



Identifikation af problematiske stoffer i overfladebehandlet tegl og beton, fiberarmeret cement og beton samt klinker og sanitet

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Ole Hjelm, Danish Waste Solution ApS
Thomas Hougaard, Golder Associates A/S
Jette Bjerre Hansen, DAKOFA
Jiri Hyks, Danish Waste Solution ApS
Niels Trap, Golder Associates A/S

Fotos:

Ole Hjelm, Danish Waste Solution ApS
Thomas Hougaard, Golder Associates A/S

ISBN: 978-87-7038-168-0

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Forord	5
Forkortelser og akronymer	6
Sammenfatning, konklusioner og anbefalinger	7
Summary, conclusions and recommendations	9
1. Indledning	11
1.1 Baggrund	11
1.2 Formål	12
2. Generel beskrivelse af materialerne	13
2.1 Oversigt	13
2.2 Beton	14
2.2.1 Generelt	14
2.2.2 Overfladebehandlet beton og fibercement	14
2.2.3 Fiberbeton eller fiberarmeret beton	15
2.3 Keramik	15
2.3.1 Tegl/overfladebehandlet tegl	15
2.3.2 Stentøj	16
2.3.3 Porcelæn	17
2.3.4 Glaseret keramik	17
2.4 Produkter til overfladebehandling af tegl, beton og eternittagplader	17
2.4.1 Overfladebehandling af tegl	17
2.4.2 Overfladebehandling af beton, fiberbeton og fibercement	18
2.5 Fibre i fiberarmeret beton og fibercement	18
3. Information om relevante miljøproblematiske stoffer i materialerne	19
3.1 Definition af "miljøproblematiske stoffer"	19
3.2 Fremgangsmåde ved identifikation af stoffer	19
3.3 Potentielt miljøproblematiske indholdsstoffer tilført ved direkte og indirekte overfladebehandling af beton og fibercement	21
3.4 Potentielt miljøproblematiske indholdsstoffer i fiberbeton og fibercement	25
3.5 Potentielt miljøproblematiske indholdsstoffer i keramik og glasur på keramik, herunder også tegl og sanitet	26
3.6 Håndtering af data	27
4. Vurdering af risiko for uacceptabel spredning af problematiske stoffer i miljøet	29
4.1 Organiske stoffer som kan være anvendt direkte eller indirekte til overfladebehandling af beton, fiberarmeret beton og/eller fibercement	29
4.2 Uorganiske indholdsstoffer, som kan indgå i keramik og glasur på keramik, herunder også tegl og sanitet	32
4.2.1 Metodik ved miljømæssig vurdering af mere omfattende datasæt for indhold og udvaskning af uorganiske stoffer	32

4.2.2	Sammenligning med grænseværdier i restproduktbekendtgørelsen	33
4.2.3	Vurdering ved hjælp af scenarieberegninger for knust beton og tegl	34
5.	Konklusioner og anbefalinger	37
6.	Referencer	38
Bilag 1.	Data for indhold og udvaskning af stoffer i klinker og sanitet	40
Bilag 2.	Liste over stoffer tilsat beton i forbindelse med underjordiske støbninger	43
Bilag 3.	Sorterede stofdata for organiske stoffer	47
Bilag 4.	CAS-numre for de organiske stoffer	49
Bilag 5.	Eksempler på spredning af data fra forskellige kilder	50

Bilag 1:	Data for indhold og udvaskning af stoffer i klinker og sanitet
Bilag 2:	Liste over stoffer tilsat beton i forbindelse med underjordiske støbninger
Bilag 3:	Sorterede stofdata for organiske stoffer
Bilag 4:	CAS-numre for de organiske stoffer
Bilag 5:	Eksempler på spredning af data fra forskellige kilder

Forord

Miljøstyrelsen har fået gennemført et projekt, der skal belyse hvilke problematiske stoffer, der kan forekomme i overfladebehandlet tegl og beton, i fiberarmeret beton, samt i klinker og sanitet. Endvidere skal det vurderes, om genanvendelse af disse materialer på nedknust form kan give anledning til spredning af problematiske stoffer i miljøet. Projektet er udført af Danish Waste Solutions ApS i samarbejde med Golder Associates A/S og Jette Bjerre Hansen, DAKOFA.

Projektet, der er gennemført i perioden ultimo april 2019 til ultimo august 2019, har haft en styregruppe bestående af følgende:

Cecilie Østerskov Madsen, Cirkulær Økonomi & Affald, Miljøstyrelsen (formand)
Lene Gravesen, Cirkulær Økonomi & Affald, Miljøstyrelsen (til 22. maj 2019)
Charlotte Moosdorf, Cirkulær Økonomi & Affald, Miljøstyrelsen
Marie Førby, Cirkulær Økonomi & Affald, Miljøstyrelsen
Ole Hjelmar, Danish Waste Solutions ApS (projektleder)
Thomas Hougaard, Golder Associates A/S

Til projektet har der desuden været knyttet en følgegruppe med følgende deltagere:

Cecilie Østerskov Madsen, Cirkulær Økonomi & Affald, Miljøstyrelsen (formand)
Lene Gravesen, Cirkulær Økonomi & Affald, Miljøstyrelsen (til 22. maj 2019)
Marie Førby, Cirkulær Økonomi & Affald, Miljøstyrelsen
Peter Bech, Etex Nordic
Walter Brusch, Dansk Naturfredningsforening
Jonny Christensen, Københavns Kommune
Gunvor Marie Kirkelund, DTU BYG
André Koefod, Københavns Kommune
Anne Rosenkilde Lajer, Dansk Byggeri
Karsten Ludvigsen, Norrecco A/S
Pernille Nyegaard, Dansk Beton
Gitte Krusholm Nielsen, Danske Tegl
Nikoline Loklindt Petersen, Meldgaard Miljø A/S
Thilde Fruergaard Astrup, Teknologisk Institut
Jette Bjerre Hansen, DAKOFA
Thomas Hougaard, Golder Associates A/S
Ole Hjelmar, Danish Waste Solutions ApS

Miljøstyrelsen og projektteamet vil gerne takke medlemmerne af følgegruppen for deres deltagelse og for værdifulde oplysninger og gode diskussioner.

Forkortelser og akronymer

Forkortelse/akronym	Betydning
BIT	Benzisothiazolinon (CAS: 2634-33-5)
CIT/CMIT	5-Chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-on (CAS: 26172-55-4)
DCOIT	Dichlorooctylisothiazolinon (CAS: 64359-81-5)
Kd	Fordelingskoefficient for et stof mellem jord og vand i ligevægt med jorden
Koc	Fordelingskoefficient mellem organisk kulstof og vand
Kow	Fordelingskoefficient mellem n-oktanol og vand
MIT	Methylisothiazolinon (CAS: 2682-20-4)
ng	nanogram = 10^{-9} gram
OIT	2-Octyl-2H-isothiazol-3-on (CAS: 26530-20-1)
PNEC	Predicted No Effect Concentration
ppm	Parts per million (svarer til mg/kg)

Sammenfatning, konklusioner og anbefalinger

Der er gennemført et udredningsprojekt med det overordnede formål at identificere hvilke potentielt miljøproblematiske stoffer, der kan være til stede i produkter, som *i forbindelse med fabrikationen* anvendes/har været anvendt til overfladebehandling af tegl, beton og fibercement, herunder eternittagplader. Samtidig har det været formålet at klarlægge, hvilke problematiske stoffer der kan være til stede i fibre, der benyttes til armering af beton og fibercement, herunder tagplader, samt i klinker og sanitet. Det har på baggrund af de indhentede oplysninger været hensigten så vidt muligt at vurdere, om der kan ske en uacceptabel spredning af problematiske stoffer fra de ovennævnte materialer, hvis de nyttiggøres i bygge- og anlægsprojekter på nedknust form.

Det har kun i ringe grad været muligt at fremskaffe konkrete informationer om identitet, mængder eller udvaskning af stoffer, der bliver eller er blevet påført eller iblandet beton, fibercement, og fiberarmeret beton fra producenternes side med henblik på direkte eller indirekte beskyttelse af produkternes overflade. Næsten alle projektets informationer er derfor tilvejebragt gennem litteraturundersøgelser/-søgninger af hvilke stoffer, som eventuelt vil kunne forekomme i eller på overfladen af disse produkter. Der er indhentet data fra såvel udenlandske undersøgelser som fra flere nyere Miljøstyrelsesprojekter, der alle primært var fokuseret på biocider. Disse fungerer ofte som konserveringsmidler, der tilsættes maling eller tilsætningsmidler, men de har egentlig ikke nogen funktion, efter at malingen er påført eller tilsætningsmidlerne er tilført betonen eller cementen. I nogle lande tilsættes biociderne betonen for at disse i brugsfasen kan diffundere ud gennem overfladen, som derved beskyttes mod vækst af alger, svampe mv. For klinker og sanitets vedkommende kunne der hentes nyttige informationer om sammensætning og stofudvaskning for en enkelt prøve fra det tidligere udførte Miljøprojekt 414/1998.

Via litteraturen er der således indsamlet en liste på knap 30 organiske stoffer, som næsten alle er biocider, og som teoretisk vil kunne være tilsat overfladerne eller grundmassen/fibrene af beton, fibercement inklusive eternittagplader eller fiberarmeret beton. Listen er formentlig langt fra fuldstændig. Stofferne er rangordnet efter forholdet mellem vandopløselighed og PNEC (Predicted No Effect Concentration). Høj vandopløselighed øger risikoen for udvaskning og spredning, og lav PNEC er et udtryk for stor toksicitet. Stoffer med høje værdier af forholdet mellem vandopløselighed og PNEC må derfor i forbindelse med nyttiggørelse af materialerne på nedknust form som aggregater forventes at være de miljømæssigt mest kritiske stoffer i forhold til spredning i jord og grundvand (og overfladevand). Det forudsætter selvfølgelig, at stofferne også findes i de produkter, som anvendes på det danske marked, hvilket bør undersøges nærmere. Det bemærkes, at der mangler oplysninger vedrørende vandopløselighed og/eller PNEC for nogle af de identificerede stoffer. Blandt de 15 stoffer med de højeste forhold mellem vandopløselighed og PNEC findes 5 isothiazolinoner: CIT/CMIT, MIT, BIT, DCOIT og OIT.

Glasur på keramik kan indeholde en lang række grundstoffer, herunder Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Pr, Se, Sn, V, Zn og Zr. Der er i en enkelt undersøgelse fra udlandet konstateret betydeligt indhold af Cd og Pb i glasur anvendt på glasemballage til drikkevarer (ikke stentøj og porcelæn). Der er endvidere fundet ét sæt data, som vedrører sammensætning og udvaskning af uorganiske stoffer fra en enkelt prøve af affald domineret af stentøj og porcelæn/sanitet. Det har muliggjort en sammenligning med udvaskningskriterierne i Restproduktbekendtgørelsen

baseret på udvaskningsdata for As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn og klorid. Ved sammenligning blev det fundet at udvaskningen af Cr, Cu og Pb overskred kriterierne for Kategori 1+2, mens alle stofferne overholdt udvaskningskriterierne for Kategori 3 (dog manglede der data for Ba, Hg og Se).

De samme udvaskningsdata for prøven med klinker og sanitet blev som illustration af en metode for risikovurdering vurderet i forhold til de anvendelsesscenarier for veje, pladser, dæmnings mv., som i Miljøprojekt 2050/2018 blev anvendt til at vurdere risikoen for nedstrøms grundvand og overfladevand ved nyttiggørelse af nedknust beton og tegl. Resultaterne indikerede, at det nedknuste stentøj (klinker og fliser) og porcelæn (sanitet) på det foreliggende grundlag (hvor der manglede en del stoffer set i forhold til de anvendte datasæt for knust beton og tegl) tilsyneladende uden risiko for en uacceptabel spredning af problematiske stoffer ville kunne anvendes som beskrevet i de fleste af de 21 undersøgte scenarier (herunder vejbygningsscenarier). Kun for scenarier med stor fyldhøjde eller stort areal og uhindret infiltration af nedbør på 350 mm/år, ville kvalitetskravene i grundvand og overfladevand ikke være opfyldt. Det skal dog understreges, at der blot var tale om én prøve af affald domineret af klinker og sanitet, og at den ikke kan antages at være repræsentativ for denne affaldsfraktion i dag.

Der er således tilvejebragt en oversigt over en række organiske stoffer, primært biocider, som teoretisk set kan være til stede eller have været til stede i direkte eller indirekte overfladebehandlet beton og fibercement, herunder eternittagplader samt i fiberarmeret beton og fibercement. Men det er kun i meget begrænset omfang lykkedes at få konkrete informationer om, hvor store mængder af disse (eller andre) stoffer, der rent faktisk er tilsat eller er til stede i disse materialer. For stentøj og porcelæn foreligger der anvendelige data, men kun for én prøve, og det anvendte analyseprogram var begrænset.

Hvis man ønsker at vide, om der rent faktisk vil kunne ske en uacceptabel spredning af miljømæssigt problematiske stoffer fra de materialer, som har været omfattet af nærværende projekt, må det anbefales, at der gennemføres en egentlig undersøgelse af dette. Et antal prøver af disse materialer bør udtages og underkastes kemiske analyser og udvaskningstests. Analyseprogrammet for faststof og/eller eluater fra stofudvaskning bør for alle materialer omfatte uorganiske stoffer og TOC/DOC af samme omfang som i Miljøprojekt 2050/2018, mens prøver af faststof og/eller eluater for overfladebehandlet og ikke-overfladebehandlet beton og fibercement samt prøver af fiberarmeret beton og keramik bør analyseres for et udvalg af de i dette projekt identificerede potentielt problematiske organiske stoffer. I den sammenhæng vil den opstillede rangorden kunne bidrage til prioriteringen af stoffer, der skal indgå i undersøgelsesprogrammet.

Summary, conclusions and recommendations

A study based on existing literature and available information has been conducted with the overall objective to determine which potentially environmentally problematic substances may be present in products which, at the production site, are or have been used for surface treatment of clay tiles and bricks, concrete and fibre cement and which problematic substances may be present in fibres used for reinforcement of concrete and fibre cement, including fibre cement roofing sheets, and in ceramic tiles and sanitary porcelain. Based on the information collected it has been the intent to assess, to the extent possible, whether there is a risk of an unacceptable release and impact of problematic substances from the above-mentioned materials if they are crushed and utilised as unbound aggregates for construction purposes.

It has been difficult to procure useful, concrete information about the identity, amounts or properties of substances that are or have been applied to the surface of concrete, fibre cement, including eternit fibre cement roofing sheets, and fibre reinforced concrete (or added as admixtures) by the producer at the factory in order to decorate or directly or indirectly protect the surfaces of the products. Instead, a literature search for potentially problematic substances which could occur in or on the surface of such products produced useful data from international studies as well as from some recent studies funded by the Danish Environmental Protection Agency (DEPA), which all primarily were focused on biocides, which are added to paint or additives to prevent biological degradation of the paint and additives. After the paint has been applied to the surface or the additives have been added, the biocides may still be active, but not really needed any more. In some countries, biocides are admixed with the concrete in order to diffuse through the surface of the concrete during its service life to protect it against algae, fungus, etc. For ceramic tiles and sanitary porcelain, a study from the 1990s provided some useful information on content and leachability, albeit based on a single sample.

The literature search resulted in a list of approximately 30 organic substances, nearly all biocides, which theoretically may have been applied to the surface or the matrix/fibres of concrete, fibre cement, including eternit fibre cement roofing sheets, or fibre reinforced concrete. Most likely, the list is not complete. The substances have been ranked according to the ratio between water solubility and PNEC (Predicted No Effect Concentration). High water solubility indicates a high risk of release and subsequent spreading in soil, groundwater and surface water, and a low PNEC is an indication of high toxicity. Thus substances with high values of the ratio between water solubility and PNEC can be expected to be the most critical substances in relation to unacceptable release and spreading, if they are present in a material which is utilised for construction purposes as unbound aggregates. It is interesting to note that 5 isothiazolinones (CIT/CMIT, MIT BIT, DCOIT and OIT) are among the 15 substances with the highest water solubility/PNEC ratio.

