, når bygninger rives ned, så de ikke udgør et problem i affaldsstrømmen, når ressourcerne genbruges, genanvendes eller nyttiggøres.

Skadelige stoffer i byggeaffaldet kan give anledning til, at affaldet skal klassificeres og håndteres som

farligt affald. Det betyder højere omkostninger for affaldshåndteringen og at ressourcerne i materialerne ofte ikke kan udnyttes, da farligt affald ofte håndteres ved forbrænding eller deponering.

Tabellen viser en mængdeopgørelse (tons) af farligt affald fra byggeri.

	2021	2020	2019
Beton, mursten, tegl og keramik indeholdende farlige stoffer	14.841	53.531	25.723
Glas, plast og træ, som indeholder eller er forurenet med farlige stoffer	69.426	75.015	31.902
Bitumenholdige blandinger, kultjære og tjærede produkter	14.841	53.531	25.723
Kabler indeholdende olie, kultjære eller andre farlige stoffer	187	158	298
Asbest og andet isolationsmateriale	6.347	15.586	19.454
Bygnings- og nedrivningsaffald indeholdende PCB	5.456	9.986	6.476
Andet farligt bygge- og anlægsaffald	18.203	24.096	31.241
<b>I alt farligt affald fra byggeriet (tons)</b>	<b>119.414</b>	<b>183.752</b>	<b>120.830</b>

**Table 1** Opgørelse af farligt affald fra byggeri og anlæg. Data er hentet fra affaldsstatistikken [1], som indeholder en række usikkerheder.

## Anvendelse af skadelige stoffer i byggeriet

Byggematerialernes ressourcepotentiale er afhængig af forekomsten af skadelige i byggeriet. Der er særligt i perioden 1950-1980 anvendt en del skadelige stoffer i byggeriet, som kan give udfordringer i forbindelse med genbrug/genanvendelse af materialerne fra disse bygninger.

Disse skadelige stoffer/stofgrupper findes i den danske bygningsmasse [2]:

- Arsen
- Asbest
- Bly
- Bromerede flammehæmmere (HBCDD eller HBCD, som står for hexabrom cyklododecan)
- Cadmium
- Klorparaffiner, kortkædede (SCCP)
- Kobber
- Krom
- Kulbrinter [C6-C36; alifatiske kulbrinter]
- Kviksølv
- Kølemidler [CFC, HCFC, HFC, som står for ClorFluorCarboner og HydroClorFluorCarboner og HydroFluorCarboner]
- Nikkel

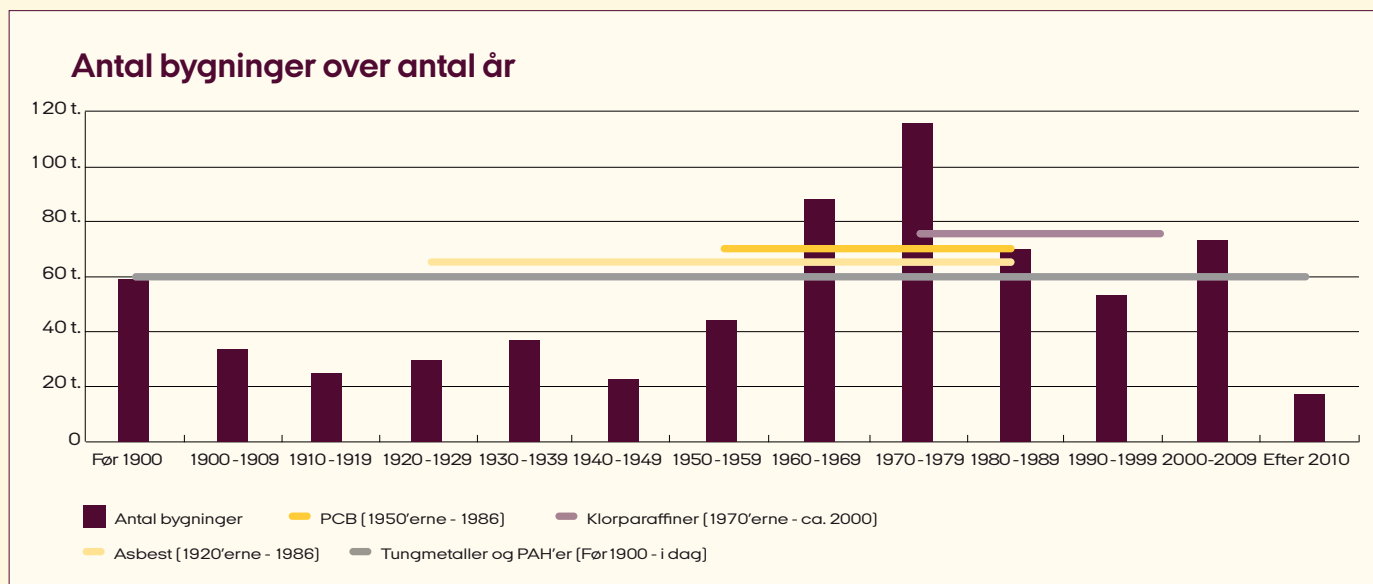
- PAH'er [polyaromatiske hydrocarboner]
- PCB'er [polychlorede biphenyler, omfatter 209 PCB-congenerer]
- PFAS
- Zink