Enamel or glazing on stoneware or porcelain may contain a number of elements, including Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Pr, Se, Sn, V, Zn and Zr. A substantial content of Cd and Pb has been measured in enamel applied to glass bottles (not stoneware and porcelain). The dataset on content and leaching of inorganic substances from a sample of waste dominated by ceramic tiles and sanitary porcelain has enabled a direct comparison of the leaching results with leaching criteria in the Danish Statutory Order, which regulates the use of residual waste products for construction purposes (but currently does not include ceramic tiles and sanitary porcelain). The comparison indicated that tested sample most likely would comply with the criteria

for use of the material in Category 3, which includes application in roads with asphalt cover and a maximum thickness of all layers of 1 m.

As an illustration of a risk assessment methodology which has previously been used to assess the impact of various utilisation scenarios (roads, squares, noise barriers, etc.) on downstream groundwater quality for crushed concrete and tiles (Miljøprojekt nr. 2050/2018), this method was applied to the leaching results at $L/S = 2 \text{ l/kg}$ for sample of ceramic tiles and sanitary porcelain. The results indicated the based on the leaching results (which was not as comprehensive with respect to the range of parameters tested as that used for the crushed concrete and tiles) the material could be used in most of the 21 scenarios assessed, including a number of road construction scenarios. Only for scenarios with thick layers or covering large areas and/or with unrestrained infiltration of precipitation (350 mm/year) would the impact on downstream groundwater quality be unacceptable. It should, however, be emphasized that these results originated from one single sample, albeit tested in triplo, and they cannot be generalized to represent the fraction of ceramic tiles and sanitary porcelain of today.

The study has thus resulted in an overview of a number of organic substances, primarily biocides, which theoretically may or may not be present in concrete, fibre cement, including eternit fibre cement roofing sheets, subjected to direct or indirect surface treatment, and in fibre reinforced concrete and fibre cement. But only to a very limited extent has it been possible to obtain specific information on the amounts of these (or other) substances which have been applied or are present in these materials. Good data on content and leaching of inorganic substances in ceramic tiles and sanitary porcelain are available, but only for one sample and for a limited range of substances.

If it is desired to know whether there is an actual risk of an unacceptable release and spreading of environmentally problematic substance for the materials included in this study, if they are utilised as aggregates for construction purposes, it is recommended to carry out an experimental project to investigate if this is the case. A number of samples of these materials should then be collected and subjected to chemical analysis and leaching tests. The analytical programme for the solid materials and eluates from leaching tests should include the same range of inorganic substances and TOC/DOC as those included in the previous study on crushed concrete and tiles (Miljøprojekt nr. 1991/2018). Solid samples of surface-treated and not treated concrete, fibre cement as well as fibre reinforced concrete, ceramic tiles and sanitary porcelain, and eluates from leaching tests from these materials, should be analysed for a selection of the potentially problematic organic substances identified in this study. In this context the ranking of the organic substances may possibly be useful when selecting the organic substances to be included in the analytical programme.

1. Indledning

1.1 Baggrund

Det fremgår af Handlingsplan for håndtering af PCB i bygninger, som regeringen publicerede i 2011, og af Miljøstyrelsens Ressourceplan for affaldshåndtering 2013 – 2018, at der sigtes efter en bedre kvalitet i genanvendelsen af bygge- og anlægsaffald blandt andet ved at begrænse uacceptabel spredning af problematiske stoffer i miljøet samtidig med, at en høj genanvendelsesprocent bliver opretholdt.

Det fremgår endvidere, at der skal gennemføres en faglig udredning om farlige stoffer i bygge- og anlægsaffald med henblik på at etablere det faglige grundlag for håndtering/regulering af materialenyttiggørelse af bygge- og anlægsaffald.

Der er med baggrund i dette gennemført en række projekter, som belyser indhold og udvaskning af problematiske stoffer i asfalt, beton og tegl:

- Miljøprojekt 1576/2014: Forundersøgelse: Farlige stoffer i asfalt og spredning af disse ved anvendelse af opbrudt asfalt,
- Miljøprojekt 1731/2015: Spredning af problematiske stoffer ved materialenyttiggørelse af asfalt til vejbygningsformål,
- Miljøprojekt 1806/2015: Forurenende stoffer i beton og tegl.
- Miljøprojekt 1991/2018: Forekomst og udvaskning af problematiske stoffer i knust beton og tegl
- Miljøprojekt 2550/2018: Modellering af udvaskning af problematiske stoffer fra beton og tegl

Disse projekter har alene haft fokus på problematiske stoffer, som indgår i selve materialerne, f.eks. som følge af, at cement og beton har været tilsat restprodukter med indhold af problematiske stoffer eller additiver, eller som følge af, at PCB er vandret fra fuger mv. ind i beton eller tegl.

I affaldsrammedirektivet er der fastlagt et krav om, at 70 % af bygge- og anlægsaffaldet skal nyttiggøres inden 2020. Dette mål har i mange år været opfyldt i Danmark. I 2015 blev ca. 85 % af bygge- og anlægsaffaldet i Danmark nyttiggjort. Dette skyldes især, at mere end 95 % af beton og tegl fra renoveringer og nedrivning i Danmark nyttiggøres. Det vurderes, at langt den overvejende del af beton og tegl nedknuses og anvendes som erstatning for sand, grus eller sten i anlægsarbejder som stier, veje, parkeringspladser og støjvolde.

Efter gældende regler om nyttiggørelse af nedknust beton og tegl i bygge- og anlægsprojekter, jf. Restproduktbekendtgørelsen (BEK 1672/2016), må disse materialer ikke indeholde rester af bl.a. overfladebehandling, som f.eks. maling, med mindre det med en høj grad af sikkerhed kan lægges til grund, at anvendelsen af affaldet ikke kan have skadelig virkning på miljøet eller menneskers sundhed. Hvis ikke det kan godtgøres, forudsætter nyttiggørelsen en konkret tilladelse/godkendelse efter miljøbeskyttelsesloven.

Restproduktbekendtgørelsen giver ikke mulighed for at nyttiggøre klinker og sanitet, hvilket indebærer, at disse materialer skal udsorteres inden nyttiggørelsen af nedknust beton og tegl, eller at nyttiggørelsen sker på grundlag af en konkret tilladelse/godkendelse efter miljøbeskyttelsesloven.

Endelig kan fibre, som anvendes til armering af beton og fibercement, herunder tagplader, indeholde problematiske stoffer, og det er for nærværende ikke afklaret, om der kan ske en uacceptabel spredning af disse stoffer i miljøet i forbindelse med nyttiggørelse af nedknust fiberarmeret beton i bygge- og anlægsarbejder.

På denne baggrund har Miljøstyrelsen ønsket at få belyst hvilke problematiske stoffer, der kan forekomme i overfladebehandlet tegl, beton og fibercement (herunder eternittagplader), i fiberarmeret beton/fibercement (herunder eternittagplader), samt i klinker og sanitet. Det ønskes endvidere belyst, om nyttiggørelse af disse produkter på nedknust form i bygge- og anlægsarbejder kan medføre en uacceptabel spredning af problematiske stoffer i miljøet. En faglig afklaring af disse spørgsmål kan føre til ændring af restproduktbekendtgørelsen for så vidt angår nyttiggørelse af disse typer affald. Miljøstyrelsen har derfor igangsat dette projekt, som i videst mulige omfang skal tilvejebringe en sådan faglig afklaring.

1.2 Formål

Projektets overordnede formål er at identificere hvilke problematiske stoffer, der kan være til stede i produkter, som *i forbindelse med fabrikationen* anvendes/har været anvendt til overfladebehandling af tegl, beton og fibercement, herunder eternittagplader, og hvilke problematiske stoffer der kan være til stede i fibre, der benyttes til armering af beton og fibercement, herunder tagplader, samt i klinker og sanitet. Det skal endvidere belyses, hvilke koncentrationer, de problematiske stoffer typisk vil forekomme i.

Det skal på baggrund af de indhentede oplysninger, så vidt muligt, vurderes, om der ved nyttiggørelse af de ovennævnte materialer på nedknust form i bygge- og anlægsprojekter kan ske en uacceptabel spredning af problematiske stoffer.

2. Generel beskrivelse af materialerne

2.1 Oversigt

Undersøgelsen omfatter tre grupper af bygge- og anlægsaffald:

A: Tegl, beton og eternittagplader, som er overfladebehandlet (fra fabrikantens side). Der er bl.a. tale om betonelementer, betonfliser, mursten, tagsten, ældre samlebrønde og kloakrør i glaseret keramik, eternittagplader og fibercementplader.

B: Fiberarmeret beton og fibercement, herunder eternittagplader.

C: Klinker og sanitet.

I Tabel 2.1 er der opstillet en oversigt over de forskellige typer materialer og de relevante kil-der til stoffer, som potentielt kan være problematiske i forbindelse med nyttiggørelse af materi-alerne på nedknust form. For fibre, klinker og sanitet skal potentielt problematiske stoffer både i selve grundmassen og eventuelle stoffer, som tilsættes eller tilføres overfladen, indgå i un-dersøgelsen.

TABEL 2.1 Oversigt over materialer, som potentielt kan afgive problematiske stoffer på nedknust form.

Materialer		Produkteksempler	Overfladebehandling		Antibegroning iblandet beton	Mulige stof- fer fra fibre	Stoffer i grund- massen*
			Maling	Glasur, mv.			
Beton/cement	Beton	Elementer	+	-	+	-	+
		Tagsten	+	-	?	-	+
		Støbt in-situ	-	-	?	-	+
		Fliser	+	-	?	-	+
	Fiberbeton	Elementer	+	-	?	+	+
		Støbt in-situ					
	Fibercement	Tagplader	+	-	?	+	+
		Facadeplader	+	-	?	+	+
		Fliser	+	-	?	+	+
Keramik	Tegl	Mursten	-	+	-	-	+
		Tagsten	-	+	-	-	+
		Kloakrør og brønde	-	+	-	-	+
	Stentøj	Klinker	-	+	-	-	?
		Fliser	-	+	-	-	?
	Porcelæn	Sanitet	-	+	-	-	?

- Grundmassen i beton og tegl kan indeholde en lang række stoffer, der potentielt kan udgøre et problem ved nyttiggørelse i nedknust tilstand. Disse er behandlet i Miljøstyrelsen (2018a).
- Grundmassen i stentøj og porcelæn, der består af ler og lyse mineraler, bør ud fra mineralogien ikke indeholde stof-fer, der giver anledning til problemer ved nyttiggørelse i nedknust tilstand. Muligheden er dog ikke fundet belyst i litteraturen.

2.2 Beton

2.2.1 Generelt

Beton er et byggemateriale, der i sin grundform består af cement, tilslag (sand, grus, sten) og vand. Umiddelbart efter blandingen af betonens bestanddele er beton formbart og kan støbes ud i mange former og tykkelser. Beton benyttes både i elementer og til støbning in-situ. Typisk er dimensionerne af udstøbt beton større end ca. 3 cm. Tyndere udstøbninger med finkornede tilslag, f.eks. eternit, går normalt under betegnelsen fibercement.

Der anvendes en række tilsætningsstoffer ved produktionen af beton. Stofferne, både mineraliske og organiske, har til formål at ændre eller beskytte betonens egenskaber under produktionen, eller når produktet er færdigt. Disse tilsætningsstoffer er tidligere behandlet i Miljøstyrelsen (2014 og 2018a).

2.2.2 Overfladebehandlet beton og fibercement

Betonelementer og produkter af fibercement overfladebehandles i nogle tilfælde fra producentens side. Overfladebehandlingen påføres, hvor den hæfter og ændrer overfladens egenskaber, så den f.eks. afviser smuds, grafittimaling og begroning, eller er lettere at rengøre. Formålet kan også være dekoration. Overfladebehandlingsens egenskaber beror på de stoffer, behandlingen efterlader på betonens overflade. Overfladen kan dog også påvirkes af stoffer (f.eks. biocider), som tilsættes betonen direkte eller som et konserverende middel i andre tilsætningsstoffer.

Når overfladebehandlet beton og fibercement nedknuses, vil der i forbindelse med nyttiggørelse kunne udvaskes stoffer fra såvel overfladebehandlingen som fra grundmassen af betonen. Miljøstyrelsen har tidligere ladet risikoen ved anvendelse af beton på nedknust form undersøge (Miljøstyrelsen, 2015b, 2018a, 2018b). Resultaterne fra disse undersøgelser indgår i relevant omfang i nærværende projekt.

Eternittagplader (Figur 2.1) leveres i nogle tilfælde ligeledes overfladebehandlet/malet fra producenterens side. Etex (Bech, 2019) oplyser, at ca. 20 % af deres produkter pt. overfladebehandles mod tidligere ca. 80 %.



FIGUR 2.1 Til venstre et eksempel på overfladebehandlede betonelementer (Foto: Thomas Hougaard) og til højre sortfarvede eternittagplader (Foto: Ole Hjelmær).

2.2.3 Fiberbeton eller fiberarmeret beton

Der kan opnås forøget styrke af betonkonstruktioner ved indstøbning af forskellige typer fibre i grundmassen. Fibrene kan både være organiske, f.eks. cellulose, polyvinylalkohol (PVA) eller polypropylen, eller uorganiske i form af stål, glas eller asbest. Fiberbeton benyttes i høj grad til fabrikation af betonvarer med små dimensioner med tykkelser ned til ca. 10 mm (fibercement), men anvendes også til udstøbninger med større dimensioner. Eternit er et handelsnavn for et af disse produkter. Figur 2.2 viser facadebeklædningsplader af fibercement og bølgeeternitplader af eternit. Miljøstyrelsen har fået gennemført en litteraturundersøgelse specielt af udvaskning af problematiske stoffer i forbindelse med nyttiggørelse af nedknuste eternitplader uden asbest (Miljøstyrelsen, 2020). Resultater heraf indgår i nærværende undersøgelse.



FIGUR 2.2 Til venstre eksempel på facadebeklædningsplader af fibercement (Foto: Thomas Hougaard) og til højre et tag af bølgeeternitplader uden asbest (Foto: Ole Hjelmar).

2.3 Keramik

Keramik er en samlet betegnelse for produkter fremstillet af brændt ler. Alt efter brændingens temperatur og sammensætningen af lerminerale fås en række forskellige produkter, der benævnes tegl (lertøj), stentøj og porcelæn.

2.3.1 Tegl/overfladebehandlet tegl

I byggeriet anvendes lertøj primært i form af tagsten¹ og mursten. Tidligere anvendtes glaseret lertøj i kloakinstallationer og i sjældne tilfælde ses glaseret lertøj brugt som fliser på vægge. Lertøj brændes ved 900 – 1050 °C. Brændingen medfører, at leret sintrer, dvs. at lerets krystaller begynder at smelte sammen. Lertøj laves af tertært ler, typisk rødler og blåler, der giver anledning til henholdsvis røde eller gule teglprodukter. Lertøj har lav brudstyrke, er vandsugende, kan optage og afgive betydelige mængder vand, og er ikke frostsikkert.

Glaseret tegl anvendes hovedsageligt til tagsten og i et vist omfang til dekorative mursten. Ved glasering af tegl, pålægges overfladen glasur forud for brændingen. Tegl har tidligere fundet nogen anvendelse som vægfliser i form af glaserede kakler.

¹ Det skal bemærkes, at ordet tegl ikke altid anvendes på samme måde. Som vist i Tabel 2.1, er tegl en fællesbetegnelse for lavt brændt keramik, herunder mursten og tagsten, men ordet anvendes ofte alene om tagsten af brændt ler. I Affaldsbekendtgørelsen (BEK 224/2019) taler man eksempelvis i §50 Stk.2, 2) om "Uglaseret tegl (mur- og tagsten)", mens man i Bilag 2 i Affaldslisten skelner mellem 170102 "Mursten" og 170103 "Tegl og keramik". I salgsmaterialer kan man desuden støde på udtrykket cementtegl, der egentlig er tagsten fremstillet af beton, og ikke har noget med tegl at gøre.

Tegl overfladebehandles undtagelsesvis fra producentens side efter brænding, primært med henblik på at mindske den behandlede overflades porøsitet og lette rengøring. Miljøstyrelsen har tidligere ladet risikoen ved at anvende ikke-overfladebehandlet tegl (lertøj) i nedknust form undersøge (Miljøstyrelsen, 2015b, 2018a, 2018b). Resultaterne fra disse undersøgelser indgår i relevant omfang i nærværende projekt.

I Figur 2.3 ses et par eksempler på tagsten af glaseret tegl. De forekommer bl.a. også i rød.



FIGUR 2.3 To eksempler på tagsten af glaseret tegl. Fotos: Ole Hjelmar.

2.3.2 Stentøj

Stentøj fremkommer ved højere brændingstemperaturer typisk ved 1250 og 1350 °C. Derved øges sintringen og det færdige produkts porøsitet og sugsevne mindskes kraftigt. Skærven er ikke eller kun svagt sugende og er frostsikker. Fliser af stentøj kaldes ofte for klinker². Mange klinker brændes ved så høje temperaturer, at overfladen delvis smelter og fremstår helt tæt og delvist skinnende. Klinker fremstilles af mange typer ler og kan fremstå i farver fra mørk brun til flødefarvet.

Glaseret stentøj i bygninger anvendes hovedsageligt til fliser til opsætning på både vægge og gulve. I Figur 2.4 ses eksempler på uglaserede og glaserede fliser/klinker.

² NB: Betegnelsen klinker/cementklinker anvendes også om det materiale, der under cementproduktion kommer ud fra rotérovnen, inden det formales mv., og som ikke er relevant i denne sammenhæng.



FIGUR 2.4 Eksempler på uglaserede fliser på gulv, glaserede fliser på vægge og glaseret porcelænstoilet (til venstre) samt uglaserede klinker på trappe (til højre). Fotos: Thomas Hougaard.

2.3.3 Porcelæn

Porcelæn består af kaolin, kvarts og feldspat og er brændt ved temperaturer på op til 1600 °C. Porcelæn har hvid eller meget lys skærv og er ikke sugende. Porcelæn anvendes oftest med glasur til fliser, sanitet (håndvaske, toiletkummer, badekar, mv.) og i mindre omfang i ældre elektriske installationer. I Figur 2.4 ses et toilet af glaseret porcelæn.

2.3.4 Glaseret keramik

Keramikken (dvs. tegl, stentøj og porcelæn) kan på overfladen være belagt med et lag keramisk glasur. Glasuren består af en blanding af ler, glas, pigmenter og flusmidler. Glasuren har et lavere smeltepunkt end det materiale, den dækker. Glasuren gør overfladen vandtæt, nem at rengøre og virker også som dekoration. Eksempler på glaseret tegl ses i Figur 2.3 og eksempler på uglaserede og glaserede fliser/klinker og glaseret porcelæn ses i Figur 2.4.

2.4 Produkter til overfladebehandling af tegl, beton og eternittagplader

2.4.1 Overfladebehandling af tegl

Tegl overfladebehandles ved to processer: brænding og påmaling.

Overfladebehandling, i form af engobering, begitning og glasering, består alle i at påføre et lag af mineralske bestanddele, der efterfølgende brændes og sintrer sammen med den underliggende skærv. Behandlingen har til formål at ændre skærvens farve og/eller overfladestruktur. Engobering og begitning efterlader en porøs overflade, mens glasering lukker overfladen.

De påførte mineralske bestanddele består af uorganiske pigmenter, glas, flusmidler og ler. De uorganiske pigmenter indeholder metaller og metalloider, der både giver farve og sænker smeltepunktet ved i sig selv at virke som flusmidler.

Ved påmaling kan teglen påføres stoffer, der efterlades i overfladen og ændrer dennes egenskaber. Typiske produkter omfatter silicium- og silikone-forbindelser der anvendes til at lukke overfladen, mindske optagelsen af vand, minimere begroning og lette rengøring. Andre produkter indeholder biocider og har til formål at hindre vækst af alger, lav, mos m.m.

2.4.2 Overfladebehandling af beton, fiberbeton og fibercement

Beton kan ligesom tegl overfladebehandles direkte ved påmaling af stoffer, der efterlades i overfladen og ændrer dennes egenskaber. Typiske produkter omfatter silicium- og silikoneforbindelser, der anvendes til at lukke overfladen, minimere begroning og lette rengøring. Andre produkter indeholder biocider og har til formål at hindre vækst af alger, lav, mos m.m.

Betonprodukter kan iblandes biocider i grundmassen med det formål, at biociderne langsomt frigives i overfladen og hindrer begroning med lav, alger og svampe. Dette kunne kaldes indirekte overfladebehandling. Branchen (Lajer, 2019) oplyser, at dette ikke sker i Danmark, men som det bl.a. ses af Tabel 3.1, sælges produkter med dette formål i andre lande.

2.5 Fibre i fiberarmeret beton og fibercement

Fiberarmeret beton har været anvendt i Europa i over hundrede år. Det oprindelige produkt, Eternit, indeholdt fra sin opfindelse i slutningen af 1800-tallet cement og asbestfibre. Asbest er i dag erstattet af andre typer fibre.

De organiske fibre, der anvendes i dag, består dels af naturlige fibre baseret på cellulose og af plastfibre, eller syntetiske fibre, i form af bl.a. polyvinylalkohol (PVA), polypropylen (PP) eller polyætylen (PE), alle er opbygget af polymeriserede kulbrinter. Dertil anvendes i et vist omfang kulfibre.

Efter udfasningen af asbest blev wollastonit (CaSiO_3) anvendt som erstatning³. Tagplader med wollastonit viste sig dog at have ringe holdbarhed, og er formentlig i stort omfang allerede blevet udskiftet (Miljøstyrelsen, 2020).

Uorganiske fibre er i dag fremstillet af stål eller glas.

³ Miljøstyrelsens datablad for wollastonit. <https://mst.dk/media/94278/wollastonit.pdf>

3. Information om relevante miljøproblematiske stoffer i materialerne

3.1 Definition af "miljøproblematiske stoffer"

Ved "miljøproblematiske stoffer" forstås i denne sammenhæng stoffer i produkter, der i forbindelse med produktionen benyttes eller har været benyttet til overfladebehandling af tegl, beton og fibercement og beton, som forekommer i fiberarmeret beton/fibercement, eller som forekommer i sanitet og klinker, og som potentielt kan medføre en uacceptabel spredning ved nyttiggørelse af materialerne på nedknust form.

Gruppen af potentielt miljøproblematiske omfatter både stoffer, for hvilke der findes relevante kvalitetskrav i gældende lovgivning og stoffer med stort toksisk eller økotoksisk potentiale, som på nuværende tidspunkt ikke indgår i lovgivningen.

3.2 Fremgangsmåde ved identifikation af stoffer

Søgningen på identitet af og information om indholdsstoffer i de materialer, der anvendes i fiberforstærket og/eller overfladebehandlet beton/fibercement og tegl samt stentøj og porcelæn er foregået som beskrevet i det følgende.

Betonelementforeningen og Danske Tegl er blevet kontaktet med henblik på at skabe kontakt til relevante producenter, distributører og forhandlere. Nogle af disse er efterfølgende blevet kontaktet og anmodet om fremsendelse af tilgængelige oplysninger om stoffer anvendt som tilsætningsstoffer, støvbindere, fibre og til overfladebehandling ved fremstillingen af de relevante produkter, så vidt muligt med produktdatablade og sikkerhedsdatablade.

En række personer har fremsendt en ikke ubetydelig mængde produktinformations- og sikkerhedsdatablade. Fælles for en stor del af det fremsendte materiale er, at det primært omhandler materialernes umiddelbare egenskaber af betydning for brugeren, dog er der for nogle materialer modtaget sikkerhedsdatablade (Safety Data Sheets, SDS'er). Enkelte indeholder informationer om, at produktet indeholder sand, cement, pigment m.m. Der er dog kun i meget få tilfælde modtaget nærmere specifikation, herunder f.eks. af hvilke pigmenter, der er anvendt. Der foreligger meget få specifikke oplysninger om identitet og tilsatte mængder af tilsætningsmidler, hjælpestoffer, konserveringsmidler m.m. i de halvfabrikata, der er anvendt ved produktionerne.

Flere af følgegruppens medlemmer har været behjælpelige med at fremskaffe tilgængelig information om overfladebehandlings- og tilsætningsstoffer.

Der er sideløbende blevet udført en række litteratursøgninger med henblik på at indhente tilgængelig viden. Søgningerne har inkluderet danske og engelske termer som:

Leaching and composition from/of: fiber concrete; fiber cement; concrete surface treatment; concrete impregnation; ceramic glaze/glazing; concrete paint; preservative/biocide/antifouling concrete; anti-graffiti.

Udvaskning og indhold fra/af: fiberbeton; fibercement; overfladebehandling beton/cement; imprægnering beton/cement; glaseret/glaserede tegl, tagsten og mursten; beton maling, antibegroning, konservering/biocid/antifouling beton; anti-graffiti.

Resultatet af søgningerne har været sparsomt. Der findes en meget begrænset litteratur om indhold og udvaskning af miljøproblematiske stoffer med direkte relation til producentpåført overfladebehandling af beton og til fibre. Tilsvarende er der heller ikke fundet mange oplysninger om udvaskning fra glaserede keramiske materialer fra byggeindustrien og sanitet. Det har således været svært at få præcis information om specifik identitet og mængde af potentielt problematiske stoffer, der fra producenternes side har været tilsat/påført produkterne direkte eller som præserveringsmidler i f.eks. maling. Derimod har det været muligt at fremskaffe en del oplysninger om stoffer (primært biocider), *som kan være eller har været tilført de nævnte materialer fra producentens side*, fra undersøgelser af andre produkter, herunder puds og maling påført i forbindelse med anvendelsen af konstruktionsmaterialer. Selv om biocider, der er tilsat beton, eventuelt som konserveringsmidler for tilsætningsstoffer, ikke nødvendigvis direkte er påført overfladen, så kan en del af effekten godt være, at biocidet diffunderer til overfladen og (indirekte) beskytter denne mod biologiske belægninger. Hvis biociderne fortsat er til stede, vil de muligvis kunne frigives, hvis betonen nedknuses og genanvendes. De er derfor i et betydeligt omfang også medtaget i undersøgelsen.

I den forbindelse skal det nævnes, at der blandt andet findes nogle forholdsvis nye Miljøstyrelsesrapporter, hvorfra der har kunnet hentes mange nyttige informationer om relevante, potentielt miljøskadelige stoffer. Det drejer sig blandt andet om to rapporter om biocider, og en rapport om udvaskning fra nedknuste bølgeeternitplader:

Pesticide Research No. 156/2014: Water driven leaching of biocides from paints and renders – Methods for the improvement of emission scenarios concerning biocides in buildings. Danish ministry of the Environment, Environmental Protection Agency (Miljøstyrelsen, 2014), og

Pesticide Research No. 177/2018: Transport and transformation of biocides in construction materials – Factors controlling release and emissions. Ministry of Environment and Food of Denmark, Environmental Protection Agency (Miljøstyrelsen, 2018c), samt

Miljøprojekt nr. 2120/2020: Potentiel udvaskning af problematiske stoffer i forbindelse med nyttiggørelse af nedknuste bølgeeternitplader uden asbest. Miljø- og Fødevareministeriet, Miljøstyrelsen (Miljøstyrelsen, 2020).

Mens de to første rapporter er baseret på eksperimentelt arbejde, er den sidste et rent litteraturstudie.

En noget ældre Miljøstyrelsesrapport, Miljøprojekt nr. 414/1998: Karakterisering af affald (Miljøstyrelsen, 1998), som er baseret på eksperimentelt arbejde, indeholder detaljerede informationer om indhold og udvaskning af uorganiske stoffer fra affald domineret af keramik/sanitet.

Endelig omtales en række tilsætningsstoffer og konserveringsmidler/biocider, der kan tænkes at være tilsat beton, i de tidligere nævnte Miljøprojekter 1806/2015 (Miljøstyrelsen, 2015b) og 1991/2018 (Miljøstyrelsen, 2018a).

I det følgende gennemgås de enkelte materialegrupper og stoffer, som er fundet i litteraturen, og indsamlet via forespørgsler. Da en del af stofferne optræder i flere materialegrupper, gennemgås stoffernes egenskaber efterfølgende i en samlet oversigt. På grund af manglen på konkrete oplysninger om de faktisk tilførte stoffer, og de mange stoffer, som potentielt kan have været anvendt, kan det ikke undgås, at valget af stoffer, der medtages, får et vist subjektivt præg. Dette gælder især for de organiske stoffer, og derfor er det for disse tilstræbt især at

fokusere på stoffer, som omtales af flere kilder, og som vides at kunne udgøre en potentiel miljømæssig risiko. Efterfølgende er stofferne diskuteret i relation til forekomst, vandopløselighed, mobilitet og toksicitet. Med få undtagelser giver kombinationen af manglende oplysninger og forskelligheden af de oplysninger, som det er lykkedes at finde, ikke mulighed for gennemførelse af egentlige scenariebaserede risikovurderinger.

3.3 Potentielt miljøproblematiske indholdsstoffer tilført ved direkte og indirekte overfladebehandling af beton og fibercement

De miljøproblematiske stoffer, der er påvist i overfladebehandling af beton og fibercement er overvejende biocider, der stammer fra puds og maling. Der er stor forskel på de anvendte koncentrationer. De fleste af undersøgelserne viser imidlertid, at hvis et stof findes i materialet, udvaskes det i næsten alle tilfælde i et vist omfang til vand, der kommer i kontakt med materialerne. Det samme vil selv sagt gøre sig gældende, i det øjeblik materialerne er blevet nedknust, med mindre stofferne er blevet nedbrudt eller er fordampet.

Det er ikke ny viden, at stoffer udvaskes fra f.eks. udendørs maling. I 1997 viste en undersøgelse (Lindner, 1997), at Diuron blev udvasket fra udendørs maling. I 2007 påviste Burkhardt et al (2007) udvaskning af biocider i form af terbutryn, carbendazim, mecoprop og Irgarol 1051 fra bygninger i Zürich til en lokal bæk i koncentrationer, der oversteg 0,1 µg/l. Man var i stand til at spore Irgarol 1051 tilbage til de konkrete bygninger, hvorfra det stammede.

Ved undersøgelser af udvaskning fra maling og puds påviste Schoknecht et al. (2009) forekomst af høje udvaskningsrater af en lang række biocider i form af OIT, DCOIT, IPBC, carbendazim, isoproturon, Diuron, terbutryn, and Irgarol 1051. De højeste påviste koncentrationer, der spændte fra 200 µg DCOIT/l til 55.300 µg BIT/l oversteg Burkhardt et al's ovennævnte fund med 4-6 størrelsesordner.

I et opfølgende studie påviste Burkhardt et al. (2012), at den naturlige nedbør medfører en betydelig udvaskning fra facader, hvor der er anvendt puds og maling med indhold af biocider. Den årlige udvaskning af Diuron, isoproturon, terbutryn, Irgarol, IPBC, OIT og DCOIT svarede i forsøgsperioden til mellem 0,5 % (DCOIT) og 24 % (isoproturon) af totalindholdet af disse stoffer. De typiske koncentrationer af det enkelte biocid i de anvendte facadematerialer spændte fra 200 til 2000 ppm.

Fortsatte undersøgelser af udvaskning fra stående bygninger, der er udgivet af den tyske miljøstyrelse, Umweltsbundesamt (Schoknecht et al., 2012), viste udvaskningsrater for Diuron og terbutryn af samme størrelse som i undersøgelsen fra 2009.