Listen er ikke udtømmende, og der kan forekomme andre skadelige stoffer, som stammer fra særlige produkter eller anvendelser af byggeriet.

### Eksempel

VCØB har lavet et Leksikon for Miljøfarlige Stoffer i Byggematerialer, hvor du kan læse mere om de mest udbredte skadelige stoffer i byggeriet. Stofferne inddeles i tre hovedkategorier: Organiske, uorganiske og mineralske stoffer [3].

Der er forskel på i hvilke tidsperioder, de forskellige stoffer har fundet anvendelse. Mange af stofferne er blevet udfaset/forbudt og erstattet af alternativer. I nedenstående figur fremgår antal af opførte bygninger i bestemte opførelsesår sammen med, hvilke perioder, der har været anvendt skadelige stoffer i byggeriet.



Figur 1 Illustration af i hvilke perioder, der har været anvendt skadelige stoffer. Figuren er lavet af Teknologisk Institut, [2018].

## FOKUS PÅ

### Problematiske affaldsfraktioner:

**PVC-affald:** En stor del af den plast, der findes i byggeriet, består af hård PVC. Dette kan være rør, afløb, tagrender og lignende. PVC indeholder typisk bly. Ordningen WUPPI indsamler hård PVC, og de estimerer i en undersøgelse fra 2019, at der årligt genereres og indsamles 5.000 tons hård PVC fra bygge- og anlægsbranchen [4].

**Imprægneret træ:** Træ til udendørs anvendelse imprægneres ofte for at forlænge træets levetid. Tidligere blev der imprægneret med CCA-midler, som indeholder krom-, kobber- og arsensalte. Kreosot er også blevet anvendt som imprægneringsmiddel, dog primært til jernbanesveller, elmaster og marine formål [5]. Det er ikke længere tilladt at bruge hverken kreosot eller CCA-imprægneringsmidler, men

kreosot- og CCA-imprægneret træ findes stadig i affaldsstrømmen. Af affaldsstatistikken [1] fremgår det, at der bliver genereret omkring 60.000 tons imprægneret træ om året.

**Eternittagplader:** I den danske bygningsmasse er eternit en meget anvendt tagbeklædning. Tidligere indeholdt eternitplader asbest. Eternitplader med asbest skal deponeres, og i praksis bliver mange eternitplader uden asbest også deponeret pga. af usikkerhed om, hvorvidt de indeholder asbest. Af affaldsstatistikken [1] fremgår det, at der er omkring 100.000 tons asbestholdigt affald om året. Et groft estimat er, at halvdelen af det opgjorte asbestholdige affald består af eternitplader uden asbest. Der er nye praksisser under udvikling for at sikre, at asbestfri plader ikke længere deponeres. Mange steder starter man nu med at genanvende disse plader til fremstilling af ny beton eller som knust materiale [læs f.eks. her].