I et studie af udvaskning af stoffer fra fiberforstærket beton fra 2014 (Lupsea et al., 2014) påvistes udvaskning af bl.a. bor, kobber, krom, naphthalen, anthraquinon, terbutryn og fenuron. Tilstedeværelsen af bor og terbutryn tilskrives anvendelse som biocider til konservering af de iblandte cellulosefibre og/eller beskyttelse mod vækst af svampe, alger og bakterier på pladerne (Miljøstyrelsen, 2020). I Miljøstyrelsen (2020) citeres Lupsea et al. (2014) yderligere for at anføre, at akrylmaling til udendørs brug desuden bl.a. tilsættes ametryn, DNOC, propiconazol og 2-og 4-methylphenol. Det oplyses fra Etex Nordic (Bech, 2019) at der på én fabrik (i England) siden 2000, når fiberbetonplader bemaales, tilsættes mere end 1000 ppm nonylphenol, branched, ethoxylated (CAS 127087-87-0) til 55 – 75 g/m² tør maling, mens der på en anden fabrik (i Holland) siden 2002 anvendtes mere end 1000 ppm octylephenoxypolyetoxyethanol (CAS 9036-19-5) til 40 – 50 g/m² maling.

Miljøstyrelsen (2014) fandt, at octylisothiazolinon (OIT), iodocarb, terbutryn, zinkpyrithion og Diuron i dag benyttes i byggematerialer som filmpræservativer. I studiet blev der i feltundersøgelserne bl.a. påvist udbredte forekomster af methyl-isothiazolinon (MIT) og benzyl-isothiazolinon (BIT).

Miljøstyrelsen (2018c) beskriver en undersøgelse af forskellige udvaskningsscenarier for methylisothiazolinone (MIT), benzisothiazolinone (BIT), carbendazim, isoproturon, Diuron, iodocarb, terbutryn, cybutryn, N-octylisothiazolinone, tebuconazole, og propiconazole og den efterfølgende nedbrydning af de udvaskede biocider. Resultaterne viste udvaskninger af biocider over mere end 5 størrelsesordner fra 0,01 mg/m² (4,5-dichloro-2-n-octyl-4-isothiazolin-3-one (DCOIT) til knap 500 mg/m² (methylisothiazolinone, MIT). For sidstnævntes vedkommende er der tale om, at stoffet sandsynligvis har til opgave at konservere malingen i dåsen og ikke er tiltænkt en aktiv rolle efter påføring. Det var uklart, hvor meget MIT der var til stede i de forskellige malinger.

Iblandede stoffer, der har til formål at hindre begroning af betonoverflader gennem indirekte overfladebeskyttelse udgør en særlig stofgruppe. Stofferne er de samme, som anvendes i påmalede behandlinger, men da de er iblandet betonen, kan de ikke renses af, og det er ikke mulig at se, at de findes i betonen uden brug af analyser.

Det er på nuværende tidspunkt ikke klart, i hvilket omfang sådanne produkter anvendes i f.eks. produkter af fibercement som eternit, Cembrit m.v., og heller ikke, i hvilket omfang de anvendes i betonelementer og in-situ-støbte materialer. Der er dermed heller ikke overblik over, i hvilket omfang udvaskning til jord og grundvand fra såvel stående bygninger som fra genanvendte materialer finder sted.

Som et eksempel ses i Tabel 3.1 en direkte kopi af hjemmesiden for Thor Biocides - Construction chemicals and Concrete admixtures med en kort beskrivelse af indholdsstofferne og deres effekt, når de er iblandet betonen.

TABEL 3.1 Kopi hentet fra hjemmesiden for Thor Biocides – Construction chemicals and concrete admixtures (Thor Biocides, 2019).

Concrete Admixtures	
Product Name	Application
ACTICIDE® OF 2	Cost effective
Combination of a formaldehyde donor and OIT	Enhanced antifungal properties
ACTICIDE® LT 2	Highly effective
Combination of Bronopol and OIT	Formaldehyde free
	Enhanced antifungal activity
ACTICIDE® GT 1	Highly effective
Combination of glutaraldehyde and OIT	Formaldehyde free
	Enhanced antifungal activity
ACTICIDE® SR 7056	Cost effective
Combination of a formaldehyde donor and OIT	Enhanced antifungal properties
ACTICIDE® SF	Cost effective
Combination of a formaldehyde donor and sodium pyri-thione	Enhanced antifungal properties
ACTICIDE® SR 7218	Cost effective
Combination of a formaldehyde donor and sodium pyri-thione	Enhanced antifungal properties
ACTICIDE® LA 1209	Highly effective
Water borne blend of CIT/MIT and Bronopol	Formaldehyde free
ACTICIDE® BXL	Cost effective
Blend of CIT/MIT and formaldehyde donor	Broad spectrum biocide
Hentet fra: https://www.thor.com/biocidesconstructionandconcrete.html d 8. maj 2019	

Ud over de påviste stoffer, som der på grund af deres egenskaber som biocider har været særligt fokus på i de ovenfor citerede undersøgelser, vil alle de andre stoffer, der anvendes i beton i form af acceleratorer, plastificeringsmidler, retardere, skumhæmmende midler, m.m. blive udvasket i forskellige mængder. Det samme er tilfældet for de hjælpestoffer, der anvendes i malinger i form af polymerer, teksturanter, flydeforbedrende midler, pigmenter, m.v., Listen over stoffer i denne afdeling er meget omfattende.

I Tabel 3.2 ses en opsummering af de ovenfor fundne potentielt miljøproblematiske stoffer, der kan være knyttet til direkte eller indirekte overfladebehandling af beton og eternittagplader.

TABEL 3.2 Opsummering af de fundne potentielt problematiske indholdsstoffer i overfladebehandling af beton og fibercement.

Potentielt miljøproblematiske stoffer	Kilde(r)
Diuron	Lindner (1997), Shoknecht et al. (2009, 2012), Burkhardt et al. (2012), Miljøstyrelsen (2014), Miljøstyrelsen (2018c),
Terbutryn	Burkhardt et al. (2007), Shoknecht et al. (2009, 2012), Burkhardt et al. (2012), Miljøstyrelsen (2014), Miljøstyrelsen (2018c)
Carbendazim	Burkhardt et al. (2007), Shoknecht et al. (2009), Miljøstyrelsen (2018c)
Mecoprop	Burkhardt et al. (2007)
Irgarol 1051/Cybutryn	Burkhardt et al. (2007), Shoknecht et al. (2009), Burkhardt et al. (2012), Miljøstyrelsen (2018c)
OIT	Shoknecht et al. (2009), Burkhardt et al. (2012), Miljøstyrelsen (2014), Miljøstyrelsen (2018c), Thor Biocides (2019)
DCOIT	Shoknecht et al. (2009), Burkhardt et al. (2012)
IPBC	Shoknecht et al. (2009), Burkhardt et al. (2012)
Isoproturon	Shoknecht et al. (2009), Burkhardt et al. (2012), Miljøstyrelsen (2018c)
Cu	Lupsea et al. (2014)
Cr	Lupsea et al. (2014)
Naphthalen	Lupsea et al. (2014)
Anthraquinon	Lupsea et al. (2014)
Fenuron	Lupsea et al. (2014)
Ametryn	Lupsea et al. (2014) i Miljøstyrelsen (2020)
DNOC	Lupsea et al. (2014) i Miljøstyrelsen (2020)
Propiconazol	Lupsea et al. (2014) i Miljøstyrelsen (2020), Miljøstyrelsen (2018c)
2-og 4-methylphenol	Lupsea et al. (2014) i Miljøstyrelsen (2020)
Nonylphenol, branched, ethoxylated	Bech (2019)
Octylphenoxypolyetoxy-ethanol	Bech (2019)
Iodocarb	Miljøstyrelsen (2014), Miljøstyrelsen (2018c),
Zinkpyrithion	Miljøstyrelsen (2014)
MIT	Miljøstyrelsen (2014), Miljøstyrelsen (2018c), Thor Biocides (2019)
BIT	Miljøstyrelsen (2014), Miljøstyrelsen (2018c)
Tebuconazol	Miljøstyrelsen (2018c)
Formaldehyd	Thor Biocides (2019)
Bronopol	Thor Biocides (2019)
Glutaraldehyd	Thor Biocides (2019)
Natriumpyrithion	Thor Biocides (2019)
CIT/CMIT	Thor Biocides (2019)

Når direkte eller indirekte overfladebehandlet beton eller fibercement nyttiggøres på nedknust form, vil de stoffer (primært uorganiske), som under samme betingelser frigives fra nedknust

ubehandlet beton, naturligvis også kunne frigives fra beton og fibercement, der er overfladebehandlet fra producentens side. Vedrørende frigivelse af disse stoffer og den potentielle miljøsikro, som de kan udgøre i forbindelse med ubunden anvendelse til vejbygning mv., skal der henvises til Miljøstyrelsens tidligere undersøgelser (2018a og 2018b).

3.4 Potentielt miljøproblematiske indholdsstoffer i fiberbeton og fibercement

Metalfibre vil afhængigt af metallegeringens sammensætning kunne give anledning til frigivelse af uønskede metaller. Det har ikke været muligt at finde oplysninger på de legeringer, der anvendes til fiberbeton med metalfibre.

Undersøgelser har vist, at organiske fibre, der anvendes i beton og fibercement, kan indeholde miljøproblematiske stoffer, og at disse kan frigives til omgivelserne. Stofferne findes dels som reststoffer fra produktionen af fibrene, dels er de tilsat som aktive stoffer med det formål at forlænge fibrenes holdbarhed. I Miljøstyrelsen (2019) citeres Lupsea et al. (2014) for i en undersøgelse at angive tilstedeværelsen af bor, ametryn, terbutryn, naphthalen, DNOC, 2-og 4-methylphenol, propiconazol og fenuron som biocider i tagplader (se også afsnit 3.3). Herudover er der, stadig ifølge Miljøstyrelsen (2019) yderligere påvist indhold af følgende stoffer: anthraquinon, ethylbenzen, m-og p-xylen, acetone, acetaldehyd, formaldehyd og para-tert-octylphenol.

I Tabel 3.3 er de fundne potentielt problematiske indholdsstoffer i fibercement opsummeret. Det fremgår, at en række af stofferne er gengangere fra Tabel 3.2.

TABEL 3.3 Opsummering af de fundne potentielt problematiske stoffer i fibercement. Med hjælp fra Miljøstyrelsen (2019).

Potentielt miljøproblematiske stoffer	Kilde
Ametryn	Lupsea et al. (2014)
Terbutryn	Lupsea et al. (2014)
Naphthalen	Lupsea et al. (2014)
DNOC	Lupsea et al. (2014)
Propiconazol	Lupsea et al. (2014)
2- og 4-methylphenol	Lupsea et al. (2014)
Fenuron	Lupsea et al. (2014)
Anthraquinon	Lupsea et al. (2014)
Ethylbenzen	Lupsea et al. (2014)
m- og p-xylen	Lupsea et al. (2014)
Acetone	Lupsea et al. (2014)
Acetaldehyd	Lupsea et al. (2014)
Formaldehyd	Lupsea et al. (2014)
Para-tert-octylphenol	Lupsea et al. (2014)
B	Lupsea et al. (2014)
Cu	Lupsea et al. (2014)
Cr	Lupsea et al. (2014)

3.5 Potentielt miljøproblematiske indholdsstoffer i keramik og glasur på keramik, herunder også tegl og sanitet

På grund af den høje temperatur under brændingen indeholder glaseret keramik ingen organiske forbindelser. Glasur på keramik får sine farver fra et indhold af metal- og metalloidioner. I Tabel 3.4 ses en oversigt over hvilke metaller/metalloider, der kan være tilsat glasuren for at opnå bestemte farver af produktet.

TABEL 3.4 Oversigt over hvilke farver, de forskellige metal-/metalloider giver, når de findes i glasuren på keramik (Eppler & Obster, 2005).

Farve	Metal/metalloid
Rød	Kadmium, selen
Sort	Jern, krom, kobolt, bly, mangan, kobber
Blå	Kobolt, zirkonium, vanadium
Grøn	Krom, kobber, zirkonium, vanadium, praseodym
Gul	Zirkonium, vanadium, praseodym, tin, bly, antimon, cerium, kadmiun, selen
Brun	Zink, krom, jern, tin, mangan
Pink og lilla	Zink, krom, jern, zirkonium, tin
Hvid	Antimon, tin

Metallerne er alle bundet glasuren, men vil såvel via ionbytning som nedbrydning (knusning) af grundmassen langsomt blive frigivet, når de eksponeres for (gennemsivende) vand. Hastigheden, hvormed frigivelsen finder sted, kan variere med flere størrelsesordner afhængigt af bl.a. glasurens sammensætning, vandets pH og indhold af opløste ioner, temperatur og omgivende mineraler. For knust keramiks vedkommende er det ikke muligt at skelne mellem udvaskning fra det keramiske materiale selv og fra glasuren. Mineralogien af udgangsstofferne til selve keramikken; ler, kvarts og feldspat, giver dog ikke anledning til at tro, der er betydende mængder tungmetaller/sporelementer i selve keramikken.

Der blev kun fundet én undersøgelse af udvaskning fra glasur/emaile. Turner (2019) rapporterer fra en undersøgelse af emaile/glasurer på kommercielle glasemballager, der havde indeholdt øl, vin og spiritus, at man havde fundet op til 2 % kadmiun og 20 % bly i glasuren. Turner undersøgte også udvaskningen fra knuste glasemballager, men desværre anvendte han US EPA-testen Toxicity Characteristics Leaching Procedure, TCLP (US EPA, 1994), hvor der ekstraheres med en eddikesyreopløsning, hvorfor resultaterne er irrelevante i forhold til risikovurderinger under ikke-ekstreme forhold. Han fandt herved den største udvaskning af Cd og Pb fra gul glasur, 0,12 mg/kg for Cd og 65 mg/kg for Pb. I forbindelse med en eventuel nyttiggørelse af tilsvarende materialer med gul bly- og kadmiunholdig glasur/emaile må man forvente en langt mindre udvaskning.

I Tabel 3.5 ses en opsummering af de metaller/metalloider, som vides at være anvendt eller kunne være anvendt til farvning af glasur på keramik, herunder tegl.

TABEL 3.5 Opsummering af de ovenfor fundne metaller/metalloider, som forventes at kunne findes i glasur på keramik, og som muligvis kan være miljømæssigt problematiske.

Potentielt miljøproblematisk element	Kilde(r)
Antimon (Sb)	Eppler & Obster (2005)
Bly (Pb)	Eppler & Obster (2005), Turner (2019)
Cerium (Ce)	Eppler & Obster (2005)
Jern (Fe)	Eppler & Obster (2005)
Kadmium (Cd)	Eppler (2005) & Obster, Turner (2019)
Kobber (Cu)	Eppler & Obster (2005)
Kobolt (Co)	Eppler & Obster (2005)
Krom (Cr)	Eppler (2005) & Obster, Turner (2019)
Mangan (Mn)	Eppler & Obster (2005)
Praseodym (Pr)	Eppler & Obster (2005)
Selen (Se)	Eppler & Obster (2005)
Tin (Sn)	Eppler & Obster (2005)
Vanadium (V)	Eppler & Obster (2005)
Zink (Zn)	Eppler & Obster (2005)
Zirkonium (Zr)	Eppler & Obster (2005)

I Miljøprojekt nr. 414 (Miljøstyrelsen, 1998) findes der både kemiske analyser af sammensætningen og resultater af udvaskningstests på prøver af affald, som var tilført en fyldplads for inert affald. Affaldet var domineret af klinker, fliser og sanitet, dvs. stentøj og porcelæn. Disse resultater, som er beskrevet i Bilag 1, kan i modsætning til stort set alle de øvrige data, der er fundet i denne undersøgelse, direkte anvendes både til sammenligninger med grænseværdierne for stofudvaskning i Restproduktbekendtgørelsen og til scenariebaserede spredningsberegninger svarende til dem, der er udført for knust beton og tegl i Miljøprojekt nr. 2050 (Miljøstyrelsen, 2018b). Dette er gjort i Kapitel 4. Det skal dog bemærkes, at der i princippet kun er tale om analysering og testning af en blandprøve in triplo.

3.6 Håndtering af data

Som det fremgår af de foregående afsnit, er de indsamlede data af meget forskellig karakter og kvalitet. Der foreligger næsten ingen informationer om præcis hvilke potentielt miljøproblematisk overfladebehandlingsmidler og konserveringsmidler i disse, som er blevet påført/tilsat af fabrikanterne af beton, tegl, fiberbeton, klinker og sanitet, og selvsagt heller ikke i hvilke mængder, dette er sket. De fleste data er blevet indsamlet fra forskellige litteraturkilder, som belyser forskellige egenskaber af stoffer, som vides eller er konstateret at være indeholdt i eller udvaskes fra nogle af de nævnte materialer. I det omfang der er tale om stoffer, der er påført overfladen af materialerne, er dette ikke nødvendigvis sket fra producentens side.

Litteraturundersøgelsen har i nogen grad karakter af en screening, som har tilvejebragt en liste over stoffer, som (med den enlige prøve fra 1998 vedrørende klinker og sanitet som den eneste undtagelse) ikke på det foreliggende grundlag direkte kan underkastes en scenariebaseret risikovurdering. Der må derfor anvendes andre metoder til at vurdere, om stofferne har potentielle til at kunne udgøre en miljømæssig risiko, hvis de findes i produkterne, og hvis disse ønskes genanvendt på nedknust form. For de stoffer, hvor dette kan vises at være tilfældet,

kunne et næste skridt være at undersøge, om de rent faktisk findes i de relevante produkter, og/eller i hvilket omfang, de udvaskes fra disse.

For de organiske stoffer, som er oplistet i Tabel 3.2 og Tabel 3.3, og som for størstedelens vedkommende er biocider, er der indsamlet en række oplysninger, herunder vandopløselighed, log Kow, Henry's konstant, damptryk, log Koc og Predicted No-Effect Concentration (PNEC). Nogle af disse oplysninger er i Kapitel 4 anvendt til overslagsmæssige vurderinger af den potentielle risiko ved en eventuel udvaskning og spredning, hvis de findes i materialer, der nedknares og nyttiggøres som aggregater på ubunden form.

I Bilag 2 ses desuden en liste over stoffer, der har givet anledning til spørgsmål i forbindelse med underjordiske betonstøbninger i Københavns Kommune (Koefod, 2019). Listen, der er medtaget for at illustrere, hvor mange forskellige stoftyper, der anvendes ved støbning af beton, rækker ud over formålet med nærværende projekt. Nogle af stofferne på listen er dog også identificeret i dette projekt.

Der er ikke foretaget nogen vurderinger af spredningsrisikoen for de få uorganiske stoffer, som ses i Tabel 3.2 og Tabel 3.3, dels fordi datamaterialet for dette i forhold til overfladebehandling er utilstrækkeligt, dels fordi det for de fleste af disse stoffer vil være umuligt at afgøre, om de stammer fra hovematrixen eller fibre eller fra en eventuel overfladebehandling. For de uorganiske stoffer i Tabel 3.4 og Tabel 3.5 er oplysningerne ligeledes for begrænsede, til at der kan gennemføres en meningsfuld risikovurdering. Kun for den klinke- og sanitetsdominerede affaldsprøve fra Miljøprojekt nr. 414/1998 kan der i afsnit 4.2.2 foretages en sammenligning med grænseværdierne for nyttiggørelse og i afsnit 4.2.3 gennemføres en overslagsmæssig scenariebaseret risikovurdering.

4. Vurdering af risiko for uacceptabel spredning af problematiske stoffer i miljøet

4.1 Organiske stoffer som kan være anvendt direkte eller indirekte til overfladebehandling af beton, fiberarmeret beton og/eller fibercement

Som det fremgår af det foregående, har det ikke været muligt at fremskaffe præcise oplysninger om identitet og af producenterne tilsatte/påførte mængder af (primært organiske) stoffer til beton og fiberbeton/eternittagplader. Da de fundne litteraturoplysninger om potentielle stoffer i afsnit 3.3 og 3.4 er for uensartede til, at de kan anvendes til scenariebaserede risikovurderinger, er der i stedet i Tabel 4.1 udarbejdet en oversigt over nogle af stoffernes egenskaber, som efterfølgende kan anvendes til en rangordning af stofferne mht. potentiel miljørisiko i konkrete situationer og/eller til en prioritering af eventuelle videre undersøgelser af indhold og udvaskning af stofferne fra indsamlede produkter. Kilderne til dataene er angivet i form af links til websites i Tabel 4.2. CAS-numrene for de anførte stoffer er oplistet i Bilag 4.

TABEL 4.1 Oversigt over nogle egenskaber af de organiske stoffer identificeret i afsnittene 3.3 og 3.4. Kilderne kan ses i Tabel 4.2.

Stof	Relevant for	Vandopløselighed, C(Opl)	PNEC	C(Opl)/PNEC	Log Koc	Kd	Kilder	
							Opl. og PNEC	Kd
		mg/l	ng/l			l/kg		
2-og 4-methylphenol (o- og m-cresol)	Beton, eternit, fibercement	26000	1400	18571429	2,21	0,162	1, 2	1
Acetaldehyd	Fibercement	Letflygtig						
Acetone	Fibercement	Letflygtig						
Ametryn	Beton, eternit, fibercement	191	32	5968750	2,53	0,339	17	17
Anthraquinon	Beton, eternit, fibercement	1,4	Mangler		2,846	0,701	27	29
BIT	Beton, eternit	1288	400	3220000	1,711	0,051	15	3
Bronopol	Beton, eternit	286000	3000	95333333	0	0,001	4	29
Carbendazim	Beton, eternit	3112	34	91529412	1,396	0,025	3	3
CIT (formentlig CMIT)	Beton, eternit	751000	2,1	357619047619	Mangler		5, 13	
DCOIT	Beton, eternit	27	8	3375000	3,097	1,250	3	3
Diuron	Beton, eternit	102	20	5100000	2,263	0,183	3	3
DNOC	Beton, eternit, fibercement	198	2600	76153,84615	1,825	0,067	6	26
Ethylbenzen	Fibercement	Letflygtig						
Fenuron	Beton, eternit, fibercement	3850	9340	412206	1,53	0,034	20	31
Formaldehyd	Beton, eternit, fibercement	Letflygtig						
Glutaraldehyd	Beton, eternit	51300	2500	20520000	0,708	0,0051	7	31
Iodocarb, IPBC	Beton, eternit	436	26	16769231	2,562	0,365	3	3
Irgarol 1051/Cybutryn	Beton, eternit	20	1	20000000	2,724	0,530	3	3
Isoproturon	Beton, eternit	92	320	287500	2,491	0,310	3, 8	3
m- og p-xylen	Fiberbeton	Letflygtig						
Mecoprop, MCP	Beton, eternit	471	18000	26167	2,48	0,302	3, 9	3
MIT	Beton, eternit	959000	5	191800000000	< 1,41	< 0,026	3, 16	3
Naphthalen	Beton, eternit, fibercement	31	2400	12917	2,773	0,593	10, 18, 19	18
Natriumpyrithion	Beton, eternit	Mangler	Mangler	-	-	-		
Nonylphenol, branched, ethoxylated	Beton, eternit	1,104	800	1380	4,692	49,2	24, 25	28
Octylphenoxyethoxyethanol (Triton X)	Beton, eternit	Mangler	Mangler	-	Mangler	-		
OIT	Beton, eternit	309	13	23769231	2,637	0,434	3	3
Para-tert-octylphenol	Fibercement	5,113	61	83820	5,25	178	10, 21	14
Propiconazol	Beton, eternit, fibercement	11	6800	1618	3,1584	1,44	3, 11	3
Tebuconazol	Beton, eternit	36	1	36000000	3,89	7,76	3, 12	3
Terbutryn	Beton, eternit, fibercement	42	34	1235294	2,631	0,428	3	3
Zinkpyrithion	Beton, eternit	6,3	90	70000	0,829	0,0067	22, 23	22

TABEL 4.2 Kilderne til specifikationerne vedrørende vandopløselighed, PNEC og KOW til beregning af KOC og Kd i Tabel 4.1. Websiderne er besøgt primo februar 2020.

Ref. nr.	Link
1	https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2009/978-87-7052-916-7/pdf/978-87-7052-917-4.pdf
2	https://mst.dk/media/92213/delrapport-11-miljoevurdering-af-udsivning.pdf
3	https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2014/02/978-87-93178-11-3.pdf
4	https://echa.europa.eu/da/registration-dossier/-/registered-dossier/11419/6/1
5	https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2006/87-7052-060-7/pdf/87-7052-061-5.pdf
6	https://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/09F567A7-B1EE-1FEE-73DB-8AE6C1EB7658/dnoc-eng.pdf
7	http://dissemination.echa.europa.eu/Biocides/ActiveSubstances/1310-02/1310-02_Assessment_Report.pdf
8	https://www.lfu.bayern.de/analytik_stoffe/chemikalien_gewaesser/index.htm
9	https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/291213/sc-ho1110bteo-e-e.pdf
10	https://echa.europa.eu/documents/10162/e1dc4188-c5b1-444d-8ff1-71002ebe12d6
11	https://echa.europa.eu/documents/10162/a2efc9fe-98ed-de5e-fe77-e87b8822b6d9
12	https://echa.europa.eu/documents/10162/848ca716-b6f2-e16c-8612-0788403f269c
13	https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5-Chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-one#section=Color-Form
14	https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/4-Tert-Octylphenol#section
15	https://www.nicnas.gov.au/chemical-information/imap-assessments/imap-assessments/tier-ii-environment-assessments/benzisothiazolinones
16	https://www.nicnas.gov.au/chemical-information/imap-assessments/imap-assessments/tier-ii-environment-assessments/methylisothiazolinones
17	https://echa.europa.eu/da/brief-profile/-/briefprofile/100.011.486
18	https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Naphthalene
19	https://echa.europa.eu/da/brief-profile/-/briefprofile/100.001.863
20	https://echa.europa.eu/da/brief-profile/-/briefprofile/100.002.675
21	https://www.ospar.org/documents?v=7031
22	https://echa.europa.eu/da/brief-profile/-/briefprofile/100.033.324
23	https://echa.europa.eu/da/registration-dossier/-/registered-dossier/14333/4/9
24	https://echa.europa.eu/da/registration-dossier/-/registered-dossier/19064/4/1
25	https://echa.europa.eu/documents/10162/34bf9b62-1499-18af-b059-4c8581b030cd
26	https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/4-6-Dinitro-O-cresol#section=Solubility
27	https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Anthraquinone#section=Solubility
28	https://echa.europa.eu/da/brief-profile/-/briefprofile/100.105.797
29	https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Bronopol
30	http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/490131.xml?f=templates\$fn=default.htm\$3.0
31	http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/490131.xml?f=templates\$fn=default.htm\$3.0
32	https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/3485

For de stoffer, for hvilke der kunne findes data, er der i Tabel 4.1 vist vandopløselighed (C(Opl)), PNEC, forholdet mellem C(Opl) og PNEC, log (Koc) og Kd. Alt andet lige vil risikoen for spredning i miljøet af et stof øges med øget vandopløselighed. Stoffer med højt damptryk er markeret "Letflygtigt".

PNEC (Predicted No Effect Concentration) er den (beregnete/estimerede) koncentration af et stof, som markerer det koncentrationsniveau, hvorunder der ikke kan måles/forventes nogen negative (akutte eller kroniske) toksiske effekter på et økosystem. Jo lavere PNEC, jo større toksicitet.

I en række tilfælde angiver forskellige kilder forskellige værdier af vandopløselighed og PNEC for samme stof. I disse tilfælde er værdier, som tidligere er publiceret af Miljøstyrelsen, generelt blevet foretrukket. Hvor sådanne ikke har kunnet findes, har vandopløseligheder bestemt ved neutralt pH og 20 °C og PNEC for akvatiske organismer i ferskvand oftest fået første prioritet. Hvis der yderligere har skullet vælges mellem flere værdier, er der anlagt et miljømæssigt konservativt princip, dvs. højeste vandopløselighed og laveste PNEC er i de fleste tilfælde blevet foretrukket. For en del stoffer kan der således herske en betydelig usikkerhed om, hvad den "sande" værdi af vandopløselighed og PNEC (og for den sags skyld også Kd) i en given situation er. Dette bør erindres, når resultaterne vurderes. Til illustration af dette er der i Bilag

5 for fire isothiazolinoner angivet værdier af vandopløselighed og PNEC fra flere forskellige kilder.

Kd er et udtryk for et stofs mobilitet i jord og grundvand. Jo højere Kd-værdi, jo langsommere transporteres et stof, alt andet lige. I Miljøstyrelsen (2018d) er det ved risikovurderinger for deponeringsanlæg foreslået at anvende en værdi på $K_d = \text{ca. } 15 \text{ l/kg}$ som øvre grænse for at medtage et stof ved vurderinger, der omfatter transport af stoffet gennem mindst 1 m mættet zone og mindst 100 m umættet zone. I denne sammenhæng estimeres Kd for de organiske stoffer ud fra Koc, der er den normaliserede fordelingskoefficient (ved ligevægt) for et stof i henholdsvis organisk kulstof og vand. Koc selv estimeres eksempelvis ved hjælp af Abduls formel (Miljøstyrelsen, 1996) ud fra fordelingskoefficienten, Kow, for stoffet mellem n-oktanol og vand, som kan findes for de fleste af stofferne. I denne sammenhæng er K_{OC} beregnet som angivet i European Communities (2003). Koc anvendes så sammen med f_c , som er fraktionen af organisk kulstof i den aktuelle jord, til beregning af $K_d = K_{OC} \times f_c$ (f.eks. Miljøstyrelsen, 1996). I Tabel 4.1 er der ved beregningen af Kd anvendt en forholdsvis konservativ værdi af $f_c = 0,001$, svarende til et indhold af organisk kulstof i jorden på 0,1 %.

I den efterfølgende behandling af dataene i Tabel 4.1 ses der bort fra de letflygtige stoffer, da de, hvis de var til stede i materialerne, må antages at være fordampet, så de stort set er væk, inden materialerne eventuelt nyttiggøres på nedknust form.

I Tabel A i Bilag 3 er stofferne sorteret efter aftagende vandopløselighed. Det fremgår, at mange af stofferne har ganske betydelige vandopløseligheder.

I Tabel B i Bilag 3 er stofferne sorteret efter voksende PNEC, dvs. aftagende potentiel skadevirkning på miljøet.

Det fremgår af Tabel 4.1, at næsten alle de estimerede værdier af Kd er mindre end 1 l/kg. Det vil sige, at stofferne generelt (på grund af deres store vandopløseligheder) kan forventes at være meget mobile i jord og grundvand. Kun ethoxyleret, forgrenet nonylphenol og para-tertiær-octylphenol har Kd-værdier, som overstiger 15 l/kg, nemlig henholdsvis 49 l/kg og 178 l/kg. Risikoen for spredning af disse stoffer i jord og grundvand til et punkt mere end 100 m nedstrøms for et eventuelt nyttiggørelsesprojekt inden for en tidsramme på 500 år må derfor forventes at være ringe ved, forudsat at stofferne passerer en umættet zone på mindst 1 m. Ethoxyleret, forgrenet nonylphenol tilsættes eller har været tilsat maling anvendt på eternittagplader (se afsnit 3.3), mens para-tertiær-octylphenol bliver eller har været tilsat fibercement (afsnit 3.4).

I Tabel 4.3 er de organiske stoffer uden letflygtige forbindelser sorteret efter aftagende værdier af $C(Opl)/PNEC$. Dette udtryk kombinerer effekten af opløselighed og PNEC og kan betragtes som en slags rangordning af stofferne med hensyn til risiko for uacceptabel spredning i miljøet, hvis de findes i materialer, som nyttiggøres som aggregater på ubunden form. Stofferne med de højeste værdier kan forventes at være de mest problematiske, da de har både høj vandopløselighed og mobilitet og høj toksicitet (lav PNEC). Det bemærkes, at listen toppes af CIT/CMIT (chlormetylisothiazolinon) og MIT (methylisothiazolinon), som tidligere blev udpeget som potentielt skadeligt i Miljøstyrelsen (2018a).

TABEL 4.3 De organiske stoffer fra Tabel 4.1 uden letflygtige forbindelser sorteret efter aftagende værdier af forholdet mellem vandopløseligheden og PNEC.