## Risikovurdering af skadelige stoffer

Skadelige stoffer er kemikalier, der udgør en risiko for det eksterne miljø gennem håndtering af bygge- og

anlægsaffald. Derudover kan de udgøre en risiko for arbejdsmiljøet eller for indeklimaet i bygningerne. I nedenstående figur ses en overordnet risikovurdering for de forskellige stoffer:

Vurdering i forhold til	Indeklima (i driftsfasen)	Ekstern Miljø (Potentielle udfordringer ved håndtering/bortskaffelse)	Arbejdsmiljø (Potentielle udfordringer ved nedrivning, renovering, oparbejdning)
Asbest	Grå	Grå	Grå
Bly	Grå	Grå	Grå
Cadmium	Grå	Grå	Grå
Krom	Grå	Grå	Grå
Kobber	Grå	Grå	Grå
Nikkel	Grå	Grå	Grå
Zink	Grå	Grå	Grå
Arsen	Grå	Grå	Grå
Kviksølv	Gul	Grå	Grå
Chlorparaffiner	Grå	Grå	Gul
PAH	Grå	Grå	Gul
CFC	Grå	Grå	Grå
HCFC	Grå	Grå	Grå
Kulbrinter	Gul	Grå	Gul
PCB	Grå	Grå	Grå
Bromerede flammehæmmer	Gul	Grå	Gul

**Table 2** Overordnet risikovurdering af de skadelige stoffer i byggeriet. Grå farve indikerer, at stoffet i en eller anden udstrækning udgør et problem. Gul farve indikerer, at stofferne udgør et mindre problem og/eller ikke er reguleret. Lilla farve indikerer, at der typisk ikke forventes problemer. Data stammer fra Materialeatlasset [6].

## Eksempel

### Materialeatlas

VCØB har udarbejdet et digitalt materialeatlas, der giver et overblik over muligheder for genbrug og genanvendelse af en række byggematerialer [7].

## FOKUS PÅ

### PCB

PCB er en persistent miljøgift, som er reguleret i EU-forordningen om POP-stoffer, og som ønskes destrueret. PCB kan fordampe til luften fra byggematerialerne, hvorefter det kan optages af øvrige materialer i bygningen. PCB kan ligeledes vandre

fra det oprindelige materialer ind i de tilstødende materialer.

PCB er anvendt i byggeriet i perioden fra 1950-1986 i f.eks. fuger, maling og kondensatorer i lysarmaturer.

Materiale/Udstyr	Tilbageværende mængde PCB i tons	% af samlet
Fugemasser omkring døre og vinduer	7-35	40 %
Fugemasser mellem andre bygningselementer	2-15	16 %
Maling	0,3-5	5 %
Gulvbelægninger	0,1-2	2 %
Termoruder	5-15	19 %
Kondensatorer i lysarmaturer	2-7	9 %
Sekundær og tertiær forekomst	0,7-7,5	8 %
<b>I alt</b>	<b>17-87</b>	

**Tabel 3** Tilbageværende mængde af PCB i bygninger i Danmark i 2013. Tabellen stammer fra en rapport fra 2013 [8].

## Eksempel

### PCB-værktøj til vurdering af indeklima for PCB

PCB giver en række begrænsninger i forhold til genanvendelse, da det ofte har forurenset en stor del af materialerne i bygningen. Derudover er der risiko for, at PCB fordampes fra genbrugsmaterialer til indeklimaet. Dette begrænser i praksis genbrug af byggematerialer med selv lave PCB-indhold.

Københavns Kommune har taget initiativ til at udvikle et værktøj med støtte fra Realdania, der kan udregne, hvordan materialerne vil påvirke indeklimaet. Udregningsværktøjet er et Excel regneark, der tager højde

for materialernes overfladeareal, afgangning af PCB, bygningens dimensioner og luftskifte. Man kan på den baggrund vurdere, om materialerne kan genbruges et nyt sted uden at give anledning til et usundt indeklima [9].