Stof	Relevant for	Vandopløselighed, C(Opl) mg/l	PNEC ng/l	C(Opl)/PNEC	Log Koc	Kd l/kg
CIT/CMIT	Beton, eternit	751000	2,1	357619047619	Mangler	
MIT	Beton, eternit	959000	5	191800000000	< 1,41	< 0,026
Bronopol	Beton, eternit	286000	3000	95333333	0	0,001
Carbendazim	Beton, eternit	3112	34	91529412	1,396	0,025
Tebuconazol	Beton, eternit	36	1	36000000	3,89	7,76
OIT	Beton, eternit	309	13	23769231	2,637	0,434
Glutaraldehyd	Beton, eternit	51300	2500	20520000	0,708	0,0051
Irgarol 1051/Cybutryn	Beton, eternit	20	1	20000000	2,724	0,530
2-og 4-methylphenol (o- og m-cresol)	Beton, eternit, fibercement	26000	1400	18571429	2,21	0,162
Iodocarb, IPBC	Beton, eternit	436	26	16769231	2,562	0,365
Ametryn	Beton, eternit, fibercement	191	32	5968750	2,53	0,339
Diuron	Beton, eternit	102	20	5100000	2,263	0,183
DCOIT	Beton, eternit	27	8	3375000	3,097	1,250
BIT	Beton, eternit	1288	400	3220000	1,711	0,051
Terbutryn	Beton, eternit, fibercement	42	34	1235294	2,631	0,428
Fenuron	Beton, eternit, fibercement	3850	9340	412206	1,53	0,034
Isoproturon	Beton, eternit	92	320	287500	2,491	0,310
Para-tert-octylphenol	Fibercement	5,113	61	83820	5,25	178
DNOC	Beton, eternit, fibercement	198	2600	76153,84615	1,825	0,067
Zinkpyrithion	Beton, eternit	6,3	90	70000	0,829	0,0067
Mecoprop, MCP	Beton, eternit	471	18000	26167	2,48	0,302
Naphthalen	Beton, eternit, fibercement	31	2400	12917	2,773	0,593
Propiconazol	Beton, eternit, fibercement	11	6800	1618	3,1584	1,44
Nonylphenol, branched, ethoxylated	Beton, eternit	1,104	800	1380	4,692	49,2
Anthraquinon	Beton, eternit, fibercement	1,4	Mangler		2,846	0,701
Natriumpyrithion	Beton, eternit	Mangler	Mangler	-	-	-
Octylphenoxypolyoxyethanol (Triton X)	Beton, eternit	Mangler	Mangler	-	Mangler	-

Hvis man ønsker at nyttiggøre de materialer, som kan indeholde nogle af stofferne i Tabel 4.3, bør det næste skridt være at undersøge om og i hvilket omfang nogle af disse stoffer rent faktisk er til stede i og kan udvaskes fra knust overfladebehandlet beton og fibercement og fra fiberbeton/fibercement mv. I den forbindelse vil rangordningen i kunne indgå som et redskab i prioriteringen mellem stofferne i forhold til planlægning af analyse- og testprogrammer.

4.2 Uorganiske indholdsstoffer, som kan indgå i keramik og glasur på keramik, herunder også tegl og sanitet

4.2.1 Metodik ved miljømæssig vurdering af mere omfattende datasæt for indhold og udvaskning af uorganiske stoffer

For de materialer og stoffer, for hvilke der kan fremskaffes data for sammensætning og udvaskning ved en given L/S-værdi, og hvor der for stoffernes vedkommende i Restproduktberegningen (BEK 1672/2016) findes grænseværdier for indhold og udvaskning ved L/S = 2 l/kg, kan der indledningsvis foretages en vejledende sammenligning af disse med grænseværdierne restproduktberegningen.

For materialer, for hvilke der foreligger eller kan estimeres udvaskningsresultater ved L/S = 2 l/kg, kan spredningsrisikoen af potentielt miljøproblematisk stoffer i forhold til grundvand (og 2550/2018).

overfladevand) ved nyttiggørelse efter knusning som aggregater på ubunden form estimeres. Dette er tidligere gjort for knust beton og tegl for de anvendelsesscenarier, som er beskrevet i Tabel 4.4 (fra Miljøprojekt nr. 2550/2018 (Miljøstyrelsen, 2018b)).

TABEL 4.4 Beskrivelse af anvendelsesscenarier for knuste materialer. Der er forudsat en umættet zone på 1 m og en grundvandsstrømningshastighed på 100 m/år (fra Miljøprojekt nr. 2550/2018).

Scenarietype	Højde (m)	Bredde/længde i strømningsretningen (m)	Infiltration (mm/år)	Kommentar
Veje	0,2 og 0,7	10 og 20	35 og 70	
Stier	0,2	2	350	
Pladser	0,2 og 1,0	100	70 og 350	(100 m x 100 m)
Støjvolde	5,0 og 10,0	10, 20 og 300	70 og 350	
Ramper	5,0 og 10,0	10, 20 og 300	70 og 350	Som støjvolde
Diger	5,0 og 10,0	10, 20 og 300	70 og 350	Som støjvolde
Jernbaneunderbygning	0,5	5	350	
Ledningsgrave	1,0	1	350	
Terrænregulering	5,0	100	350	(100 m x 100 m)
Anlæg på søterritoriet	5,0 og 10,0	10, 20 og 300	70 og 350	Som støjvolde
Opfyldning af kældre	5,0 og 10,0	10, 20 (og 300)	70 og 350	Som støjvolde

Hvis der for et givet stof og materiale foreligger eller kan estimeres data for udvaskede mængder i mg/kg ved $L/S = 2$ l/kg, kan man indsætte disse i tabellerne i Bilag 3 til Miljøstyrelsen (2018b). Herved kan man få en indikation af, om nyttiggørelse af en given stof/materiale-kombination i et givet scenarie kan forventes at forårsage en uacceptabel spredning til grundvand.

4.2.2 Sammenligning med grænseværdier i restproduktbekendtgørelsen

I Bilag 1 er der præsenteret resultater af indhold og udvaskning ved $L/S = 2$ l/kg af en række uorganiske stoffer fra prøver af inert affald med et dominerende indhold af fliser, klinker og sanitet (Miljøstyrelsen, 1998). I Tabel 4.5 er indhold og udvaskning af de stoffer i det inerte affald (stentøj og porcelæn), for hvilke der i Restproduktbekendtgørelsen findes grænseværdier i relation til nyttiggørelse under forskellige betingelser, sammenlignet med disse grænseværdier,

Af Tabel 4.5 fremgår det, at det for faststofindholdets vedkommende kun er Pb, som overskrider grænseværdien for Kategori 1. Der er tale om en meget stor overskridelse for bly, som kan stamme fra glasur på stentøj og porcelæn. Det skal dog bemærkes, at indholdet af Pb på 730 mg/kg er bestemt ved en totaloplukning (se Bilag 1), mens grænseværdien på 40 mg/kg refererer til analyser foretaget efter (partiell) oplukning i henhold til DS259 (BEK 1672/2016).

Af tabellen fremgår det endvidere, at udvaskningsresultaterne overskrider Kategori 1+2-kriterierne for Cr, Cu og Pb, mens overskridelsen for sulfat må tilskrives gipsindholdet, snarere end keramikken. Alle udvaskningskriterierne for Kategori 3 ser ud til at være overholdt (der mangler dog data for Ba, Hg og Se).

TABEL 4.5 Sammenligning af indhold og udvaskning af stoffer i inert affald (domineret af stentøj og porcelæn) med grænseværdier fra Restproduktbekendtgørelsen (BEK 1672/2016).

Stof	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3	Affald med sanitet fra Miljøstyrelsen (1998)
Faststofindhold i mg/kg tørstof				
As	≤ 20			9,9
Cd	≤ 0,5			0,47
Cr (total)	≤ 500			26
Cr (VI)	≤ 20			-
Cu	≤ 500			12
Hg	≤ 1			< 0,3
Ni	≤ 30			22
Pb	≤ 40			730
Zn	≤ 500			320
Udvaskede mængder ved L/S = 2 l/kg i mg/kg TS				
As	≤ 0,016	≤ 0,016	0,016 – 0,10	< 0,002
Ba	≤ 0,60	≤ 0,60	0,60 – 8,0	-
Cd	≤ 0,004	≤ 0,004	0,004 – 0,080	< 0,0006
Cr (total)	≤ 0,020	≤ 0,020	0,020 – 1,0	0,32
Cu	≤ 0,090	≤ 0,090	0,090 – 4,0	0,13
Hg	≤ 0,0002	≤ 0,0002	0,0002 – 0,002	-
Mn	≤ 0,30	≤ 0,30	0,30 – 2,0	< 0,002
Ni	≤ 0,020	≤ 0,020	0,020 – 0,14	< 0,2
Pb	≤ 0,020	≤ 0,020	0,02 – 0,20	0,12
Se	≤ 0,020	≤ 0,020	0,020 – 0,060	-
Zn	≤ 0,20	≤ 0,20	0,20 – 3,0	0,034
Klorid	≤ 300	≤ 300	300 – 6000	86
Sulfat	≤ 500	≤ 500	500 – 8000	2600
Natrium	≤ 200	≤ 200	200 - 3000	110

4.2.3 Vurdering ved hjælp af scenarieberegninger for knust beton og tegl

I Miljøstyrelsen (2018b) er der som nævnt udviklet en metode, som på grundlag af udvaskningsforløb og mobilitet af en række uorganiske stoffer kan estimere, om stofferne, når de udvaskes fra en række forskellige scenarier for anvendelse af knust beton og tegl, vil give anledning til overskridelse af kvalitetskravene til grundvand. Påvirkningen af grundvandet vurderes modelmæssigt over en periode på 500 år ved referencepunkter (Points of Compliance, POC) i grundvandet i afstandene 0 m, 10 m, 30 m og 100 m nedstrøms for anvendelserne.

Anvendelsesscenarierne er karakteriseret ved en lagtykkelse, en længde i grundvandsstrømmens retning, en årlig nettoinfiltration af nedbør og en tykkelse af den umættede zone under anvendelsesprojektet (se Tabel 4.3). De enkelte stoffer er hver karakteriseret ved en udvaskningsprofil, som er fastlagt eksperimentelt og udtrykt ved en stof- og materialespecifik konstant, κ , og ved en K_d -værdi som udtryk for mobiliteten ved transport gennem jord og grundvand.

Modellen er indrettet således, at hvis man for et materiale har målt de udvaskede stofmængder ved $L/S = 2$ l/kg, kan disse blot indsættes i modellen, som så for hvert stof, scenarie og

POC-afstand vil vise, om grundvandskvalitetskravene nedstrøms kan forventes at være overholdt over de næste 500 år. For hvert stof, scenarie og POC har modellen beregnet en grænseværdi for stofudvaskningen, som hvis den ikke overskrides af testresultatet for udvaskning af stoffet ved $L/S = 2 \text{ l/kg}$, sikrer, at grundvandskvalitetskravet ved de forskellige POC'er overholdes.

Idet det antages, at udvaskningsprofilen for stentøj og porcelæn ligner profilen for knust beton og tegl, er metodikken anvendt på udvaskningsdataene for As, Cd, Cr, Cu, Mn, Na, Pb, Ni og Zn for stentøj og porcelæn, som er vist i Tabel B i Bilag 1. Resultaterne i form af overholdelse eller ikke overholdelse af kvalitetskravene for nedstrøms grundvand er vist i Tabel 4.6.

TABEL 4.6 Eksempel på scenarieberegninger for udvaskningsdata for knust stentøj og porcelæn. For de scenarier og POC'er, hvor der i tabellen er anført et stof, betyder det, at de pågældende stoffer ikke kan forventes at overholde grundvandskvalitetskravene for det pågældende scenarie ved de pågældende POC'er.

Nr.	Scenariebeskrivelse	H	L	Inf	UZ	Point of compliance (POC)			
						0 m	10 m	30 m	100 m
		m	m	mm/år	m				
1.1	Veje	0.20	10	35	1				
1.2	Veje	0.20	10	70	1				
1.3	Veje	0.20	20	35	1				
1.4	Veje	0.20	20	70	1				
1.5	Veje	0.70	10	35	1				
1.6	Veje	0.70	10	70	1				
1.7	Veje	0.70	20	35	1				
1.8	Veje	0.70	20	70	1				
2.1	Stier	0.20	2	350	1				
3.1	Jernbaneunderbygning	0.50	5	350	1				
4.1	Ledningsgrave	1.00	1	350	1				
5.1	Pladser	1.00	100	70	1				
5.2	Pladser	1.00	100	350	1	Cr, Pb	Cr, Pb	Cr	
5.3	Pladser	0.20	100	70	1				
6.1	Terrænregulering	5.00	100	350	1	Cr, Pb	Cr, Pb	Cr	Cr
7.1	Støjvolde mv.	5.00	10	70	1				
7.2	Støjvolde mv.	5.00	20	70	1				
7.3	Støjvolde mv.	5.00	20	350	1				
7.4	Støjvolde mv.	10.00	20	70	1				
7.5	Støjvolde mv.	10.00	20	350	1	Cr, Ni, Pb	Cr, Ni, Pb	Cr, Ni	
7.6	Støjvolde mv.	10.00	300	350	1	Cr, Ni, Pb	Cr, Ni, Pb	Cr, Ni, Pb	Cr, Ni
	H: Højden af anvendelsen								
	L: Længden af anvendelsen i grundvandets strømningsretning								
	Inf: Årlig infiltration af nedbør								
	UZ: Tykkelsen af den umættede zone								
	Støjvolde mv. dækker støjvolde, ramper, diger, kældre og søterritoriet								

Denne indledende vurdering, som er baseret på en enkelt prøve af affald domineret af klinker og sanitet, illustrerer mulighederne for at gennemføre en risikovurdering og giver en første indikation af udvaskningsniveauet for den aktuelle prøve. De gennemførte scenarieberegninger, som er baseret på resultater for denne ene prøve fra Miljøprojekt 415/1998, viser, at nedknust stentøj og porcelæn muligvis vil kunne anvendes i de fleste af de undersøgte scenarier uden uacceptabel spredning af problematiske stoffer.

Det er kun nogle af scenarierne med stor fyldhøjde eller stort areal og en formentlig urealistisk høj infiltration af nedbør (350 mm/år), som giver problemer med overholdelse af grundvandskvalitetskravene for denne prøve. Det skal bemærkes, at en egentlig vurdering af mulighe-

derne for nyttiggørelse stentøj og sanitet bør omfatte et større antal prøver, der er repræsentative for den fraktion af stentøj og sanitet, som forekommer i dag. Desuden bør der indgå et væsentligt større antal parametre, ligesom tilfældet var i Miljøprojekt nr. 2550 (Miljøstyrelsen, 2018b), hvor udvaskningen af følgende stoffer blev vurderet: As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Mn, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Zn, fluorid, klorid og sulfat, DOC, decan, pentadecan, naphthalen, fluoranthen og PCB28. For stentøj og porcelæn bør der kunne ses bort fra de organiske stoffer på listen.

5. Konklusioner og anbefalinger

På grundlag af det gennemførte projekt kan der drages følgende hovedkonklusioner:

- Det har været vanskeligt at fremskaffe brugbare, konkrete informationer om identitet, mængde og udvaskningsegenskaber for stoffer, der er påført eller tilsat beton, fibercement, herunder eternittagplader fra fabrikanternes side med henblik på direkte eller indirekte overfladebeskyttelse, eller som forekommer i/udvaskes fra fiberarmeret beton, fibercement samt klinker og sanitet.
- Fra udenlandsk litteratur, nyligt gennemførte Miljøstyrelsesprojekter og følgegruppemedlemmer er der indsamlet informationer om potentielt miljøproblematiske indholdsstoffer (primært organiske biocider), som anvendes/har været anvendt til direkte eller indirekte overfladebeskyttelse af tegl, beton og fibercement (inklusive eternittagplader), eller som er fundet i fiberbeton og fibercement. Der er indsamlet en liste på knap 30 organiske stoffer, som teoretisk kunne være tilsat overfladerne, fibre eller grundmassen af beton, fibercement eller fiberarmeret beton.
- Den potentielle risiko for uacceptabel spredning af de organiske stoffer kan vurderes overlagsmæssigt ud fra en rangordning af disse efter forholdet mellem deres vandopløselighed og PNEC, hvor de største værdier ses for de stoffer, der er mest kritiske med hensyn til spredning og toksicitet. Det bemærkes, at der blandt de 15 mest kritiske stoffer findes 5 isothiazolinoner (CIT/CMIT, MIT; BIT, DCOIT og OIT).
- Glasur på keramik, hvor kun uorganiske stoffer er relevante, kan indeholde en lang række grundstoffer, herunder Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe Mn, Pb, Pr, Se, Sn, V, Zn og Zr. Der er i en enkelt udenlandsk undersøgelse konstateret betydeligt indhold af Cd og Pb i glasur anvendt på glasemballage til drikkevarer (ikke stentøj og porcelæn). For klinker og sanitet, hvor der for en enkelt ældre affaldsprøve foreligger anvendelige data vedrørende indhold og udvaskning af en række uorganiske stoffer, har det været muligt at gennemføre en sammenligning med grænseværdierne i Restproduktbekendtgørelsen. Desuden var det muligt at gennemføre en risikovurdering baseret på tidligere udførte scenarieberegninger. Resultaterne indikerede, at prøven, som dog ikke kan forventes at være repræsentativ for fraktionen sanitet i dag, formentlig kunne overholde Restproduktbekendtgørelsens kvalitetskriterier for Kategori 3, og at den på nedknust form ville kunne anvendes i en række af scenarierne i Miljøprojekt nr. 2550/2018 uden at overskride de nedstrøms krav til grundvandskvalitet.

På grund af manglen på konkret viden om indholdet af de ovennævnte stoffer i nye og gamle beton-, eternit-, fiberbeton-, fibercement- og keramikprodukter anbefales det at foretage en egentlig undersøgelse af stofindhold og stofudvaskning af disse på knust form. Det anbefales, at der udtages et antal repræsentative prøver af de materialer, som har været omfattet af nærværende projekt, og at disse underkastes kemiske analyser og udvaskningstests, som vil være relevante for de forskellige materialer. Analyseprogrammet for faststof og/eller eluater fra stofudvaskning bør for alle materialer omfatte uorganiske stoffer og TOC/DOC af samme omfang som i Miljøprojekt nr. 2050/2018, mens prøver af faststof og/eller eluater for overfladebehandlet og ikke-overfladebehandlet beton og eternittagplader samt prøver af fiberbeton bør analyseres for et udvalg af de i dette projekt identificerede potentielt problematiske organiske stoffer.

6. Referencer

Det bemærkes, at en række referencer, som ikke er medtaget nedenfor, er angivet som internet-links i Tabel 4.2.

Bech, P. (2019). Personlig kommunikation med Peter Bech, Etex Exteriors, Danmark.

Burkhardt, M., Kupper, T., Hean, S., Haag, R., Schmid, P., Kohler, M., & Boller, M. (2007). *Biocides used in building materials and their leaching behavior to sewer systems*. *Water Science and Technology*, 56(12), 63–67. doi:10.2166/wst.2007.807

Burkhardt, M., Zuleeg, S., Vonbank, R., Bester, K., Carmeliet, J., Boller, M., & Wangler, T. (2012). *Leaching of Biocides from Façades under Natural Weather Conditions*. *Environmental Science & Technology*, 46(10), 5497–5503. doi:10.1021/es2040009 .

Eppler, R.A. & Obster, M. (2005). *Understanding Glazes*. Wiley-American Ceramic Society. ISBN: 9781574982220.

European Communities (2003). Technical Guidance Document on Risk Assessment in support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for new notified substances. Commission Regulation (EC) No 1488/94 on Risk Assessment for existing substances Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council concerning the placing of biocidal products on the market. Part III.

Lajer, A.R. (2019). Personlig kommunikation med Anne Rosenkilde Lajer, Dansk Byggeri, 20. august 2019.

Lindner, W. (1997). *Studies on film preservatives: Retention of DCMU in outdoor paints, Biofouling: The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research*, 11:3, 179-189. DOI: 10.1080/08927019709378329.

Lupsea, M., Tiruta-Barna, L., & Schiopu, N. (2014). *Leaching of hazardous substances from a composite construction product – An experimental and modelling approach for fibre-cement sheets*. *Journal of Hazardous Materials*, 264, 236–245. doi:10.1016/j.jhazmat.

Miljøstyrelsen (1996). *Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand: Bind 1. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen*. Nr. 20. Miljø- og Energiministeriet.

Miljøstyrelsen (1998). *Karakterisering af affald*. Miljøprojekt nr. 414. Miljø- og Energiministeriet.

Miljøstyrelsen (2014). *Water driven leaching of biocides from paints and renders – Methods for the improvement of emission scenarios concerning biocides in buildings*. Pesticide Research No. 156/2014. Danish ministry of the Environment, Environmental Protection Agency).

Miljøstyrelsen (2018a). *Forekomst og udvaskning af problematiske stoffer i knust beton og tegl*. Miljøprojekt nr. 1991. Miljø- og Fødevareministeriet.

Miljøstyrelsen (2018b). *Modellering af udvaskning af problematiske stoffer fra beton og tegl*. Miljøprojekt nr. 2550. Miljø- og Fødevareministeriet.

Miljøstyrelsen (2018c). Transport and transformation of biocides in construction materials Factors controlling release and emissions. Pesticide Research No. 177. The Danish Environmental Protection Agency. November 2018

Miljøstyrelsen (2018d). Udvikling af metodik til risikovurdering ved deponering af affald. Delopgave 1 – Kildestyrke. Konceptuelle modeller. Miljøprojekt nr. 2057. Miljø- og Fødevareministeriet.

Miljøstyrelsen (2020). Potentiel udvaskning af problematiske stoffer i forbindelse med nyttiggørelse af nedknuste bølgeeternitplader uden asbest. Miljøprojekt nr. 2120. Miljø- og Fødevareministeriet.

Schoknecht, U., Gruycheva, J., Mathies, H., Bergmann, H., & Burkhardt, M. (2009). *Leaching of Biocides Used in Façade Coatings under Laboratory Test Conditions. Environmental Science & Technology*, 43(24), 9321–9328. doi:10.1021/es9019832

Schoknecht, Ute, Töpfer, Antje, Uhlig, Steffen, Baldauf, Henning (2012). Characterisation of leaching of biocidal active substances of main group 2 'preservatives' from different materials under weathering conditions. Umweltbundesamt.

Thor Biocides (2019): <https://www.thor.com/biocidesconstructionandconcrete.html> d 8. maj 2019.

Turner, Andrew (2019). *Heavy metals in the glass and enamels of consumer container bottles. Environmental Science & Technology*. DOI: 10.1021/acs.est.9b01726.

US EPA (1994). Method 1311: Toxicity characteristic leaching procedure. US Environmental Protection Agency, Washington, DC.

Bilag 1. Data for indhold og udvaskning af stoffer i klinker og sanitet

Data og fotos fra Miljøprojekt nr. 414/1998: Karakterisering af affald

Baggrund

I perioden 1995 – 1997 gennemførte VKI for Miljøstyrelsen en karakterisering af en række affaldstyper, herunder inert affald, som blev tilført Kallerup fyldplads. Det inerte affald bestod primært af klinker, fliser og sanitet, dvs. stentøj og porcelæn. Der var desuden et betydeligt indhold af gipsplader, men da de for mere end 90 procents vedkommende består af CaSO_4 – og stentøj og porcelæn ikke indeholder eller frigiver calciumsulfat i væsentlige mængder – kan analyser og udvaskningsresultater fra de knuste prøver af det inerte affald, når der ses bort fra calciumsulfat (og TOC), betragtes som gode indikatorer for indhold af uorganiske stoffer fra klinker og sanitet på knust form.

Prøvetagning, forbehandling og bestemmelse af faststofindhold

Efter udtagning og nedknusning af prøver (se Figur A og Figur B) blev disse blandt andet analyseret for totalindhold af en række uorganiske stoffer og total organisk kulstof (TOC). Resultaterne repræsenterer stofindholdet i både selve stentøjet og porcelænet og glasuren på overfladen. Tabel A viser bl.a. de maksimale stofindhold fundet ved totalanalyser af det inerte affald (bestemt i triplikat) og i gipsen.

Tabel A Totalindhold af uorganiske stoffer mv. i inert affald bestående primært af stentøj, porcelæn og gipsplader.

Parameter	Enhed	Max-værdi	Affaldsgips
Si	g/kg	300	3,8
Al	g/kg	41	0,95
Fe	g/kg	6,6	0,7
Ca	g/kg	81	270
Mg	g/kg	4,9	0,80
Ti	g/kg	1,2	0,24
K	g/kg	11	0,42
Na	g/kg	18	
Total-S	g/kg	14	210
Klorid	g/kg	0,16	0,90
As	mg/kg	9,9	< 1
Ba	mg/kg	390	< 5
Cd	mg/kg	0,47	0,056
Co	mg/kg	18	6,1
Cr	mg/kg	26	< 20
Cu	mg/kg	12	< 5
Hg	mg/kg	< 0,3	< 0,3
Mn	mg/kg	210	70
Mo	mg/kg	< 0,1	< 0,1
Ni	mg/kg	22	< 10
P	mg/kg	390	130
Pb	mg/kg	730	< 50
Sn	mg/kg	5,7	< 0,1
Sr	mg/kg	250	85
V	mg/kg	27	< 20
Zn	mg/kg	320	140
pH	-	11,3	8,5
Alkalinitet	ækv/kg	2,7	0,53

Parameter	Enhed	Max-værdi	Affaldsgips
Glødetab	g/kg	17	22
TOC	g/kg	4,0	5,1



Figur A Foto af læsset af inert affald.



Figur B Grovknusning af læsset af inert affald med dozer.

Bestemmelse af stofudvaskning ved $L/S = 2 \text{ l/kg}$

På prøverne (delprøverne $< 4 \text{ mm}$) er der foretaget bestemmelse af udvaskningen af en række indholdsstoffer ved en tottrins-batchudvaskningstest. Til bestemmelsen anvendtes Nord-test-metoden NT ENVIR 005, Procedure 2 (Nordtest, 1998), som kan betragtes som en forløber for

totrins-batchtesten EN 12457-3. Første trin af denne to-trins udvaskningstest svarer i praksis stort set til batchtesten EN 12457-1 (som er foreskrevet i Restproduktbekendtgørelsen), bortset fra at kontakttiden var 6 timer mod de 24 timer, der anvendes i EN 12457-1. Dette vurderes dog at have ringe betydning i denne sammenhæng. Udvasningen blev gennemført med demineraliseret vand, som initielt var indstillet til pH = 4 med HNO₃ ("kunstigt regnvand"), i stedet for, som ved EN 12457-1, med demineraliseret vand. På grund af syrens ringe pufferkapacitet og faststofprøvernes dominerende indflydelse ved den L/S-værdi, som anvendtes, skønnes det ikke at gøre nogen forskel, hvilket af de to ekstraktionsmidler der vælges.

Resultaterne af udvaskningstestene er vist som maksimale udvaskede stofmængder (triplikat) ved L/S = 2 l/kg i Tabel B. Til sammenligning er vist den tilsvarende udvaskning fra ren affaldsgips.

Tabel B Udvaske mængder fundet ved batchtest ved L/S = 2 l/kg for inert affald og gips.

Parameter	Enhed	Max-værdi	Affaldsgips
Fe	mg/kg	0,11	0,06
Ca	mg/kg	2200	1400
Na	mg/kg	110	190
K	mg/kg	76	7,2
Sulfat	mg/kg	2600	3200
Klorid	mg/kg	86	90
As	mg/kg	< 0,002	0,01
Cd	mg/kg	< 0,0006	0,02
Cr	mg/kg	0,32	< 0,0006
Cu	mg/kg	0,13	0,10
Mn	mg/kg	< 0,002	-
Ni	mg/kg	< 0,2	0,12
Pb	mg/kg	0,12	< 0,002
Zn	mg/kg	0,034	0,15
pH	mg/kg	12,2	
Alkalinitet	mg/kg	50	10
NVOC	mg/kg	130	640

Bilag 2. Liste over stoffer tilsat beton i forbindelse med underjordiske støbninger

Liste over stoffer, der har givet anledning til spørgsmål i forbindelse med underjordiske betonstøbninger i Københavns Kommune (Koefod, 2019). Listen, der er medtaget for at illustrere, hvor mange forskellige stoftyper, der anvendes ved støbning af beton, rækker ud over formålet med nærværende projekt. Nogle af stofferne på listen er dog også identificeret i dette projekt.

Indholdsstoffer	CAS-nr
Styren	100-42-5
Calciumnitrat	10124-37-5 13477-34-4
2-Propenoic acid, polymer with alpha.**** (ufuldstændigt navn i ans.)	1013932-55-2
2,2',2''-nitrilotriethanol / Triethanolamine	102-71-6
1-chloro-2,3-epoxypropane (epichlorhydrin)	106-89-8
N-methyltaurine	107-68-6
Poly(oxy-1,2-ethanediyl), alpha-(3-methyl-3-buten-1-yl)-omega-hydroxy-	110412-77-6
Diethanolamine / 2,2'-iminodiethanol	111-42-2
2,2'-oxydiethanol / diethylene glycol	111-46-6
Amorphous Silica	112945-52-5
Carbon dioxide	124-38-9
2-Propenoic acid, polymer with .alpha.-(3-methyl-3-buten-1-yl)-.omega.-hydroxypoly(oxy-1,2-ethanediyl) , graft, sodium salt	125121-39-3
Triisobutyl phosphate, TiBP	126-71-6
Tri-n-butyl-phosphat, TBP	126-73-8
Tri-(2-chlorethyl)-phosphat, TCEP	115-96-8
Tris(2-chlorisopropyl)phosphat, TCPP	13674-84-5
Triethylphosphat, TEP	78-40-0
Triphenylphosphat, TPP	115-86-6
Trichlorpropylphosphat	26248-87-3
Tricresylphosphat, TCP	1330-78-5
2,6-di-tert-butyl-p-cresol	128-37-0
Bentonit	1302-78-9
Calciumoxid	1305-78-8
Magnesiumoxid	1309-48-4
Natriumhydroxid	1310-73-2
Limestone (kalk)	1317-65-3

Aluminumklorid, basic	1327-41-9
Gips (Ca(SO ₄).2H ₂ O)	13397-24-5
Silicic acid, sodium salt	1344-09-8
Aluminiumoxid	1344-28-1
Jernoxid	1345-25-1
Sodium 2-[methylethanolamino]ethane-1-sulphonate	137-20-2
Disodium dihydrogen ethylenediaminetetraacetate	139-33-3 6381-92-6
2-aminoethanol	141-43-5
(Benzyloxy)methanol	14548-60-8
Quartz (SiO ₂)	14808-60-7
Sodium p-chloro-m-cresolate	15733-22-9
Chromium (VI)	18540-29-9
Polycarboxylate ether (2-Propenoic acid, polymer with α-[4-(ethenyloxy) butyl]-ω-hydroxypoly (oxy-1, 2-ethanediyl), sodium salt)	250591-84-5
Poly(oxy-1,2-ethanediyl),α-hydro-ω-hydroxy- Ethane-1,2-diol, ethoxylated	25322-68-3
2,5-Furandione, polymer with ethenylbenzene, ester with .alpha.- methyl-.omega.-hydroxypoly(oxy-1,2-ethanediyl) and methyloxirane polymer with oxirane monobutyl ether, sodium salt	259676-56-7
Polycarboxylate ether modificeret med alkoxyleret alkohol (2,5-Furandione, polymer with ethenylbenzene, ester with .alpha.-methyl-.omega.-hydroxypoly(oxy-1,2-ethanediyl) and methyloxirane polymer with oxirane monobutyl ether, sodium salt)	259676-56-7
Epichlorohydrin-dimethylamine-copolymer	25988-97-0
5-chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-one (CIT, CMIT, CMI)	26172-55-4
1,2-benzisothiazol-3(2H)-one (BIT)	2634-33-5
2-octyl-2H-isothiazol-3-one (OIT)	26530-20-1
2-methyl-2H-isothiazol-3-one (MIT, MI)	2682-20-4
Sodium glycollate	2836-32-0
Poly(oxy-1,2-ethanediyl), .alpha.-[(2Z)-3-carboxy-1-oxo-2-propen-1-yl]-.omega.-methoxy-	31833-82-6
(ethylenedioxy)dimethanol 1,6-Dihydroxy-2,5-dioxahexane EDDM	3586-55-8
1,2-Ethanediamine, polymer with (chloromethyl)oxirane and N- methyl-methanamine	42751-79-1
Sodium N-methyltaurinate	4316-74-9
Calcium carbonate	471-34-1 7440-70-2
Sodium carbonate	497-19-8 6132-02-1 7440-23-5
Formaldehyde	50-00-0
Polycarboxylate ether (2-Propenoic acid, polymer with α-[4-(ethenyloxy) butyl]-ω-hydroxypoly (oxy-1,2-ethanediyl) and 1,2-propanediol mono-2-propenoate, potassium sodium salt)	518026-64-7
Bronopol (INN) 2-Bromo-2-nitropropane-1,3-diol	52-51-7