## FOKUS PÅ

### PFAS

PFAS (per- og polyfluoralkylstoffer) er en gruppe kemikalier, som er kendt for deres persistens i miljøet og potentielle sundhedsrisici. Disse stoffer er reguleret under EU's forordning om kemikalier, da de er meget resistente over for nedbrydning i naturen og kan akkumulere i mennesker og dyr.

PFAS anvendes i mange produkter på grund af deres vand-, fedt- og smudsafvisende egenskaber. De findes i alt fra non-stick køkkenudstyr og vandtæt tøj til brandskum og emballage.

I byggematerialer kan PFAS findes i produkter som maling, i forskellige gulvtyper som linoleum og vinyl, hvor de bidrager til materialernes holdbarhed og modstandsdygtighed over for fugt og snavs.

På nuværende tidspunkt er der ikke krav om at byggematerialer bliver testet for PFAS i forbindelse med nedrivninger og renoveringer, men det vil formentlig komme inden for en overskuelig årrække [10].

## FOKUS PÅ

### Asbest

#### Nye metoder til at behandle asbest foruden deponi

I oktober 2021 opfordrede Europa-Parlamentet til en 'europæisk strategi for fjernelse af al asbest' for at beskytte arbejdere og borgere mod sundhedsrisici relateret til asbesteksponering.

Der er i den forbindelse udarbejdet en rapport omhandlende affaldsbehandling af asbest og nye teknologier til behandling af asbestaffald.

EU ønsker at reducere deponering af bygge- og nedrivningsaffald der indeholder asbest og fremme teknologier, som kan nedbryde asbestfibrene, og dermed muliggør genbrug, forberedelse til genbrug og genanvendelse. Dette understøtter, at behandling af asbestaffald sker i overensstemmelse med affaldshierarkiet, som fastsat i affaldsrammedirektivet [11]. Det forventes, at mængden af nedrivningsaffald, der indeholder asbest, vil stige i de kommende år, i takt med, at flere ældre bygninger renoveres (såkaldt "renovation wave").

## Kortlægning og miljøsanering af bygninger inden nedrivning

Kortlægning af skadelige stoffer i bygninger og den efterfølgende miljøsanering, hvor skadelige stoffer fjernes fra byggeriet inden nedrivning, er en væsentlig del af selektiv nedrivning. Begge dele er essentielle for at øge ressourcepotentialer i affaldet.

Der findes en række forskellige teknologier og løsninger til fjernelse af skadelige stoffer i bygninger [12]. Alt afhængig af hvilke skadelige stoffer, der skal fjernes, og hvilket materiale de skal fjernes fra, er der forskellige metoder. Der er eksempelvis prakti-

ske metoder som nedtagning, behugning, slibning, skæring og fræsning af overflader, ligesom der er mere teknologi-tunge metoder som blæserensning af overflader, f.eks. sandblæsning, kemisk rensning og termisk rensning. Et udviklingspunkt for disse metoder er at gøre dem mere automatiske, eksempelvis sandblæsning ved hjælp af robotteknologi [13] og mere målrettede og energibesparende, eksempelvis termisk rensning af PCB ved brug af fleksible varmemåtter [14]. Automatiserede metoder til fjernelse af skadelige stoffer kan også være med til at forbedre arbejdsmiljøet under miljøsaneringsfasen, som ofte består af gentagende, tungt og støvende arbejde.

## VÆR OPMÆRKSOM PÅ

### Det er ikke altid muligt at fjerne de skadelige stoffer fra byggematerialerne.

Skadelige stoffer kan forekomme som:

- en fast del af byggematerialet, som ikke umiddelbart kan fjernes. F.eks. asbest i tagplader.
- en separat del af byggematerialet, som er vanskelig at fjerne. F.eks. blyholdig glaserings på fliser.
- et påført materiale sammen med byggematerialet, som skal separeres fra byggematerialet ved afrensning. F.eks. maling med indhold af tungmetaller og PCB.

Et eksempel er fjernelse af maling, som ofte indeholder skadelige stoffer, og dermed skal fjernes fra bygningen inden nedrivning. Den mest anvendte metode til dette er sandblæsning. Ulempen ved denne metode er, at den arbejdsmiljømæssigt består af meget støvende og tungt arbejde. Derudover bliver det sand, der anvendes, forurenet. Der findes ikke nogen officielle tal for hvor mange tons sand, der via sandblæsning bliver forurenet og deponeret, men Teknologisk Instituts bedste bud, baseret på overslag er omkring 40.000 tons.

## Fortidens synder skal forhindres i fremtiden

Når der udvikles nye byggematerialer, skal der fokuseres på at undgå uønskede og problematiske stoffer. Dette skal man bl.a. for at undgå at gentage "fortidens synder" med asbest og PCB.

Kemikalielovgivningen er kompleks, og det er en vedvarende opgave at sikre, at kemiske stoffer anvendes korrekt, ligesom viden om stoffernes farlighed ændrer sig over tid.

Der bliver kontinuerligt optaget flere og flere kemiske stoffer på EU's liste over godkendelsespligtige stoffer, som er listen over de stoffer EU begrænser brug og salg af (REACH). Derudover har EU også løbende revision af klassificeringer af kemiske stoffer, så et stof kan over tid ændre den iboende farlighed.

Redskaber, der sikrer, at oplysninger om de problematiske stoffer bliver registreret i hele værdikæden kan repræsentere en mulig løsning til denne udfordring. Der er f.eks. udviklet et frivilligt materialepas for jomfruelige materialer (DCMP - Digital construction material passport) og et materialepas for genbrugsmaterialer er ligeledes ved at blive udviklet.

I Danmark, har der derudover i mange år været 'Listen over uønskede stoffer', der fungerede som den danske rettesnor over, hvilke stoffer Danmark har særligt fokus på at udfase. Listen var en dansk liste, der rakte udover den europæiske liste, og den var alene vejledende [15].

## Opsummering

### Hvilke skadelige stoffer findes i byggeriet?

Der findes en række skadelige stoffer i byggeriet, der kan gøre affaldshåndteringen problematisk, og som kan sænke ressourcepotentialet af affaldet. Centrale stoffer, som bygninger skal undersøges for inden de bliver revet ned, er PCB, asbest, tungmetaller, klorparaffiner og PAH'er. Andre stoffer såsom PFAS har også for nyligt fået stor opmærksomhed, men er ikke reguleret endnu.

### Hvordan påvirker de skadelige stoffer kvaliteten af byggeaffaldet? Nu og i fremtiden?

De skadelige stoffer, der har været brugt i fortiden, påvirker kvaliteten af byggeaffaldet negativt, og derfor skal de fjernes inden bygningen rives ned. Dette er et bærende princip i dansk lovgivning. Det er dog ikke altid muligt at fjerne skadelige stoffer helt. Et eksempel er eternitplader med asbest, hvor hele tagpladen skal deponeres.

I produktion af nye byggematerialer er det derfor vigtigt at være opmærksom på brug af kemikalier. Brugen af kemikalier reguleres af en kompleks europæisk lovgivning, og der kommer løbende ny viden om stoffernes farlighed. En registrering af hvilke kemikalier, der anvendes i et byggemateriale, kan derfor hjælpe med at holde styr på hvilke kemikalier, der er anvendt, ligesom registreringen vil sætte fokus på brug af skadelige stoffer hos producenten, så de kan udfases.

## Manglende viden

- Der mangler opgørelser, der giver et samlet overblik over hvor meget og hvor der findes asbest, PCB og andre skadelige stoffer i byggeriet.
- Der mangler ligeledes effektive og automatiserede teknologier til at fjerne skadelige stoffer fra materialerne.
- Der mangler nationale grænseværdier/retningslinjer på hvor mange problematiske stoffer der må være i materialer, der bliver direkte genbrugt.



## REFERENCER

- [1] Miljøstyrelsen, Affaldsstatistik 2021, 2023. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2023/10/978-87-7038-566-4.pdf>.
- [2] L. Dalvang, R.J. Lyng, M.P. Hansen, P. Aufeldt, Anbefalinger til screening og kortlægning af bygge- og anlægsaffald, 2024. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2024/05/978-87-7038-618-0.pdf>.
- [3] VCØB, Leksikon for Miljøfarlige Stoffer i Byggematerialer, [2020]. <https://vcob.dk/vcob/nedrivning/hvad-er-byggeaffald/problematiske-stoffer/> [accessed May 14, 2024].
- [4] B.K. Ryts, D. McKinnon, S.E. Danielsson, I. Damsgaard, J.S. Madsen, V. Hundevad, L.S. Andersen, Analyse af nationale plaststrømme i landbrug, hotel- og restaurationsbranchen og bygge- og anlægsbranchen, 2019. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2019/05/978-87-7038-070-6.pdf>.
- [5] Henriksen, T.M. Venås, N. Morsing, Livscyklusvurdering af behandling af imprægneret træaffald, 2017. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2017/05/978-87-93529-96-0.pdf>.
- [6] A. Oberender, S. Butera, Materialeatlas, 2016. <https://issuu.com/www.innobyg.dk/docs/materialeatlas>.
- [7] VCØB, Materialeatlas, [2020]. <https://vcob.dk/vcob/cirkulaert-byggeri/byggevarer/materialeatlas/> [accessed May 14, 2024].
- [8] M. Langeland, M.K. Jensen, Kortlægning af PCB i materialer og indeluft. Samlet rapport, 2013. [https://www.sbst.dk/Media/638206863989327507/Kortlægning af PCB i materialer og indeluft.pdf](https://www.sbst.dk/Media/638206863989327507/Kortlægning%20af%20PCB%20i%20materialer%20og%20indeluft.pdf).
- [9] Københavns Kommune, PCB-udregningsværktøj, [n.d.]. <https://byk.kk.dk/for-leverandoerer/pcb-udregningsvaerktoej> [accessed May 14, 2024].
- [10] C.N. Thomsen, R.G. Midtiby, S. Qvist, Undersøgelse af PFAS i byggeaffald, 2024. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2024/02/978-87-7038-593-0.pdf>.
- [11] R. Akelytè, F. Chiabrandò, M. Camboni, C. Ledda, D. Vencovsky, S. Butera, O. Dünger, Study on Asbestos Waste Management Practices and Treatment Technologies, 2024. <https://doi.org/10.2779/251640>.
- [12] K. Birkemark Olsen, M. Nerum Olesen, Metoder til fjernelse af miljøproblematiske stoffer - Udredning af teknologier til identifikation og fjernelse af miljøproblematiske stoffer og materialer fra bygninger til nedrivning eller renovering, 2015. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2015/03/978-87-93283-86-2.pdf>.
- [13] U. Andersen, Robotter skal fjerne farlig maling, Ingeniøren [2018]. <https://ing.dk/artikel/robotter-skal-fjerne-farlig-maling> [accessed May 14, 2024].
- [14] S. Butera, R. Østergaard Haven, L. Dalvang, J. Natorp, R. Krag, M.P. Hansen, FLEX PCB – Fleksibel PCB-sa-nering i byggeri, 2020. [https://www.innobyg.dk/media/76204/rapport\\_flex-pcb-master\\_final.pdf](https://www.innobyg.dk/media/76204/rapport_flex-pcb-master_final.pdf).
- [15] Miljøstyrelsen, Liste over Uønskede Stoffer [LOUS], Hist. Databaser Og List. [n.d.]. <https://mst.dk/erhverv/sikker-kemi/kemikalier/stoflister-og-databaser/links-til-andre-stoflister-og-databaser/historiske-databaser-og-lister> [accessed May 14, 2024].