Sodium gluconate	527-07-1
Propane-1,2-diol	57-55-6
Castor oil, ethoxylated (1 - 6.5 moles ethoxylated)	61791-12-6
Slags, ferrous metal, blast furnace (Ground granulated blastfurnace slag)	65996-69-2
Portland cement, klinker	65997-15-1
Sulfonic acids, C14-16-alkane hydroxy and C14-16-alkene, sodium salts	68439-57-6
Flue dust, portland cement	68475-76-3
Alcohols, C8-18, ethoxylated propoxylated	69013-18-9
Polyoxyalkylene alkylether fatty acid	72283-35-3
Aluminium Powder	7429-90-5
Polymer af sodium acrylate	7446-81-3
Tin sulphate	7488-55-3
Ethylene oxide	75-21-8
Silicon dioxide	7631-86-9 112926-00-8
Sodium Nitrate	7631-99-4
Hydrogen chloride	7647-01-0
Sodium chloride	7647-14-5
Sodium hydrogensulphate	7681-38-1 10034-88-5
Iron trichloride	7705-08-0 10025-77-1
Iron sulphate	7720-78-7
Hydrogen peroxide	7722-84-1
Sodium sulphate	7757-82-6
Acrylic acid (2-propenoic acid)	79-10-7
Tall oil	8002-26-4
Rosin	8050-09-7
Lignosulfonic acid, sodium salt	8061-51-6
Lignosulfonic acid, calcium salt	8061-52-7
Lignosulfonic acid, magnesium salt	8061-54-9
2-methyloxirane	9003-11-6
Carboxymethyl cellulose sodium salt / Polyanionisk cellulose	9004-32-4
Cellulose, 2-hydroxyethyl ether / 4-(2-aminopropyl) phenolhydrobromide	9004-62-0
Poly(oxy-1,2-ethanediyl), α -methyl- ω -hydroxy-	9004-74-4
Octadecan-1-ol, ethoxylated Alpha-octadecyl-omega-hydroxy-polygly- colether	9005-00-9
Starch	9005-25-8
Starch, carboxymethyl ether, sodium salt	9063-38-1
Naphthalenesulfonic acid, polymer with formaldehyde, sodium salt	9084-06-4
MSH-fluid	9084-06-4
Gluconic Acid	Ikke oplyst (kan være 526-95-4 / 133-42-6)
"Forskellige råvarer baseret på vandig opløsning af polykarboxylatether"	N/A

"Kondensatprodukt af naphtalen, sulfonsyre-formaldehyd og natrium salt"	N/A
"Sirup, brun"	N/A
"Vandig opløsning af polykarboxylatether modificeret med alkoxyleret alkohol"	N/A
Ferrosulphate	N/A
Polykarboxylat-polyethen glycol / NaOH polymer	N/A
Polyol: methyloxiran-polymer with oxiran	N/A
Polysiloxane, water soluble	N/A
Sulfoneret melamine polymer Sulfurous acid, mono sodium salt, polymer with formaldehyde and 1,3,5-triazine-2,4,6-triamine.	N/A

Bilag 3. Sorterede stofdata for organiske stoffer

Tabel A De organiske stoffer fra Tabel 4.1 uden letflygtige forbindelser sorteret efter af-tagende vandopløselighed.

Stof	Relevant for	Vandopløse- lighed, C(Opl) mg/l	PNEC ng/l	C(Opl)/PNEC	Log Koc	Kd l/kg
MIT	Beton, eternit	959000	5	191800000000	< 1,41	< 0,026
CIT/CMIT	Beton, eternit	751000	2,1	357619047619	Mangler	
Bronopol	Beton, eternit	286000	3000	95333333	0	0,001
Glutaraldehyd	Beton, eternit	51300	2500	20520000	0,708	0,0051
2-og 4-methylphenol (o- og m-cresol)	Beton, eternit, fibercement	26000	1400	18571429	2,21	0,162
Fenuron	Beton, eternit, fibercement	3850	9340	412206	1,53	0,034
Carbendazim	Beton, eternit	3112	34	91529412	1,396	0,025
BIT	Beton, eternit	1288	400	3220000	1,711	0,051
Mecoprop, MCPP	Beton, eternit	471	18000	26167	2,48	0,302
Iodocarb, IPBC	Beton, eternit	436	26	16769231	2,562	0,365
OIT	Beton, eternit	309	13	23769231	2,637	0,434
DNOC	Beton, eternit, fibercement	198	2600	76153,84615	1,825	0,067
Ametryn	Beton, eternit, fibercement	191	32	5968750	2,53	0,339
Diuron	Beton, eternit	102	20	5100000	2,263	0,183
Isoproturon	Beton, eternit	92	320	287500	2,491	0,310
Terbutryn	Beton, eternit, fibercement	42	34	1235294	2,631	0,428
Tebuconazol	Beton, eternit	36	1	36000000	3,89	7,76
Naphthalen	Beton, eternit, fibercement	31	2400	12917	2,773	0,593
DCOIT	Beton, eternit	27	8	3375000	3,097	1,250
Irgarol 1051/Cybutryn	Beton, eternit	20	1	20000000	2,724	0,530
Propiconazol	Beton, eternit, fibercement	11	6800	1618	3,1584	1,44
Zinkpyrithion	Beton, eternit	6,3	90	70000	0,829	0,0067
Para-tert-octylphenol	Fibercement	5,113	61	83820	5,25	178
Anthraquinon	Beton, eternit, fibercement	1,4	Mangler		2,846	0,701
Nonylphenol, branched, ethoxylated	Beton, eternit	1,104	800	1380	4,692	49,2
Natriumpyrithion	Beton, eternit	Mangler	Mangler	-	-	-
Octylphenoxypolyetoxyethanol (Triton X)	Beton, eternit	Mangler	Mangler	-	Mangler	-

Tabel B De organiske stoffer fra Tabel 4.1 uden letflygtige forbindelser sorteret efter stigende PNEC.

Stof	Relevant for	Vandopløselighed, C(Opl) mg/l	PNEC ng/l	C(Opl)/PNEC	Log Koc	Kd l/kg
Tebuconazol	Beton, eternit	36	1	36000000	3,89	7,76
Irgarol 1051/Cybutryn	Beton, eternit	20	1	20000000	2,724	0,530
CIT/CMIT	Beton, eternit	751000	2,1	357619047619	Mangler	
MIT	Beton, eternit	959000	5	191800000000	< 1,41	< 0,026
DCOIT	Beton, eternit	27	8	3375000	3,097	1,250
OIT	Beton, eternit	309	13	23769231	2,637	0,434
Diuron	Beton, eternit	102	20	5100000	2,263	0,183
Iodocarb, IPBC	Beton, eternit	436	26	16769231	2,562	0,365
Ametryn	Beton, eternit, fibercement	191	32	5968750	2,53	0,339
Carbendazim	Beton, eternit	3112	34	91529412	1,396	0,025
Terbutryn	Beton, eternit, fibercement	42	34	1235294	2,631	0,428
Para-tert-octylphenol	Fibercement	5,113	61	83820	5,25	178
Zinkpyrithion	Beton, eternit	6,3	90	70000	0,829	0,0067
Isoproturon	Beton, eternit	92	320	287500	2,491	0,310
BIT	Beton, eternit	1288	400	3220000	1,711	0,051
Nonylphenol, branched, ethoxylated	Beton, eternit	1,104	800	1380	4,692	49,2
2-og 4-methylphenol (o- og m-cresol)	Beton, eternit, fibercement	26000	1400	18571429	2,21	0,162
Naphthalen	Beton, eternit, fibercement	31	2400	12917	2,773	0,593
Glutaraldehyd	Beton, eternit	51300	2500	20520000	0,708	0,0051
DNOC	Beton, eternit, fibercement	198	2600	76153,84615	1,825	0,067
Bronopol	Beton, eternit	286000	3000	95333333	0	0,001
Propiconazol	Beton, eternit, fibercement	11	6800	1618	3,1584	1,44
Fenuron	Beton, eternit, fibercement	3850	9340	412206	1,53	0,034
Mecoprop, MCP	Beton, eternit	471	18000	26167	2,48	0,302
Anthraquinon	Beton, eternit, fibercement	1,4	Mangler		2,846	0,701
Natriumpyrithion	Beton, eternit	Mangler	Mangler	-	-	-
Octylphenoxypolyoxyethanol (Triton X)	Beton, eternit	Mangler	Mangler	-	Mangler	-

Bilag 4. CAS-numre for de organiske stoffer

Stof	CAS-nummer
2-og 4-methylphenol (o- og m-cresol)	95-48-7 og 108-39-4
Acetaldehyd	75-07-0
Acetone	67-64-1
Ametryn	834-12-8
Anthraquinon	84-65-1
BIT	2634-33-5
Bronopol	52-51-7
Carbendazim	10605-21-7
CIT (formentlig CMIT)	26172-55-4
DCOIT	64359-81-5
Diuron	330-54-1
DNOC	534-52-1
Ethylbenzen	100-41-4
Fenuron	101-42-8
Formaldehyd	50-00-0
Glutaraldehyd	111-30-8
Iodocarb, IPBC	55406-53-6
Irgarol 1051/Cybutryn	28159-98-0
Isoproturon	34123-59-6
m- og p-xylen	108-38-3 og 106-42-3
Mecoprop, MCP	93-65-2
MIT	2682-20-4
Naphthalen	91-20-3
Natriumprithion	3811-73-2
Nonylphenol, branched, ethoxylated	127087-87-0
Octylphenoxypolyoxyethanol (Triton X)	92046-34-9
OIT	26530-20-1
Para-tert-octylphenol	140-66-9
Propiconazol	60207-90-1
Tebuconazol	107534-96-3
Terbutryn	886-50-0
Zinkprithion	13463-41-7

Bilag 5. Eksempler på spredning af data fra forskellige kilder

Nedenfor ses data for vandopløselighed og PNEC for de fire isothiazolinoner BIT, CIT/CMIT, MIT og OIT, indsamlet fra forskellige kilder.

Stof	Egenskab	Værdi	Kilde
BIT	Vandopløselighed	427 – 4220 mg/l	ECHA 1
BIT	Vandopløselighed	1288 mg/l	ECHA 1, Austria 1
BIT	Vandopløselighed	22204 mg/l	MST (2014)
CIT/CMIT	Vandopløselighed	Ubegrænset	PubChem
CIT/CMIT	Vandopløselighed	706000 – 751000 mg/l	Austria 2
CIT/CMIT	Vandopløselighed	751000 mg/l	Austria 2
CIT/CMIT	Vandopløselighed	1000000 mg/l	CLH 1
CIT/CMIT	Vandopløselighed	Let opløseligt	MST (2006)
MIT	Vandopløselighed	489000 – 1000000 mg/l	ECHA 2
MIT	Vandopløselighed	489000 mg/l	ECHA 2
MIT	Vandopløselighed	959000 mg/l	Austria 2
MIT	Vandopløselighed	4000000 mg/l	CHL 1
MIT	Vandopløselighed	536700 mg/l	PubChem1
OIT	Vandopløselighed	500 mg/l	ECHA3
OIT	Vandopløselighed	309 mg/l	MST (2006)
BIT	PNEC Freshwater	4030 ng/l	ECHA 1
BIT	PNEC Freshwater intermittent	1010 ng/l	ECHA 1
BIT	PNEC	400 ng/l	Austria 1
CIT/CMIT	PNEC	89 ng/l	Austria 2
CIT/CMIT	PNEC	2,1 ng/l	MST (2006)
MIT	PNEC Freshwater	3390 ng/l	ECHA 2
MIT	PNEC Freshwater intermittent	3390 ng/l	ECHA 2
MIT	PNEC	510 ng/l	Austria 2
MIT	PNEC	5 ng/l	MST (2006)
OIT	PNEC Freshwater	2200 ng/l	ECHA 3
OIT	PNEC Freshwater intermittent	1220 ng/l	ECHA 3
OIT	PNEC	13 ng/l	MST (2014)

Kilder (primo februar 2020)

ECHA 1: <https://echa.europa.eu/da/brief-profile/-/briefprofile/100.018.292>

ECHA 2: <https://echa.europa.eu/da/brief-profile/-/briefprofile/100.018.399>

ECHA 2: <https://echa.europa.eu/da/brief-profile/-/briefprofile/100.043.404>

Austria 1: <https://www.nicnas.gov.au/chemical-information/imap-assessments/imap-assessments/tier-ii-environment-assessments/benzisothiazolinones>

Austria 2: <https://www.nicnas.gov.au/chemical-information/imap-assessments/imap-assessments/tier-ii-environment-assessments/methylisothiazolinones>

PubChem: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2-Methyl-4-isothiazolin-3-one#section=Melting-Point>

CLH: <https://echa.europa.eu/documents/10162/0d4c2335-6009-4e65-9278-c7f10a3a2dad>

MST (2006): Kortlægning af kemiske stoffer i forbrugerprodukter nr. 69, 2006. Miljøstyrelsen.

MST (2014): Pesticide Research No. 156, 2014. Miljøstyrelsen.

Identifikation af problematiske stoffer i overfladebehandlet tegl og beton, fiberarmeret cement og beton samt klinker og sanitet

Der er gennemført et udredningsprojekt med henblik på at identificere de potentielt miljøproblematiske stoffer, der kan være til stede i produkter, som i forbindelse med fabrikationen anvendes/har været anvendt til overfladebehandling af tegl, beton og fibercement, herunder eternittagplader. Kun få konkrete oplysninger om identitet og anvendte mængder af sådanne stoffer har kunnet fremskaffes. Med udgangspunkt i udenlandske undersøgelser og nogle nyligt gennemførte danske pesticidforskningsprojekter er der opstillet en liste på ca. 30 stoffer, fortrinsvis biocider, som muligvis kan være/bliver anvendt direkte eller indirekte til overfladebehandling af beton og fibercement. Listen er prioriteret i forhold til risikoen for uacceptabel spredning, hvis materialerne nyttiggøres på nedknust form. Fem af de 14 mest problematiske stoffer på listen er isothiazolinoner. For tegl, klinker og sanitet forventes eventuelle problematiske stoffer primært at være uorganiske sporelementer (tungmetaller og metalloider). Resultater af en ældre dansk undersøgelse indikerer, at dette materiale på nedknust form formentlig ville kunne nyttiggøres til visse formål under visse betingelser uden uacceptabel påvirkning af grundvand. Den tilgængelige konkrete viden om indhold og udvaskning af potentielt problematiske stoffer i nye og gamle overfladebehandlede beton-, eternit-, fiberbeton- og fibercementprodukter og i keramik- og sanitetsprodukter i Danmark er således meget begrænset. Det konkluderes derfor, at hvis man ønsker belyse muligheden for at nyttiggøre de ovennævnte produkter på nedknust form, bør der foretages en egentlig undersøgelse af indhold og udvaskning af stoffer i disse på knust form. Resultaterne af denne undersøgelse kan understøtte valget af stoffer, der bør indgå i en sådan undersøgelse.



Miljøstyrelsen
Tolderundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk