



Miljø- og  
Fødevareministeriet  
Miljøstyrelsen

# Forekomsts og udvaskning af problematiske stoffer i knust beton og tegl

Miljøprojekt nr. 1991

Marts 2018

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Ole Hjelmar, Danish Waste Solutions ApS  
Jiri Hyks, Danish Waste Solutions ApS  
Stefania Buteras, Teknologisk Institut  
Thomas Hougaard, Golder Associates Ltd.  
Claus Pade, TI  
Katrine Hauge Smith, Teknologisk Institut

Fotos:

Ole Hjelmar  
Thomas Hougaard

ISBN: 978-87-93614-86-4

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter indenfor 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 indlægget udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

# Indhold

<b>Forord</b>	<b>5</b>
<b>Ordliste og definitioner</b>	<b>6</b>
<b>Sammenfatning og konklusioner</b>	<b>7</b>
<b>Summary and conclusions</b>	<b>13</b>
<b>1. Indledning</b>	<b>19</b>
1.1 Baggrund og formål	19
1.2 Fremgangsmåde og datagrundlag	20
<b>2. Indsamling og forbehandling af prøver af knust beton og tegl</b>	<b>22</b>
2.1 Repræsentativitet	22
2.2 Udtagning og forbehandling af prøver i dette projekt	24
2.3 Udtagning og forbehandling af prøver i tidligere undersøgelse (DTU Miljø)	25
2.4 Samlet prøvegrundlag	27
<b>3. Analyse- og testmetoder</b>	<b>28</b>
3.1 Bestemmelse af faststofindhold i prøverne	28
3.1.1 Prøver fra nærværende projekt (2016/2017)	28
3.1.2 Prøver fra DTU (2011/2012)	29
3.2 Bestemmelse af stofudvaskning fra prøverne	29
3.2.1 Prøver fra nærværende projekt 2016/2017	29
3.2.2 Prøver fra DTU 2011/2012	31
<b>4. Resultater af analyser og tests</b>	<b>32</b>
4.1 Præsentation og grundlag for miljømæssig vurdering af resultaterne	32
4.1.1 Præsentationsform	32
4.1.2 Restproduktbekendtgørelsen	32
4.1.3 Sammenligning af resultater med grænseværdier	33
4.2 Resultater af analyser for stofindhold i knust beton og tegl	33
4.2.1 Indhold af uorganiske stoffer og TOC	33
4.2.2 Indhold af organiske stoffer	37
4.3 Resultater af tests for stofudvaskning fra knust beton og tegl	40
4.3.1 Batchudvaskningstests for uorganiske stoffer og DOC	40
4.3.2 Resultater af kolonneudvaskningstests	43
4.3.3 Resultater af pH-afhængighedsudvaskningstests	44
4.3.4 Resultater af ligevægtsudvaskningstests for organiske stoffer	45
<b>5. Diskussion af analyse- og testresultater</b>	<b>47</b>
5.1 Repræsentativitet og variation	47
5.1.1 Repræsentativitet i forhold til danske knuste beton- og teglprodukter	47
5.1.2 Repræsentativitet i forhold til bunkerne på de enkelte behandlingsanlæg	47
5.1.3 Variationsbredde af udvaskningsresultaterne	48

5.1.4	Variation i stofudvaskning som følge af geografi eller privat/kommunalt ejerskab af behandlingsanlæg	49
5.2	Indhold og udvaskning af potentielt problematiske stoffer	51
5.2.1	Faststofindhold	51
5.2.2	Stofudvaskning	52
5.2.3	Sammenligning af udvaskningen fra prøverne fra 2011/2012 og 2016/2017	55
5.3	Sporbare prøver	56
<b>6.</b>	<b>Indhold og vurdering af organiske tilsætningsstoffer til beton</b>	<b>60</b>
6.1	Oversigt	60
6.2	Lignosulfonater. CAS nr.: 8062-15-5	61
6.3	Sulfonerede naftalenforbindelser (Blancol). CAS nr.: 9084-06-4	62
6.4	Kolofonium (Vinsol-resin) CAS-nr: 8050-09-7	62
6.5	Thiocyanater. CAS nr.: 540-72-7	63
6.6	Akryl- og polyakrylforbindelser. CAS nr.: 70879-60-6 og 9003-05-8	63
6.7	Sulfonerede melamin-formaldehydkondensater. CAS nr.: 64787-97-9	64
6.8	Vurdering af potentiel miljørisiko	65
<b>7.</b>	<b>Referencer</b>	<b>69</b>
Bilag 1.	Oversigt over prøver af knust beton, knust tegl og knust beton og tegl udtaget og undersøgt i dette projekt (2016/2017)	
Bilag 2.	Oversigt over prøver af knust beton og knust beton og tegl udtaget og undersøgt i DTU-projektet (2011/2012)	
Bilag 3.	Oversigt over analyseprogram for bestemmelse af stofindhold i prøver af knust beton, knust tegl og knust beton og tegl udtaget og undersøgt i dette projekt (2016/2017)	
Bilag 4.	Resultat af analyser for indhold af uorganiske stoffer og TOC (prøver fra 2016/2017)	
Bilag 5.	Resultat af analyser for indhold af uorganiske stoffer og TOC (prøver fra 2011/2012)	
Bilag 6.	Resultat af analyser for indhold af organiske stoffer (prøver fra 2016/2017)	
Bilag 7.	Resultat af analyser for indhold af organiske stoffer (prøver fra 2011/2012)	
Bilag 8.	Resultat af batchudvaskningstests EN 12457-1 (prøver fra 2016/2017)	
Bilag 9.	Resultat af batchudvaskningstests EN 12457-1 (prøver fra 2011/2012)	
Bilag 10.	Resultater af kolonneudvaskningstests (prøver fra 2016/2017)	
Bilag 11.	Resultater af kolonneudvaskningstests (prøver fra 2011/2012)	
Bilag 12.	Resultater af pH-afhængighedsudvaskningstests (prøver fra 2016/2017)	
Bilag 13.	Resultater af pH-afhængighedsudvaskningstests (prøver fra 2011/2012)	
Bilag 14.	Grafisk præsentation af resultater af kolonneudvaskningstests (prøver fra 2016/2017)	
Bilag 15.	Grafisk præsentation af resultater af kolonneudvaskningstests (prøver fra 2011/2012)	
Bilag 16.	Grafisk præsentation af resultater af pH-afhængighedsudvaskningstests	
Bilag 17.	Resultater af ligevægtsudvaskningstests for organiske stoffer (prøver fra 2016/2017)	

# Forord

Miljøstyrelsen har ønsket at få tilvejebragt et sikkert fagligt grundlag for forekomst og udvaskning af problematiske stoffer i beton og tegl, som stammer fra nedrivning eller renovering af danske bygninger og anlæg, og har med dette formål fået gennemført nærværende projekt. Projektets resultater skal indgå i arbejdet med revision af gældende lovgivning om nyttiggørelse af beton og/eller tegl i bygge- og anlægsarbejder. Projektet er udført af Danish Waste Solutions ApS (Ole Hjelmar og Jiri Hyks) i samarbejde med Golder Associates Ltd. (v. Thomas Hougaard) og Teknologisk Institut (v. Stefania Butera). Projektledelsen er varetaget af Ole Hjelmar. Projektet er kvalitetssikret af Jiri Hyks (DanWS) og Katrine Hauge Smith (TI).

Projektet, der er gennemført i perioden september 2016 til medio 2017, har haft en styregruppe bestående af følgende:

Lene Gravesen, Miljøstyrelsen Jord og Affald (formand)  
Thilde Fruergaard Astrup, Miljøstyrelsen Jord og Affald (til primo juni 2017)  
Thomas Hougaard, Golder Associates Ltd.  
Stefania Butera, Teknologisk Institut  
Jiri Hyks, Danish Waste Solutions ApS  
Ole Hjelmar, Danish Waste Solutions ApS

Til projektet har der været knyttet en følgegruppe bestående af:

Lene Gravesen, Miljøstyrelsen Jord & Affald  
Thilde Fruergaard Astrup, Miljøstyrelsen Jord og Affald (til primo juni 2017)  
Niels Bukholt, Miljøstyrelsen Jord & Affald  
Hjalte Norman Bie, Kommunernes Landsforening  
Peter Arevad, Norrecco  
Thomas Fruergaard Astrup, DTU Miljø  
Walter Brüsich, Dansk Naturfredningsforening  
Jonny Christensen, Københavns Kommune  
Jesper Sand Damtoft, Aalborg Portland  
Jette Bjerre Hansen, DAKOFA  
Gunvor Marie Kirkelund, DTU BYG  
Jens Arre Nord, RGS90  
Frank Sandgaard, Meldgård  
Finn Thøgersen, Vejdirektoratet  
Thomas Uhd, Dansk Beton  
Nana Winkler, Dansk Affaldsforening  
Thomas Hougaard, Golder Associates  
Stefania Butera, Teknologisk Institut  
Jiri Hyks, Danish Waste Solutions  
Ole Hjelmar, Danish Waste Solutions

Miljøstyrelsen og projektteamet vil gerne takke medlemmerne af følgegruppen, som har bidraget med værdifulde oplysninger, gode diskussioner og hjælp med fremskaffelse af prøver.

# Ordliste og definitioner

Ord/akronym	Betydning anvendt i denne rapport
10 %-fraktil	En værdi, som 10 % af en gruppe (i denne sammenhæng) analyseresultater er mindre end eller lig med.
90 %-fraktil	En værdi, som 90 % af en gruppe (i denne sammenhæng) analyseresultater er mindre end eller lig med.
ADS	Miljøstyrelsens AffaldsDataSystem til registrering af produktion, behandling og disponering af affald i Danmark
Aggregater	Granulære (partikulære) materialer, oftest af mineralsk sammensætning, der anvendes til konstruktionsformål
BIT	Benzisothiazolinon
DOC	Opløst organisk kulstof (dissolved organic carbon)
GC-FID	Gaskromatografi med flammeionisationsdetektor
GC-MS	Gaskromatografi – massespektrometri
JKK	Jordkvalitetskriterier: Grænseværdier for stofindhold i jord, der skal sikre, at den fri og mest følsomme anvendelse af jord er sundhedsmæssigt forsvarlig. Den fri og mest følsomme anvendelse er f.eks. i forbindelse med private haver, børnehaver og legepladser. Her tages især hensyn til den direkte eksponering af småbørn (Miljøstyrelsen, 2014a).
L/S	Væske-/faststofforholdet (liquid/solid ratio), hvor L er den væskemængde som til et givet tidspunkt har været i kontakt med en vis mængde faststof, S, f.eks. i en udvaskningstest. Resultater af batch- og kolonneudvaskningstests angives ofte som funktion af L/S.
MCIT	Methylchlorothiazolinon
Median	En værdi, som 50 % af en gruppe (i denne sammenhæng) analyseresultater er mindre end eller lig med.
MIT	Methylisothiazolinon
NVOC	Ikke-flygtigt organisk kulstof (non-volatile organic carbon) – anvendes ofte synonymt med DOC, selv om DOC i princippet også omfatter flygtigt organisk kulstof (VOC)
MST PAH 7	benz(a)pyren, dibenz(a,h)anthracen, indeno(1,2,3-c)pyren, benz(b+j+k)fluoranthren, fluoranthren
PCB7	De syv kongenerer af polyklorerede biphenyler (PCB), hvis sum skal multipliceres med 5 for at give det officielle danske estimat på totalindholdet af PCB: PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153 og PCB180
PNEC	Predicted No-Effect Concentration: Den højeste koncentration af et givet stof, som skønnes ikke at have negative effekter på miljøet.
TC	Totalmængden af kulstof (total carbon)
TLC	Tyndtlagskromatografi
TOC	Totalmængden af organisk kulstof (total organic carbon) i et materiale eller en prøve.
TS	Tørstof

# Sammenfatning og konklusioner

## Oversigt og formål

Der er gennemført en undersøgelse af knust beton og tegl fra nedrivning og renovering af danske bygninger og anlæg. Undersøgelsen er gennemført med henblik på at forbedre det eksisterende datagrundlag vedrørende forekomst og udvaskning af potentielt problematiske stoffer, som kan forekomme i bygge- og anlægsaffald, og som kan udgøre et miljømæssigt problem i forbindelse med materialenyttiggørelse af knust beton og tegl i bygge- og anlægsarbejder. Projektet, der følger op på en række anbefalinger, som blev givet i Miljøprojekt nr. 1806/2015, udgør en del af de aktiviteter, der er knyttet til PCB-handlingsplanen fra 2011 og Miljøstyrelsens ressourcestrategi for 2013 – 2018, "Danmark uden affald".

Det konkrete formål med undersøgelsen er at tilvejebringe et sikkert fagligt grundlag vedrørende indhold og udvaskning af de problematiske stoffer, som forekommer i beton og tegl fra nedrivning eller renovering af danske bygninger og anlæg. Resultaterne skal sammen med et efterfølgende risikovurderingsprojekt, hvor udvaskning fra realistiske anvendelsesscenarioer for nedknust bygge- og anlægsaffald modelleres, indgå i grundlaget for arbejdet med revision af den gældende lovgivning om nyttiggørelse af beton og tegl i bygge- og anlægsarbejder.

Bygge- og anlægsaffald af nedknust beton og/eller tegl kan, uden en konkret tilladelse efter miljøbeskyttelsesloven, i henhold til reglerne i Bekendtgørelse nr. 1672 af 15. december 2016 om anvendelse af restprodukter, jord og sorteret bygge- og anlægsaffald (Restproduktbekendtgørelsen) nyttiggøres i bygge- og anlægsprojekter som erstatning for primære råstoffer, forudsat at affaldet er sorteret, forarbejdet og uforurenet. Der er ikke fastlagt grænseværdier for, hvornår beton- og/eller teglaffald kan anses for at være uforurenet. Det skal dog bemærkes, at der gælder særlige regler for affaldets indhold af PCB. For de øvrige restprodukter, der kan nyttiggøres efter Restproduktbekendtgørelsen - det vil sige slagge fra forbrænding af husholdslignende affald og bundaske og flyveaske fra kulforbrænding - er der fastlagt grænseværdier for indhold og udvaskning af en række uorganiske stoffer, sammenholdt med hvilke bygge- og anlægsarbejder restprodukterne kan anvendes til. Grænseværdierne inddeler restprodukterne i 3 kategorier, hvor Kategori 1 omfatter de laveste grænseværdier (de mindst forurenede restprodukter), mens Kategori 3 omfatter de højeste grænseværdier (de mest forurenede restprodukter). Hvis restprodukterne tilhører Kategori 1, kan de efter Restproduktbekendtgørelsen nyttiggøres i mange forskellige typer bygge- og anlægsarbejder, mens mulighederne for at nyttiggøre restprodukter, der tilhører Kategori 3, er væsentligt indskrænket.

## Prøvetagning og datagrundlag

Der er i 2016/2017 udtaget i alt 41 prøver af knust beton (31), knust beton og tegl (7), knust tegl (3). De fleste prøver er udtaget fra private og kommunale behandlingsanlæg for bygge- og anlægsaffald med en geografisk spredning over København, Sjælland, Fyn og Jylland, som alle har modtaget beton og tegl fra mange forskellige kilder. Prøverne blev alle udtaget fra bunker af knust materiale, som var produceret med henblik på nyttiggørelse efter Restproduktbekendtgørelsens retningslinjer. I to tilfælde er der indsamlet (sporbare) prøver fra bunker af knust beton og tegl, som kunne henføres til specifikke nedrivninger med tilhørende rapporter om miljøsanering inden nedrivning. Alle prøver er udtaget så repræsentativt som praktisk muligt under hensyntagen til de praktiske forhold, og det vurderes, at de repræsenterer et bredt udsnit af den danske produktion af nedknust bygge- og anlægsaffald (aggregater), som ifølge Miljøstyrelsens Affaldsdatasystem udgjorde ca. 1,7 millioner tons i 2015. Det skal dog

nævnes, at dette tal, ikke kan tages som et udtryk for den samlede mængde beton og tegl fra nedrivning eller renovering af danske bygninger, bl.a. fordi beton og tegl, der anvendes på nedrivningsstedet, typisk ikke indberettes til ADS. Der er i 2016/2017 udtaget prøver fra bunker, som tilsammen mængdemæssigt svarer til 8,3% af den opgivne årsproduktion for 2015.

Prøvetagningen i dette projekt fulgte en fleksibel prøvetagningsplan, som byggede på principperne i EN 16475, men som efter behov kunne tilpasses de lokale forhold og muligheder på de forskellige behandlingsanlæg. På de anlæg, som var bemandede, blev prøvetagningen gennemført med assistance fra anlæggets personale. Med en frontlæsser blev der 10 – 20 steder langs periferien af en bunke (som typisk kan indeholde fra 1.500 til 15.000 m<sup>3</sup> knust materiale med en højde på 2 – 8 m) to gange gravet dybt ind i siden af bunken, hvorefter der blev udgravet én eller to grabfulde materiale, som blev placeret i en flad bunke foran hver udgravning. Fra hver af de udgravede bunker blev der med en skovl udtaget 2 – 4 skovlfulde materiale, som alle blandedes i grabben og derefter udlagdes i en stribe (en longpile), som typisk var sammensat af 30 til 50 skovlfulde og indeholdt 100 – 300 kg materiale. Fra den udlagte longpile blev der med en skovl et par steder udtaget delprøver i hele sribens tværsnit, svarende til i alt ca. 30 – 35 kg, som blev blandet og udgjorde den endelige laboratorieprøve. På anlæg eller pladser, som ikke var bemandede, eller hvor der ikke var en frontlæsser eller lignende til rådighed, blev prøverne i stedet udtaget alene ved hjælp af en skovl. Der blev typisk med skovl udtaget i alt ca. 50 prøver á ca. 4 kg fra forskellige steder og forskellige højder i en bunks sider langs hele periferien og – hvis det var muligt – også fra toppen af bunken. Delprøverne blev – typisk fem ad gangen – udlagt i en longpile, hvorfra den endelige prøve på 30 – 35 kg blev udtaget på samme måde som beskrevet ovenfor. En analyse har efterfølgende sandsynliggjort, at de to forskellige prøvetagningsmetoder resulterer i prøver, der er nogenlunde ens.

Efter forbehandling (yderligere nedknusning og neddeling) er prøverne blevet analyseret for indhold og udvaskning af uorganiske og organiske stoffer. Analyse- og testmetoderne er valgt således, at de dels kan anvendes til estimering af kildestyrken i forbindelse med efterfølgende risikovurderinger, dels kan benyttes til vurdering af de indsamlede prøvers miljømæssige egenskaber, primært gennem sammenligning med de grænseværdier for stofindhold og stofudvaskning, som gælder for materialenyttiggørelse af andre restprodukter. Valget af stoffer, som indgår i analyser af faststof- og eluater fra udvaskningstests, har især taget udgangspunkt i de anbefalinger, som blev fremsat i Miljøprojekt nr. 1806/2015.

Datagrundlaget er blevet styrket gennem inddragelse af resultaterne fra et PhD-projekt på DTU Miljø, som blev gennemført i 2010 til 2014. Her er 31 danske prøver af knust beton (19) og knust beton og tegl (12) med geografisk spredt oprindelse blevet udtaget i 2011/2012, hvorefter de er blevet analyseret og testet med hensyn til stofudvaskning efter et program, der er sammenligneligt med det aktuelt gennemførte. Der foreligger således et samlet datagrundlag bestående af analyser af indhold og testning af udvaskning af potentielt problematiske stoffer fra 72 prøver af sorteret og behandlet dansk bygge- og anlægsaffald fordelt på 50 prøver af knust beton, 19 prøver af knust beton og tegl og 3 prøver af knust tegl. Det samlede analyse- og testprogram fremgår af nedenstående tabeller.

Oversigt over faststofanalyser	Indhold af uorganiske stoffer efter partiel oplukning (DS 259)	Indhold af uorg. stoffer efter totaloplukning (EN 13656)	Indhold af PAH og PCB7	Indhold af kulbrinter og klorerede paraffiner	Indhold af isothiazoliner
Materiale					
Knust beton	31 prøver	22 prøver	50 prøver	31 prøver	4 prøver
Knust beton & tegl	7 prøver	14 prøver	19 prøver	7 prøver	1 prøve
Knust tegl	3 prøver		3 prøver	3 prøver	



Oversigt over udvaskningstests Materiale	DS/EN 12457-1* Batchudvaskningstest	DS/EN 14405 Kolonneudvaskningstest	DS/EN 14997 pH-statisk test	Nordtest TR 576 Ligevægtskolonne-test
Knust beton	Alle 50 prøver	10 prøver	5 prøver	6 prøver
Knust beton og tegl	Alle 19 prøver	5 prøver	3 prøve	3 prøver
Knust tegl	Alle 3 prøver	1 prøve		1 prøve

Sideløbende med den miljømæssige karakterisering af knust beton og tegl er der på grundlag af foreliggende data om brug af stofferne i Danmark og deres egenskaber foretaget en vurdering af den potentielle miljørisiko, som visse organiske tilsætningsmidler til beton kan forventes at udgøre i forbindelse med materialenyttiggørelse af knust beton.

## De væsentligste resultater og konklusioner

### **Repræsentativitet af de undersøgte prøver**

De 31 prøver af knust beton og 7 prøver af knust beton og tegl, som er udtaget og undersøgt i dette projekt, vurderes at udgøre et repræsentativt tværsnit af de mængder af beton og tegl fra nedrivning og renovering af danske bygninger og anlæg, som i 2016/2017 modtages og behandles på private og kommunale behandlingsanlæg og efterfølgende materialenyttiggøres som knust beton og knust beton og tegl efter retningslinjerne i Restproduktbekendtgørelsen. Prøverne omfatter således ikke knust beton og tegl, som måtte være produceret med henblik på anvendelser, der ikke er reguleret af Restproduktbekendtgørelsen.

Da der kun produceres begrænsede mængder af ren knust tegl, og da der kun er udtaget og undersøgt tre prøver heraf fra to lokaliteter, er datamaterialet for tegl selvsagt stærkt begrænset.

Der er ikke grundlag for at kvantificere repræsentativiteten af de udtagne prøver af knust beton og knust beton og tegl, men som allerede nævnt har prøvetagningen omfattet bunker af knuste materialer, der svarer til ca. 8,3 % af den i Miljøstyrelsens Affaldsdatasystem angivne produktion af disse i 2015. Med inddragelsen af de 19 prøver af knust beton og 13 prøver af knust beton og tegl, som blev udtaget i 2011/2012 fra en række (primært mindre) geografisk udsprede danske behandlingsanlæg og efterfølgende underkastet en undersøgelse af tilsvarende omfang som den aktuelle, vurderes det, at det samlede datagrundlag med hensyn til indhold og udvaskning af stoffer, som i miljømæssig sammenhæng kan være potentielt problematiske i forbindelse med materialenyttiggørelse af produkterne, giver et repræsentativt billede af situationen i hele Danmark i indeværende årti.

### **Datapresentation og vurderingsgrundlag**

Samtlige analyse- og testresultater er dokumenteret i bilag til rapporten, således at de umiddelbart kan anvendes til kildestyrkeestimering (og andre formål). I rapporten præsenteres resultater af kemiske analyser og batchudvaskningstests (EN 12457-1) primært som fraktiler, dog også med angivelse af minimums- og maksimumsværdier (og middelværdier, selv om resultaterne ikke nødvendigvis er normalfordelte). Med henblik på at få en indikation af omfanget af indhold og udvaskning af potentielt miljømæssigt problematiske stoffer fra knust beton og tegl, er resultaterne af faststofanalyser bestemt efter partiel oplukning og af batchudvaskningstestene på fraktilform blevet sammenlignet med henholdsvis Kategori 1-kriterierne for faststofindhold (suppleret med enkelte Jordkvalitetskriterier for organiske stoffer, samt for de uorganiske stoffer, der ikke foreligger Kategori 1-kriterier for) og Kategori 1+2- og Kategori 3-kriterierne for stofudvaskning i Restproduktbekendtgørelsen. I det følgende er der fokuseret på disse sammenligninger. Det skal dog bemærkes, at der for nogle stoffer ikke umiddelbart findes noget relevant sammenligningsgrundlag.

### **Faststofindhold i beton og tegl**

31 prøver af knust beton, 7 prøver af knust beton og tegl og 3 prøver af knust tegl fra 2016/2017 er blevet analyseret for indhold af metaller/metalloider efter partiel oplukning i henhold til DS 259 og for indhold af kulbrinter, PCB og PAH. Mindst 10 % af prøverne af knust beton og mindst 50% af prøverne af knust beton og tegl overskred Jordkvalitetskriteriet for Ba, men ingen af de gældende Kategori 1-kriterier for restprodukter. Prøverne af knust tegl overskred ingen af disse kriterier. Der findes ikke kriterier for indhold af organiske stoffer i Restproduktbekendtgørelsen, men mindst 5% af prøverne af knust beton og mindst 10% af prøverne af knust beton og tegl overskred Jordkvalitetskriteriet for C6-C35. Mindst 10% af sidstnævnte prøver overskred også jordkvalitetskriteriet for benz(a)pyren.

Alle prøver, både fra 2011/2012 og fra 2016/2017, har meget lave indhold af PCB (indholdet af alle kongenerer er mindre end 0,005 mg/kg, som var den anvendte rapporterings- eller detektionsgrænse i 2016/2017). Jordkvalitetskriteriet for totalkulbrinter (100 mg/kg) er overskredet på 95%-fraktilniveau for knust beton og på 90%-fraktilniveau for knust beton og tegl og for 1 af de 3 prøver af knust tegl for prøverne fra 2016/2017 (ikke målt for prøverne fra 2011/2012). Alle prøvesættene overskrider i begrænset omfang Jordkvalitetskriterierne for indhold af benz(a)pyren og/eller dibenz(a,h)anthracen og/eller DK MST PAH 7.

De 5 prøver (4 af knust beton og 1 af knust beton og tegl), der er analyseret for indhold af isothiazolinoner, udviste ikke noget indhold af disse. Detektionsgrænserne ved analysen, som ikke var en rutineanalyse, viste sig dog at være så høje sammenlignet med den koncentration, som isothiazolinoner ville kunne have i beton, at man næppe ville kunne forvente at finde noget.

### **Stofudvaskning fra beton og tegl**

Resultaterne for de 50 prøver af knust beton, 19 prøver af knust beton og tegl og 3 prøver af knust tegl fra 2011/2012 og 2016/2017, som blevet underkastet en batchudvaskningstest ved L/S = 2 l/kg i henhold til EN 12457-1, er blevet sammenlignet med udvaskningskriterierne for restprodukter i Restproduktbekendtgørelsen. Nedenstående tabel viser, i hvilket omfang Kategori 1+2-kriterierne blev overskredet for de forskellige materialer.

Stof, for hvilket Kategori 1+2-grænseværdien overskrides	Niveau for overskridelsen af udvaskningsgrænseværdierne for Kategori 1+2 for alle prøver		
	Knust beton (50 prøver)	Knust beton og tegl (19 prøver)	Knust tegl (3 prøver)
As	90%-fraktilniveau	Medianniveau	Ingen overskridelser
Ba	Medianniveau (50%-fraktil)	90%-fraktilniveau	Ingen overskridelser
Cr	Alle prøver overskrider	Alle prøver overskrider	3 overskridelser for 3 prøver
Cu	90%-fraktilniveau	Medianniveau	Ingen overskridelser
Na	90%-fraktilniveau	90%-fraktilniveau	Ingen overskridelser
Ni	60%-fraktilniveau	Medianniveau	Ingen overskridelser
Pb	90%-fraktilniveau	90%-fraktilniveau	Ingen overskridelser
Se	90%-fraktilniveau	Medianniveau	Ingen overskridelser
Zn	Ingen overskridelser	95%-fraktilniveau	Ingen overskridelser
Klorid	Maksimumsværdien	Maksimumsværdien	1 overskridelse for 3 prøver
Sulfat	Ingen overskridelser	90%-fraktilniveau	Ingen overskridelser
Overskridelse på 90%-fraktilniveau: Mindst 10% af prøverne overskrider grænseværdien Overskridelse på medianniveau: Mindst 50% af prøverne overskrider grænseværdien Overskridelse på 10%-fraktilniveau: Mindst 90% af prøverne overskrider grænseværdien			

Herudover kan det nævnes, at Restproduktbekendtgørelsens Kategori 3-grænseværdier for stofudvaskning for knust beton er overskredet for maksimalværdien for Pb (en enkelt prøve med højt indhold) og på 90%-fraktilniveau for Se, mens Kategori 3-grænseværdierne for Ni er overskredet på 95%-fraktilniveau og for Se er overskredet på medianniveau for knust beton og tegl. Ingen af prøverne af knust tegl overskrider Kategori 3-grænseværdierne.

### **Oprindelse af potentielt problematiske stoffer i beton**

Kategori 1+2-grænseværdierne for stofudvaskning overskrides således for ret mange uorganiske stoffer for knust beton og knust tegl og beton. I det omfang nogle af disse stoffer er blevet tilført til overfladen af betonen under brugen af denne – med f.eks. maling eller fugemateriale, vil de i princippet kunne fjernes ved en miljøsanering (hvilket bør være sket før nedrivning/renovering og før materialerne nedknuses). En betydelig del af indholdet af en række af stofferne i cementen og betonen stammer fra produktionen af disse og udgør således en integreret del af betonen, som ikke kan fjernes gennem miljøsanering. Stofferne kan stamme fra f.eks. kulflyveaske, som i mange år har været tilsat til cement og beton. Kulflyveaske har ofte et betydeligt indhold af bl.a. As, Ba, Cr, Cu, Ni, Pb, Se, V og Zn (Hjelmar, 1990). Stofferne forekommer også naturligt i råstofferne (kalk, sand og ler), som indgår i cementproduktionen (og produktionen af tegl). Det skal dog nævnes, at kun en mindre del af totalindholdet i betonmatrixen af de nævnte stoffer under normale omstændigheder vil kunne udvaskes. Det kan også nævnes, at indholdet af kulbrinter bl.a. kan stamme fra tilsætningsstoffer til betonen og fra formolier, der har været anvendt ved udstøbningen af betonen. En af hovedkilderne til forurening med PCB, som kan trænge et stykke ind i betonen, er PCB-holdige fugemasser.

Ovenstående bekræftes af en sammenligning af totalindholdet af en række uorganiske stoffer i fire prøver af (knust) nystøbt beton med totalindholdet af stofferne i de modsvarende prøver af knust beton i datasættet fra 2011/2012. Heraf fremgår det, at alle stofferne er til stede i den nystøbte beton i koncentrationsniveauer, som er sammenlignelige med det generelle koncentrationsniveau i den knuste beton. Resultater af batchudvaskningstests på de samme prøver viser, at alle de stoffer, som udvaskes fra knust brugt betonaffald også udvaskes fra nystøbt beton, og nogle af dem i mængder, så de også overskrider udvaskningsgrænseværdierne for Kategori 1+2 fra Restproduktbekendtgørelsen. Det fremgår, at alle prøverne af nystøbt beton overskrider Kategori 1+2-grænseværdierne for Ba, Cr og Na. Tre af prøverne overskrider, formentlig på grund af den høje pH-værdi i eluatet fra udvaskningen, også Kategori 1+2-grænseværdierne for udvaskning af Pb.

### **Sporbare prøver**

Der er udtaget sporbare prøver af knust beton (to steder) og knust tegl (ét sted) fra selektive, miljøkontrollerede og dokumenterede nedrivninger. Prøverne blev analyseret og testet efter samme program som de øvrige prøver. Resultaterne synes at indikere, at det generelle forureningsniveau af prøverne af knust beton fra de to nedrivninger var lidt lavere og omfattede færre stoffer end fundet for datasættet for de 50 ikke-sporbare prøver af knust beton, men indikerer samtidig, at miljøkortlægning og efterfølgende miljøsanering ikke nødvendigvis kan sikre, at de resulterende produkter kan overholde Kategori 1+2-grænseværdierne for stofudvaskning i Restproduktbekendtgørelsen for alle de regulerede stoffer. Noget tilsvarende gælder for faststofindholdet af organiske stoffer. Det fremgår, at de belastende stoffer især er Ba og Cr (udvaskning) og kulbrinter (faststofindhold). Disse stoffer indgår som nævnt blandt andet som en integreret del af selve betonen, hvorfor det samlede indhold af stofferne ikke kan fjernes ved en afrensning. Da der er tale om meget få prøver, er der ikke grundlag for at udlede egentlige tendenser. For en af prøverne af knust beton fandtes et totalindhold af PCB på ca. 0,9 mg/kg, mens de øvrige prøver lå under detektionsgrænsen for måling af PCB. Prøven af knust tegl og den ene prøve af knust beton overskred jordkvalitetskriterierne for indhold af både C6-C35 og benz(a)pyren. Teglprøven overskred Kategori 1+2-grænseværdierne for udvaskning af Ba og Cr.

### **Organiske tilsætningsstoffer til beton**

Der er på grundlag af litteraturdata og oplysninger om mængder fra Produktregisteret foretaget en vurdering af den potentielle risiko, som en række tilsætningsstoffer til beton kan forventes at udgøre i forbindelse med materialenyttiggørelse af knust beton. Følgende stoffer/stofgruppe er blevet identificeret som de mest relevante i denne sammenhæng:

- Lignosulfonater,
- Sulfonerede naftalenforbindelser (Blancol)
- Kolofonium (Vinsol-resin),
- Thiocyanater
- Akryl- og polyakrylforbindelser
- Sulfonerede melamin-formaldehydkondensater (SMFK)
- Isothiazolinonerne methylisothiazolinon (MIT), methylchlorothiazolinon (MCIT) og benzisothiazolinon (BIT)

Afhængigt af, om vurderinger af produkternes potentielle miljøpåvirkninger baseres på tilgængelige oplysninger om deres økotoxicitet (PNEC-værdier) og de årlige anvendte mængder kombineret med de anbefalede anvendelseskoncentrationer eller kombineret med en fordeling af de opgivne årlige anvendte mængder af produkterne på halvdelen af en årlig mængde af knust beton og tegl på 1,7 millioner tons i kombination med PNEC-værdier, fås naturligvis meget forskellige resultater. Da disse vurderinger er overordentligt usikre er det foreslået, at man forsøger at tilvejebringe et bedre vurderingsgrundlag, både hvad angår eksponeringen af miljøet og stofferne toksicitet. Sidstnævnte vanskeliggøres dog af det faktum, at der er tale om handelsprodukter, som sjældent består af rene enkeltstoffer.

# Summary and conclusions

## Overview and objectives

A study has been performed on crushed concrete and tiles from demolition and renovation of Danish buildings and facilities. The aim of the study has been to improve the existing information on the content and leachability of potentially problematic substances in crushed concrete and tiles which may possibly constitute an environmental risk when these waste materials are recycled and used for construction purposes. The project is following up on a number of recommendations given in the report of a desk study, "Miljøprojekt nr. 1806/2015: Environmental pollutants in concrete and tile" and is one of the activities associated with the PCB action plan from 2011 and the Danish Environmental Protection Agency's resource strategy for 2013 – 2018, "Denmark without waste."

The specific objective of the study is to provide a scientifically and technically sound knowledge database on the content and leaching properties of the problematic substances which occur in concrete and tiles produced from demolition or renovation of Danish buildings and structures. As part of the input data to a subsequent risk assessment project in which the release and impact of substances from realistic use scenarios will be modelled, the results will support a planned revision of the existing regulation on recovery and reuse of crushed concrete and tiles for construction purposes.

At present, construction and demolition (C&D) waste consisting of crushed concrete and/or tiles can, without a specific permit under the Environmental Protection Act and in accordance with *Statutory Order No. 1672 of 15 December 2016 on recovery of residual waste, soil and sorted construction and demolition waste, be used for construction purposes* as a replacement for virgin raw materials, provided the C&D waste has been sorted, has undergone treatment and is unpolluted (no specific criteria, except for certain limits on the content of PCB in the C&D waste). In contrast to C&D waste, the other waste materials which may be recovered and used in accordance with Statutory Order No. 1672/2016 – e.g. MSWI bottom ash and coal ash – are subject to limit values on content and leachability of a number of inorganic substances which determine if and under which conditions these materials may be recovered and used. Based on the limit values, these residues are divided into three categories, where Category 1 is defined by the lowest limit values (the least polluted residues) and Category 3 is defined by the highest limit values (the most polluted residues). If a residue belongs to Category 1, the Statutory Order allows it to be used for several types of construction works while the options for use of residues belonging to Category 3 are substantially more limited.

## Sampling, testing and data collection

A total of 41 samples of crushed concrete (31), crushed concrete and tiles (7), and crushed tiles (3) were collected in 2016/2017. Most of the samples were collected from private and municipal treatment plants for C&D waste which were geographically distributed across the Copenhagen area, Sealand, Funen and Jutland, and which have all received concrete and tiles from numerous sources (which cannot be distinguished from each other in the piles of crushed products from which the samples were collected). All the piles sampled were produced for recycling in accordance with the Statutory Order No. 1672/2016. At two sites samples which could be traced to specific demolition projects which had undergone documented environmental sanitation measures were collected. All samples were collected so as to be as representative as practically possible of the piles from which they were sampled, and it is believed that in terms of environmental properties the samples collected represent a broad cross-section of the current production of crushed C&D waste aggregates. According the waste statistics system (ADS) of the Danish EPA, the amount of crushed concrete and tiles produced

in Denmark constituted approximately 1.7 million tonnes in 2015. In part because local application of concrete and tiles at the site of demolition is typically not reported, this number is cannot be taken as a complete measure of the total amount of concrete and tiles from demolition and renovation of Danish buildings. However, the piles from which the samples of crushed concrete and tiles were collected in 2016/2017 represent 8.3 % of the registered production of these materials in 2015.

The collection of samples from piles of crushed concrete, concrete and tiles, and tiles (0/32 mm material ready for use) in this study followed a flexible sampling plan which was based on the principles of EN 16475 but which as needed could be adapted to the local conditions and practical possibilities at the different treatment plants. At manned sites the sampling was carried out with assistance from the site personnel. Using a front loader, two deep cuts were dug into the material at 10 to 20 points along the perimeter of a pile (which typically contained 1,500 to 15,000 m<sup>3</sup> of material stacked to heights of 2 to 8 m). Subsequently one or two grab loads of material were excavated at each of the points and placed in front of each excavation. From each of these piles of excavated material 2 to 4 shovel loads were collected by means of a hand shovel and placed in the grab of a front loader and mixed thoroughly. The material was then placed in a long pile which would typically consist of 30 to 50 shovel loads corresponding to 100 to 300 kg of material. From the long pile a hand shovel was used to collect a number of subsamples consisting of the entire cross-sections of material at different points along the long pile corresponding to a total amount of 30 to 35 kg of material which after being thoroughly mixed constituted the final laboratory sample from the pile in question. At treatment or storage sites which were unmanned at the time of sampling, or where no front loader was available, the samples were collected exclusive by means of a hand shovel. In these cases a typical amount of 50 subsamples of approximately 4 kg each was collected by digging into the pile at different points and heights along the entire perimeter of the pile – and if possible, also from the top of the pile. The subsamples – typically 5 at a time – were distributed in a long pile from which the final laboratory sample was collected as describe above. An analysis has subsequently shown that the properties of the samples in terms of content and leaching of substances appear to be relatively independent of which of the two sampling methods is used.

After pre-treatment (further crushing and sample size reduction) the samples have been analysed for content and leaching of inorganic and organic substances. The analysis and test methods was chosen so as to enable both subsequent estimation of the source strength as part of risk assessments and a preliminary assessment of environmental properties, mainly through comparison to the existing limit values on content and leachability which currently apply to recovery and use of other waste residues (but not to crushed concrete and tiles). The choice of substances to be included in the analytical programmes for solids and eluates was largely based on the recommendations presented in Miljøprojekt nr. 1806/2015.

The data produced as part of the study has been supplemented by the inclusion of the results of a Ph.D. project carried out at DTU Environment during the period 2010 to 2014. In this project 31 Danish samples of crushed concrete (19) and crushed concrete and tiles (12) with a widely distributed geographical origin were collected in 2011/2012 and submitted to a programme of analysis for content and testing for leaching of substances which is comparable to the analysis and testing programme applied as part of this study.

In total, data on content and leachability of potentially problematic substances of 72 samples of sorted and treated Danish C&D waste consisting of 50 samples of crushed concrete, 19 samples of crushed concrete and tiles and 3 samples of crushed tiles have been procured and compiled in this study.

The total programme of analysis and testing is shown in the tables below.

Overview of analyses of content	Content of inorganic substances after partial digestion (DS 259)	Content of inorganic substances after total digestion (EN 13656)	Content of PAH, PCB7	Content of hydrocarbons and chlorinated paraffins	Content of isothiazolones
Concrete	31 samples	22 samples	50 samples	31 samples	4 samples
Concrete and tiles	7 samples	14 samples	19 samples	7 samples	1 sample
Tiles	3 samples		3 samples	3 samples	

Overview of leaching tests	DS/EN 12457-1 Batch leaching test	DS/EN 14405 Percolation/column leaching test	DS/EN 14997 pH-static leaching test	Nordtest TR 576 Equilibrium column leaching test
Concrete	50 samples	10 samples	5 samples	6 samples
Concrete and tiles	19 samples	5 samples	3 samples	3 samples
Tiles	3 samples	1 sample		1 sample

The study has also included a preliminary assessment of the potential environmental risk posed by certain organic additives to concrete when crushed concrete is used for construction purposes.

### **Main results and conclusions of the study**

#### ***Representativity of the collected samples***

The 31 samples of crushed concrete and the 7 samples of crushed concrete and tiles which have been collected and characterised in this study are believed to constitute a representative cross-section of the amounts of concrete and tiles from demolition and renovation of Danish buildings and facilities which in 2016/2017 are received and treated at private and municipal treatment plants and subsequently used for construction purposes in accordance with the provisions in the Statutory Order No. 1672/2016.

Pure crushed tiles are only produced in limited amounts in Denmark, and only three samples from two locations were collected of this material. Hence the data on the properties of crushed tiles are very limited and do not allow any firm conclusions regarding representativity.

There is no real basis for quantification of the representativity of the collected samples of crushed concrete and crushed concrete and tiles, but as already mentioned the sampling carried out in this study has included piles of crushed materials corresponding to approximately 8.3 % of the production of crushed concrete and tiles in 2015 registered in the Danish EPA's waste statistics (ADS). With the addition of the 19 samples of crushed concrete and 13 samples of crushed concrete and tiles which were collected in 2011/2012 from a number of (primarily smaller) geographically distributed Danish treatment plants and subsequently submitted to a characterisation programme comparable to that carried out on the samples from 2016/2017, it is believed that the total amount of data compiled provides a representative picture of the situation during the current decade in Denmark with respect to content and leachability of substances in crushed concrete and tiles which may be potentially problematic when the materials are used for construction purposes.

#### ***Data presentation and assessment***

All results of chemical analyses and leaching tests are documented in annexes, making them immediately available for subsequent source term estimation (and other purposes). In the report, the results of chemical analyses and batch leaching tests (EN 12457-1 at L/S = 2 l/kg) are primarily presented as percentiles supplemented with minimum and maximum values (and average values although the results are not necessarily normally distributed). In order to obtain an indication of the content and leaching of potentially environmentally problematic substances

from crushed concrete and tiles, the results of the solid content determined after partial digestion (required for regulatory purposes) and the results of the batch leaching tests in terms of percentiles have been compared to the Category 1 limit values for content (supplemented with soil quality criteria for substances for which there are no Category 1 criteria) and Category 1+2 and Category 3 limit values for leaching prescribed for other residues in the Statutory Order No. 1762/2016. The assessments below focus on those comparisons, even though such quality criteria are not available for all the substances measured.

#### **Solid content of substances in concrete and tiles**

31 samples of crushed concrete, 7 samples of crushed concrete and tiles, and 3 samples of crushed tiles have been analysed for content of metals/metalloids after partial digestion in accordance with DS 259 (7 M HNO<sub>3</sub> for 0.5 hrs at 1 ato) and for content of hydrocarbons, PCB and PAH. At least 10 % of the samples of crushed concrete and at least 50 % of the samples of crushed concrete and tiles exceeded the soil quality criterion for Ba, but none of the existing Category 1 criteria for residues. The samples of crushed tiles did not exceed any of these criteria. There are no quality criteria for organic substances in residues in the Statutory Order No. 1762/2016, but at least 5 % of the samples of crushed concrete and at least 10 % of the samples of crushed concrete and tiles exceeded the soil quality criterion for C6-C35. At least 10 % of the samples of crushed concrete and tiles also exceeded the soil quality criterion for benz(a)pyrene.

All samples, both from 2011/2012 and 2016/2017, had very low contents of PCB7 (the content of all congeners were below 0.005 mg/kg (the limit of detection/reporting)). The soil quality criterion for total hydrocarbons (100 mg/kg) was exceeded at 95 percentile level for crushed concrete and at 90 percentile level for crushed concrete and tiles as well as for one of the three samples of crushed tiles from 2016/2017 (not measured for the samples from 2011/2012). All types of samples show one or more exceedance of the soil quality criteria for contents of benz(a)pyrene and/or dibenz(a,h)anthracene and/or the sum of 7 PAHs defined by the Danish EPA.

No content of isothiazolinones was found in samples (4 of crushed concrete and 1 of crushed concrete and tiles) analysed for these substances, possibly due to a rather high limit of detection.

#### **Leaching of substances from concrete and tiles**

The results for the 50 samples of crushed concrete, the 19 samples of crushed concrete and tiles, and the 3 samples of crushed tiles from 2011/2012 and 2016/2017 which were subjected to a batch leaching test at L/S = 2 l/kg (EN 12457-1) have been compared to the leaching criteria for other residues in Statutory Order No. 1672/2016. The table below shows to which extent the Category 1+2 limit values were exceeded for the different materials.

Substance for which the Category 1+2 limit values are exceeded	Level at which the Category 1+2 limit values are exceeded		
	Crushed concrete (50 samples)	Crushed concrete and tiles (19 samples)	Crushed tiles (3 samples)
As	90 percentile level	Median level	None exceeding
Ba	Median level	90 percentile level	None exceeding
Cr	All samples exceed	All samples exceed	All samples exceed
Cu	90 percentile level	Median level	None exceeding
Na	90 percentile level	90 percentile level	None exceeding
Ni	60 percentile level	Median level	None exceeding



Substance for which the Category 1+2 limit values are exceeded	Level at which the Category 1+2 limit values are exceeded		
	Crushed concrete (50 samples)	Crushed concrete and tiles (19 samples)	Crushed tiles (3 samples)
Pb	90 percentile level	90 percentile level	None exceeding
Se	90 percentile level	Median level	None exceeding
Zn	None exceeding	95 percentile level	None exceeding
Chloride	Max value exceeding	Max value exceeding	1 out of 3 samples exceeding
Sulphate	None exceeding	90 percentile level	None exceeding
Exceeding at 90 percentile level: At least 10% of the samples exceed the limit value Exceeding at median level: At least 50% of the samples exceed the limit value Exceeding at 10 percentile level: At least 90% of the samples exceed the limit value			

It may be noted that the Category 3 leaching limit values of the Statutory Order No. 1672/2016 for crushed concrete were exceeded by the maximum value for Pb (one single sample with a high leached amount) and at 90 percentile level for Se, while the Category 3 limit value for Ni was exceeded at 95 percentile level for crushed concrete and tiles. None of the samples of crushed tiles exceeded any Category 3 limit values.

#### ***The origin of potentially problematic substances in concrete***

The Category 1+2 leaching limit values for several substances are thus exceeded by several samples of crushed concrete and crushed concrete and tiles. Such substances which may have been added to the surface of the concrete during its functional life – e.g. as ingredients in paint or sealants – could (and should) in principle be removed totally or partly by cleaning measures prior to demolition or renovation and subsequent crushing of the concrete. However, a significant part of a number of the potentially problematic substances in the cement and the concrete originates from the production processes and are therefore integrated constituents of the concrete which cannot be removed by cleaning processes. Some of the substances may e.g. originate from coal fly ash which during a number of years has been added to both cement and concrete. Coal fly ash often contains significant amounts of e.g. As, Ba, Cr, Ni, Pb, Se, V and Zn (Hjelmar, 1990). The substances also occur naturally in the raw materials (limestone, sand, and clay) used in the production of cement (and tiles). However, it is worth noting that only a small proportion of the total content of the substances mentioned in the concrete matrix will be available for leaching under normal conditions. The content of hydrocarbons in concrete is probably to a large extent originating from additives to the concrete and from form oils used during the casting of the concrete. One of the main sources of contamination with PCB which can penetrate into the outer layers of the concrete is PCB-containing sealants (which have been banned for several years).

The above considerations were confirmed by a comparison of the total contents of a number of inorganic substances in 4 samples of newly cast concrete with the general contents of the substances in the concrete samples from 2011/2012. The results show that all the substances are present in the newly cast concrete at concentration levels that are comparable with the general concentration levels of the substances in the crushed concrete samples. Results of batch leaching tests performed on the same samples show that all the substances which are leached from general samples of crushed concrete are also leached from the samples of newly cast concrete, and some of the substances are leached in amounts that exceed the limit values for Category 1+2 in the Statutory Order No. 1672/2016. All the samples of newly cast concrete are seen to exceed the Category 1+2 limit values for Ba, Cr and Na. Three of the four samples also exceed the Category 1+2 limit value for Pb, probably due to the high pH in the eluates.

### **Traceable samples**

Traceable samples of crushed concrete (two sites) and crushed tiles (one site) were collected from sites where selective demolition had been carried out under controlled and documented conditions to ensure that the crushed materials were unpolluted and meeting the conditions for use of sorted C&D waste specified in Statutory Order No. 1672/2016. The samples were subjected to the same chemical analyses and leaching tests as all the other samples collected in 2016/2017. The results appear to indicate that the general level of contamination was somewhat lower and included fewer substances for the traceable samples than for the 50 non-traceable samples of crushed concrete, but does at the same time indicate that selective demolition under controlled conditions, possibly including environmental sanitation, may not necessarily ensure the resulting crushed concrete products will comply with all the Category 1+2 leaching limit values. Something similar is true for the content of organic substances. The most problematic substances appeared to be Ba and Cr (leaching) and hydrocarbons (content). As mentioned above these substances are incorporated as constituents of the concrete, and therefore it is unlikely that they can be totally removed by treatment/cleaning operations. However, only a few samples of traceable samples were collected and analysed/tested, so the data are too scarce to draw actual conclusions on this issue. One of the samples of crushed concrete had a total content of PCB of approximately 0.9 mg/kg which was higher than measured for any other sample in the study. The sample of crushed tiles and one of the samples of crushed concrete exceeded the soil quality criteria for content of both C6-C35 and benz(a)pyrene. The tile sample exceeded the Category 1+2 leaching limit values for Ba and Cr.

### **Organic additives to concrete**

Based on literature data and information from the Danish Register of Products on the amounts used of a number of organic additives to concrete, a preliminary assessment has been carried out of the potential risk to the environment that they may be expected to pose when crushed concrete is recycled and used for construction purposes under various assumptions. The following substances/products have been identified as being most relevant in this context:

- Lignosulphonates
- Sulphonated naphthalene compounds (Blancol)
- Kolofonium (Vinsol resin)
- Thiocyanates
- Acrylic and polyacrylic compounds
- Sulphonated melamine formaldehyde condensates
- Isothiazolinones (methylisothiazolinone - MIT, metylchlorothiazolinone – MCIT, and benzoisothiazolinone – BIT)

Depending on whether assessments of the potential environmental impacts of the products are (1) based on available information on their ecotoxicity (PNEC values) and the annually used amounts combined with the recommended application concentrations or (2) combined with a distribution of the annually used amounts on an annual amount of crushed concrete of 850,000 tonnes (half of the amount of crushed concrete and tiles registered in DK in 2015) in combination with PNEC values, rather different results are obtained. Since the assessments are associated with a considerable uncertainty, it is recommended to defer further environmental impact assessments until better data can be obtained both regarding the exposure of the environment and the toxicity of the substances. The latter is complicated by the fact that they all are commercial products which seldom or never consists of pure and well defined substances.

# 1. Indledning

## 1.1 Baggrund og formål

Størstedelen af det fremkomne beton- og teglaffald i Danmark nedknuces og avendes i bygge- og anlægsarbejder som f.eks. stier, veje og pladser, som erstatning grus, sand og sten. I den forbindelse kan der ske en spredning af problematiske stoffer, som er tilsat ved produktionen af cement, tegl og beton (f.eks. som bestanddele af kulflyveaske og tilsætningsstoffer til beton mv.), og/eller som for nogles vedkommende i en vis mængde har været til stede naturligt i de virgine råstoffer (kridt, sand, ler). Andre kan være blevet tilført beton og tegl i forbindelse med brug, f.eks. i form af maling eller fuger med et indhold af problematiske stoffer, herunder blandt andet PCB, som fra fugematerialet kan trænge ind i den omgivende beton. Eventuelle indhold af de sidstnævnte stoffer burde være fjernet/reduceret, f.eks. gennem miljøsanering, inden beton og tegl nedknuces med henblik på nyttiggørelse.

Ifølge Miljøstyrelsens Affaldsdatasystem (ADS, 2017) blev der i Danmark i 2015 behandlet ca. 1.7 million tons bygge- og anlægsaffald (bestående af beton, mursten, tegl og keramik samt blandinger af disse) med henblik på nyttiggørelse. Det bemærkes, at der er en vis usikkerhed knyttet til opgørelsen af disse mængder. Affaldet anvendes primært på nedknust form som aggregat, typisk som fraktionen 0/32 mm, til erstatning for stabilgrus i forbindelse med bygge- og anlægsaktiviteter.

Anvendelsen af nedknust beton og tegl er reguleret af Bekendtgørelse nr. 1672 af 15. december 2016 om anvendelse af restprodukter, jord og sorteret bygge- og anlægsaffald (Restproduktbekendtgørelsen) og forudsætter, at affaldet er uforurenet, sorteret og behandlet. Der er i bekendtgørelsen ikke fastlagt grænseværdier for, hvilket indhold af problematiske stoffer i beton og tegl, der er acceptabelt, bortset fra PCB, der er omfattet af særlige regler for, hvor meget PCB affaldet må indeholde<sup>1</sup>, og hvilke i anlægstyper nedknust PCB-holdig beton og tegl må anvendes.

Det fremgår af Handlingsplan for håndtering af PCB i bygninger<sup>2</sup> og af Ressourceplan for affaldshåndtering 2013 - 2018<sup>3</sup>, at der sigtes efter en bedre kvalitet i genanvendelsen af bygge- og anlægsaffald, ved at begrænse uacceptabel spredning af problematiske stoffer i miljøet med bygge- og anlægsaffald samtidig med, at en høj genanvendelsesprocent bliver opretholdt. Der 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.

Tidligere gennemførte undersøgelser<sup>4</sup> har vist, at anvendelse af nedknust beton og tegl i anlægsarbejder kan indebære en risiko for en uacceptabel spredning af problematiske stoffer i miljøet.

---

<sup>1</sup> Grænseværdierne for indhold af PCB i bygge- og anlægsaffald refererer til målinger foretaget ved kilden og i overfladen det sted, hvor koncentrationen vurderes at være højest – de gælder således ikke for målinger foretaget på det nedknuste materiale.

<sup>2</sup> Handlingsplan for håndtering af PCB i bygninger – Indeklima, arbejdsmiljø og affald, regeringen 2011.

<sup>3</sup> Danmark uden affald. Ressourceplan for affaldshåndtering 2013 – 2018, Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 4, 2014.

<sup>4</sup> Miljøprojekt nr. 1083, 2006, Kortlægning af forurenende stoffer i bygge- og anlægsaffald.

Der blev, som opfølgning på PCB-Handlingsplanen, gennemført et litteraturstudie<sup>5</sup>, som bekræftede, at nyttiggørelse af beton og tegl i anlægsarbejder kan indebære en risiko for uacceptabel spredning af organiske og uorganiske stoffer. Det fremgik endvidere af studiet, at der kun forelå ganske få informationer om indhold og udvaskning af potentielt problematiske stoffer i knust beton og tegl fra Danmark. Som konsekvens heraf blev det i studiet anbefalet at tilvejebringe et mere fyldestgørende datagrundlag for at kunne vurdere behovet for en eventuel revision lovgivningen vedrørende nyttiggørelse af knust beton og tegl, som ønskes anvendt til bygge- og anlægsformål. Studiet omfattede en række anbefalinger vedrørende de stoffer og analyser, et opfølgende projekt burde omfatte. Nærværende undersøgelse har taget udgangspunkt i disse anbefalinger.

Formålet med nærværende undersøgelse er at tilvejebringe et sikkert fagligt grundlag om indhold og udvaskning af de problematiske stoffer, som forekommer i beton og tegl fra nedrivning eller renovering af danske bygninger og anlæg. Det skal i den forbindelse nævnes, at der af praktiske årsager alene er udtaget prøver fra bunker af nedknust beton, tegl og blandinger af disse, som var klargjort til anvendelse i henhold til bestemmelserne i Restproduktbekendtgørelsen (dog indgår der i undersøgelsen også nedknuste prøver af 4 kerner af nystøbt beton udtaget i 2012). De tilvejebragte resultater vurderes at være typiske og repræsentative for danske forhold vedrørende knust beton og tegl i indeværende årti. Resultaterne skal, sammen med et efterfølgende risikovurderingsprojekt, hvor udvaskning fra realistiske anvendelsesscenarier for nedknust bygge- og anlægsaffald modelleres, indgå i grundlaget for revision af lovgivning om nyttiggørelse af beton og tegl i bygge- og anlægsprojekter.

Ved problematiske stoffer forstås i denne sammenhæng uorganiske og organiske stoffer, som kan forekomme i bygge- og anlægsaffald, og som kan udgøre et miljømæssigt problem i forbindelse med nyttiggørelse af knust beton og tegl i bygge- og anlægsarbejder.

## 1.2 Fremgangsmåde og datagrundlag

Med henblik på at kunne beskrive et bredt udsnit af den danske produktion af aggregater fra bygge- og anlægsaffald, som materialenyttiggøres i henhold til Restproduktbekendtgørelsen, er der udtaget 41 prøver af knust beton, knust beton og tegl og knust tegl fra private og kommunale behandlingsanlæg for bygge- og anlægsaffald og to nedrivningspladser med en geografisk spredning over København, Sjælland, Fyn og Jylland. Prøverne er udtaget så repræsentativt som muligt under hensyntagen til de praktiske forhold. Prøverne er efter yderligere nedknusning og neddeling blevet analyseret for indhold og udvaskning af uorganiske og organiske stoffer. Nogle af analyse- og testmetoderne er valgt således, at det er muligt at vurdere de indsamlede prøvers miljømæssige egenskaber i relation til de grænseværdier for stofindhold og stofudvaskning i Restproduktbekendtgørelsen, som gælder for andre affaldsbaserede aggregater (slagge fra forbrænding af husholdslignende affald samt bundaske og flyveaske fra kulforbrænding), som ønskes materialenyttiggjort. Andre af udvaskningstestene er valgt således, at resultaterne kan anvendes til at estimere kildestyrken i forbindelse med efterfølgende risikovurderinger. Valget af stoffer, som indgår i faststof- og eluatanalyser, har især taget udgangspunkt i de anbefalinger, som blev fremsat i Miljøprojekt nr. 1806/2015.

Resultaterne fra et PhD-projekt på DTU Miljø, som blev gennemført fra 2010 til 2014, er blevet inddraget i datagrundlaget. Her er 31 danske prøver af knust beton og tegl med geografisk spredt oprindelse blevet udtaget i 2011/2012, hvorefter de er blevet analyseret og testet med hensyn til stofudvaskning efter et pro-gram, der er sammenligneligt med det aktuelt gennemførte.

---

<sup>5</sup> Miljøprojekt nr. 1806, 2015, Forurenende stoffer i beton og tegl.

Sideløbende er der, ligeledes med udgangspunkt i anbefalinger fra Miljøprojekt nr. 1806/2015, foretaget en vurdering af den potentielle miljørisiko, som visse organiske tilsætningsmidler til beton kan forventes at udgøre i forbindelse med materialenyttiggørelse af knust beton.

Denne rapport er i vidt omfang en dataopsamlingsrapport, og det skal bemærkes, at der både i selve rapporten og i bilagene med analyse- og testdata er anvendt rød skrift til angive, at et resultat er lavere end detektionsgrænsen for den anvendte analysemetode. Det angivne røde tal er i hvert tilfælde detektionsgrænsen.

## 2. Indsamling og forbehandling af prøver af knust beton og tegl

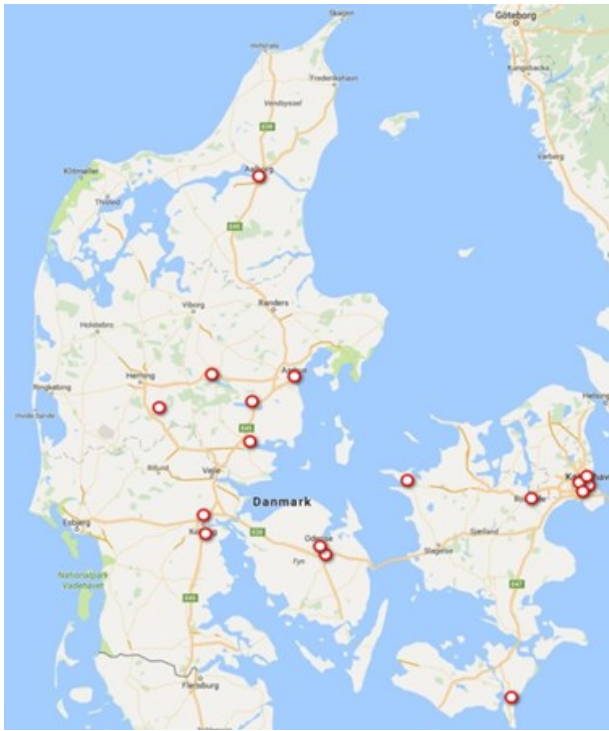
### 2.1 Repræsentativitet

Et af formålene med projektet har været at beskrive variationsbredden i indhold i og udvaskning af problematiske stoffer fra knust beton og tegl fra nedrivning og renovering af danske bygninger og anlæg. Som følge af den valgte prøvetagningsstrategi omfatter dette alene knust beton og tegl som materialenyttiggøres i bygge- og anlægsprojekter efter reglerne i Restproduktbekendtgørelsen. Prøvetagningen er derfor tilrettelagt således, at de prøver af beton og tegl, som er indsamlet og analyseret/testet i dette projekt, udgør et så repræsentativt udsnit som muligt af den knuste beton og tegl, som materialenyttiggøres eller er materialenyttiggjort i Danmark i perioden 2011 – 2017. For at sikre dette er der inden for rammerne af projektet i videst muligt omfang taget hensyn til følgende overordnede forhold, som uddybes i den nedenstående tekst:

- Forskellige typer af nedknuste materialer baseret på beton og tegl
- Geografisk fordeling af produktionssteder
- Ejerskab af produktionsstederne
- Sporbarhed af produkter

**Forskellige typer af nedknuste materialer:** Den type nedknust byggeaffald, som i Danmark produceres i størst mængde, er **knust beton**, som næsten udelukkende er baseret på betonaffald fra nedrivning og renovering af bygninger og anlæg og overskudsbeton fra byggeri og produktion af beton. **Knust beton og tegl** produceres også i betydelige mængder og fremstilles ved knusning af blandinger af betonaffald og (uglaserede) teglprodukter. Begge dele fremstilles oftest som partikelfractionen 0/32 mm, svarende til stabilgrus. **Knust tegl**, som fremstilles ved knusning af uglaseret tegl (tagsten og murstensbrokker), har vist sig at være forholdsvis sjældent forekommende i Danmark. Der fremstilles også knust beton og asfalt, men det produkt indgår ikke i dette projekt (og er ikke blevet observeret under prøvetagningen). Den officielle statistik (ADS) giver ikke mulighed for at skelne mellem de forskellige produkter, så den præcise mængdefordeling mellem dem er ikke kendt. For at dække ovenstående materialer så bredt som praktisk muligt er der i alt indsamlet og undersøgt 41 prøver fordelt på 31 prøver af knust beton, 7 prøver af knust beton og tegl og 3 prøver af "ren" tegl. Der blev som reserve indsamlet yderligere 4 prøver af knust beton og tegl, men de blev ikke undersøgt.

**Geografisk placering af produktionssteder:** Betydningen af den geografiske beliggenhed af et behandlingsanlæg kendes ikke, men der er, som vist i [Figur 2.1](#), indsamlet prøver fra en række lokaliteter spredt over en stor del af Danmark for at sikre en betydelig geografisk repræsentativitet.



**Figur 2.1** Geografisk fordeling af prøvetagningssteder.

**Ejerskab af produktionsstederne:** Langt de fleste (34 stk.) af de undersøgte prøver er udtaget fra behandlingsanlæg, hvoraf størstedelen var ejet og drevet af private virksomheder. Der er dog også udtaget prøver (7 stk.) fra kommunale behandlingsanlæg. Generelt er der ikke væsentlige forskelle på den måde, de private og de kommunale behandlingsanlæg drives på. Begge modtager bygge- og anlægsaffald fra mange forskellige kilder (transportører og producenter). Beton- og teglaffaldet sorteres efter behov og nedknuces til de ønskede produkter, fortrinsvis knust beton og knust tegl i fraktionen 0/32 mm. De nedknuste produkter oplagres i bunker, hvorfra de afhentes af kunder til brug i bygge- og anlægsprojekter. Bunkerne, der kan variere i størrelse fra nogle få hundrede tons til over 20.000 tons, kan ligge fra nogle få dage til flere år. I mange tilfælde både tilføres og fjernes der løbende materiale fra en bunke. Denne variation må forventes at være repræsenteret i prøvetagningen. Det kan nævnes, at mens de fleste af prøverne udtaget i dette projekt stammer fra forholdsvis store behandlingsanlæg, mens prøverne, der blev udtaget i 2011/2012 overvejende stammer fra mindre behandlingsanlæg.

**Sporbarhed:** Som nævnt ovenfor modtager de faste behandlingsanlæg, private såvel som kommunale, beton og tegl fra mange kilder over en kortere eller længere periode, og sporbarheden af de færdige produkter i bunkerne går derved tabt. En bunke vil stort set altid være en blanding af knust beton og/eller tegl fra en række forskellige kilder, dvs. producenter og transportører. Det forekommer derfor sandsynligt, at den variationsbredde i sammensætning og stofudvaskning, som derved fremkommer for materialerne i den enkelte bunke, er af samme størrelsesorden som de variationer i sammensætning og stofudvaskning, som kan forventes mellem produkter fra forskellige behandlingsanlæg. De fleste af de prøver, der er udtaget og undersøgt i dette projekt (36 stk.), kommer fra behandlingsanlæg, hvor der er flere/mange kilder til affaldet. Der er imidlertid også udtaget 5 prøver (heraf én tredobbelt prøve) af knust beton og tegl fra to nedrivningsprojekter, hvor de bunker, som prøverne blev udtaget fra, alene stammede fra disse projekter. For begge projekters vedkommende var der gennemført dokumenterede miljøscreeninger og miljøundersøgelser, og der var foretaget selektiv nedrivning. De pågældende bunker af knust beton og knust tegl repræsenterede således sporbart materiale, der var produceret i henhold til gældende lovgivning, og som sådant kunne forventes at

være "uforurennet". Det skal dog siges, at miljøundersøgelserne udelukkende har fokuseret på faststofanalyser af potentielt forurenende stoffer.

I Tabel 2.1 ses en oversigt over antallet af udtagne og undersøgte prøver samt deres fordeling med hensyn til private og kommunale behandlingsanlæg og geografi.

**Tabel 2.1 Oversigt over de udtagne prøver, som er undersøgt i dette projekt.**

Materiale	Antal prøver	Private behandlingsanlæg	Kommunale behandlingsanlæg	Geografisk fordeling af udtagne prøver
Knust beton	31	26 prøver, 4 firmaer, 12 lokaliteter	5 prøver, 3 lokaliteter	KBH: 8, SJ: 11, FY: 3, JY: 10
Knust beton & tegl	7	7 prøver, 3 firmaer, 7 lokaliteter	-	KBH: 3, FY: 1, JY: 3
Knust tegl	3	1 prøve, 1 firma, 1 lokalitet	2 prøver, 1 lokalitet	KBH: 1, JY: 2

KBH: Københavnsområdet, SJ: Sjælland og de sydlige øer, FY: Fyn, JY: Jylland

## 2.2 Udtagning og forbehandling af prøver i dette projekt

Bestræbelserne på at indsamle prøver, der er repræsentative for knust beton og tegl på landsplan i 2016/2017, er beskrevet i afsnit 2.1. Tilsvarende har prøvetagningen på de enkelte behandlingsanlæg været tilrettelagt med henblik på, at en prøve udtaget fra en bunke af knust beton og/eller tegl er repræsentativ for den pågældende bunke.

Prøvetagningen har fulgt principperne i **DS/EN 16457: Karakterisering af affald – Rammer for udarbejdelse af et prøvetagningsprogram – Mål, planlægning og rapport** og de tilhørende vejledninger **DS/CEN/TR 13310-1 til DS/CEN/TR 13310-5**, men en stringent anvendelse af standarden kunne ikke gennemføres inden for rammerne af projektet. Af praktiske og tidsmæssige årsager var det eksempelvis ikke muligt at udtage prøverne som et antal delprøver fra en faldende strøm under knusningen og over hele perioden for opbygningen af en bunke, hvilket ellers ville have været ideelt. I stedet blev der udarbejdet en fleksibel prøvetagningsplan, som efter behov kunne tilpasses de lokale forhold og muligheder på de forskellige behandlingsanlæg, hvor der blev udtaget prøver. Prøverne blev udtaget af mandskab fra Golder Associates eller Danish Waste Solutions, ofte med assistance fra det lokale personale.

På de anlæg, som var bemandede, blev prøvetagningen gennemført med assistance fra anlæggets personale. Med en frontlæsser blev der 10 – 20 steder langs periferien af en bunke (som typisk kan indeholde fra 1.500 til 15.000 m<sup>3</sup> knust materiale med en højde på 2 – 8 m) to gange gravet dybt ind i siden af bunken, hvorefter der blev udgravet én eller to grabfulde materiale, som blev placeret i en flad bunke foran hver udgravning. Fra hver af de udgravede bunker blev der med en skovl udtaget 2 – 4 skovlfulde materiale, som alle blandedes i grabben og derefter udlagdes i en stribe (en longpile), som typisk var sammensat af 30 til 50 skovlfulde og indeholdt 100 – 300 kg materiale. Fra den udlagte longpile blev der med en skovl et par steder udtaget delprøver i hele sribens tværsnit, svarende til i alt ca. 30 – 35 kg, som blev blandet og emballeret lufttæt i 26 liters plastspande og hjemtaget. Ifølge **DS/EN 933-1: Prøvetagningsmetoder for geometriske egenskaber ved tilslag (aggregater) – Del 1: Bestemmelse af kornstørrelsesfordeling – Sigteanalyse** skal delprøver med en maksimal partikelstørrelse på 32 mm have en størrelse på mindst 10 kg for at kunne være repræsentativ for den mængde, de er udtaget fra. Med de ovennævnte prøvemængder er denne grænse rigeligt overholdt.



På anlæg eller pladser, som ikke var bemandede, eller hvor der ikke var en frontlæsser eller lignende til rådighed, blev prøverne i stedet udtaget alene ved hjælp af en skovl. Der blev typisk med skovl udtaget i alt ca. 50 prøver á ca. 4 kg fra forskellige steder og forskellige højder i en bunkes sider langs hele periferien og – hvis det var muligt – også fra toppen af bunken. Delprøverne blev – typisk fem ad gangen – udlagt i en longpile, hvorfra den endelige prøve på 30 – 35 kg blev udtaget på samme måde som beskrevet ovenfor.

I Figur 2.2 er vist nogle situationer fra prøvetagningen, der blev gennemført i november/december 2016, januar/februar 2017 og maj 2017. I Bilag 1 ses en oversigt over de udtagne prøver.



**Figur 2.2 Nogle situationer fra udtagningen af prøver.**

De indsamlede prøver blev efterfølgende, om nødvendigt efter 24 timers lufttørring ved stuetemperatur, ved hjælp af en riffelneddeler og en kæbeknuser alle reduceret til repræsentative prøver på 5 – 10 kg (afhængigt af testprogrammet) med partikelstørrelse < 4 mm. Heraf blev der med riffelneddeler udtaget mindre delprøver, som derefter blev fremsendt til de respektive laboratorier til analyse for faststofindhold og test af udvaskningsegenskaber. De dele af prøverne, som ikke er nedknust og/eller anvendt til analyser og tests, er gemt som back-up indtil projektets afslutning.

Det vurderes ikke, at de ovennævnte afvigelser fra prøvetagningsstandarder har haft nogen væsentlig indflydelse på de fundne resultater, da standardens principper i videst muligt omfang er blevet fulgt. Det er klart, at prøvetagningsmetoden uden frontlæsser ikke i samme grad som metoden med frontlæsser medtager dele af bunkernes indre. I afsnit 5.1.2 er det påvist, at dette næppe har haft nogen signifikant betydning for projektets resultater.

## **2.3 Udtagning og forbehandling af prøver i tidlige undersøgelse (DTU Miljø)**

I forbindelse med et PhD-projekt ved DTU Miljø (Butera, 2015), som blev gennemført i 2010 – 2014, blev 31 prøver af dansk bygge- og anlægsaffald undersøgt. Formålet med PhD-projektet var at give en vurdering af de potentielle miljøeffekter i et livscyklusperspektiv ved anvendelsen af dansk bygge- og anlægsaffald i vejbygning. Det krævede i første omgang en grundig karakterisering af det danske bygge- og anlægsaffald, som bliver knust ned og materialenytiggjort. Karakteriseringen omfattede faststofanalyse af uorganiske stoffer, PCB'er og PAH'er, samt undersøgelse af udvaskningen af en række uorganiske stoffer.

I perioden 2011-2012, blev der udtaget 31 prøver (DTU1 – DTU31) af knust beton og tegl forskellige steder i Danmark. Detaljerne vedrørende de udtagne prøver, prøvetagningsproceduren, samt analyseprogrammerne kan findes i Butera (2015). De vigtigste aspekter i relation til dette projekt er beskrevet nedenfor.

Prøverne blev udtaget med det formål at give et repræsentativt billede af det danske bygge- og anlægsaffald, som bliver/blev anvendt til materialenyttiggørelse. Undersøgelsen dækker derfor landet så geografisk godt som muligt. Der blev udtaget 29 prøver, hvoraf 27 er medtaget her:

- 15 prøver af knust beton
- 12 prøver af knust beton og tegl (disse var i de fleste tilfælde, og uanset oprindelsen, blandet med jord)

Derudover blev der indsamlet 4 prøver af nystøbte betonkerner med henblik på at undersøge, om ny beton ville have væsentligt anderledes indhold af problematiske stoffer end betonaffald. Prøvetagningen af de 27 prøver af knust beton samt knust beton og tegl foregik mellem august 2011 og februar 2012. Betonkerne blev støbt mellem september og medio- november 2012. De blev modtaget i perioden oktober-december 2012 og blev testet i januar-primo februar 2013, dvs. da de højst var 5 måneder gamle.

For at sikre, at de udtagne prøver var så repræsentative som muligt for de bunker, som de blev udtaget fra, blev procedureerne i standard **EN 932-1:1996** for prøveudtagning af tilslag fulgt. Prøverne blev udtaget ved hjælp af håndskovl. Der blev først gravet ned i bunkerne med skovl, og bagefter blev 10-20 delprøver udtaget med enten med håndskovl eller en større skovl (afhængigt af tilgængelighed af bunken) fra forskellige steder i bunkerne. Delprøverne blev blandet sammen og kørt til DTU-laboratorierne for yderligere behandling, inklusive repræsentativ neddeling og knusning. Den samlede størrelse af hver prøve var mellem 20 og 80 kg, afhængigt af hvor mange og hvilke udvaskningstests, der skulle foretages.

For at sikre, at de udtagne prøver var så repræsentative som muligt for det danske bygge- og anlægsaffald, som materialenyttiggøres, blev de udtaget fra 8 forskellige lokaliteter, som var spredt geografisk over hele landet. Der var 7 private og et kommunalt knuseanlæg. De 4 prøver af ny-støbte betonkerner blev leveret af 3 producenter af betonelementer. Butera (2015) indeholder flere detaljer om prøverne, deres oprindelse samt udtagningsmetoden. I Bilag 2 ses en oversigt over alle de 31 prøver.

Prøverne repræsenterer en bred vifte af karakteristika med hensyn til materialesammensætning, der spænder fra ren (dvs. ublandet) knust beton til blandede materialer, herunder mursten, fliser, mørtel og jord (jf. Butera, 2015). Det var ikke muligt at spore den eksakte oprindelse af prøverne DTU1-DTU6 og DTU9-DTU27, da de blev indsamlet fra store bunker af knust materiale, der stammede fra forskellige nedrivningssteder og forskellige tidspunkter. Prøverne DTU7-DTU8 repræsenterede affald fra en byggeplads (i modsætning til affald stammende fra en nedrivning) og blev udtaget ved en betonelementsfabrik, efter at de blev returneret som "overskudsbyggematerialer". Som sådan kan prøverne DTU7-DTU8 betragtes som duplikater af samme materiale med en specifik og kendt opskrift

## 2.4 Samlet prøvegrundlag

Resultaterne fra undersøgelsen af prøverne fra 2011/2012 kan på flere måder sammenlignes direkte med resultaterne af den aktuelle undersøgelse fra 2016/2017 på grund af sammenlignelige prøveindsamlingsstrategier og prøvetagnings- og analysemetoder samt det forhold, at der er et betydeligt sammenfald mellem formålet med de tidligere undersøgelser og formålet med dette projekt. Derfor kan resultaterne for disse prøver inddrages i vurderingen sammen med resultaterne fra denne undersøgelse. Den samlede datamængde, som omfatter undersøgelsesresultater for i alt 50 prøver af knust beton og 19 prøver af knust beton og tegl, vurderes at udgøre et godt grundlag for en beskrivelse af indhold og udvaskning af potentielt problematiske stoffer i knust beton og knust beton og tegl, som i indeværende årti materialenytiggøres i henhold til Restproduktbekendtgørelsen i Danmark. For knust tegl alene, som ikke produceres i væsentligt omfang, foreligger der 3 prøver fra to bunker, udtaget i 2017.

# 3. Analyse- og testmetoder

## 3.1 Bestemmelse af faststofindhold i prøverne

### 3.1.1 Prøver fra nærværende projekt (2016/2017)

Alle prøver blev analyseret for indhold af følgende parametre: As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn i henhold til anbefalingerne for uorganiske sporstoffer i Miljøprojekt 1806/2015. De blev analyseret efter partiel<sup>6</sup> oplukning med 7M salpetersyre ved 1 atmosfæres overtryk i henhold til **DS 259**, som de danske miljøkriterier for faststofindhold (herunder faststofgrænseværdierne for anvendelse af restprodukter under Kategori 1 i Restproduktbekendtgørelsen) generelt er baseret på. Desuden analyseredes prøverne også for total organisk kulstof, TOC, (EN 13137), indhold af kulbrinter (**Reflab Metode 1: 2010**), indhold af 16 US EPA PAH: benz(a)pyren, dibenz(ah)anthracen, indeno(1,2,3-c)pyren, benz(bjk)fluoranthren, fluoranthren, naphthalen, acenaphthylen, acenaphthen, fluoren, phenanthren, anthracen, pyren, benz(a)anthracen/chrysen og benz(ghi)perylene (**Reflab Metode 4: 2008**), PCB7 (**GC-MS/DS15308**) samt kort-, mellem- og langkædede klorerede paraffiner (**GC-FID**).

5 udvalgte prøver (3 knust beton og 2 knust beton & tegl) blev analyseret yderligere for totalindhold af Al, As, Ba, Ca, Cd, Cr (total), Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Sr, Ti, V og Zn efter oplukning med kongevand og flussyre (**EN 13656**). Prøverne blev desuden analyseret for indhold af Cr(VI) i henhold til **DS/EN 15192**.

4 prøver af knust beton og 1 prøve af knust beton og tegl blev yderligere analyseret for indhold af isothiazolinoner, der under projektførelsen blev identificeret som potentielt problematiske, ved **GC-MS** samt **TLC**.

I Tabel 3.1 er analyseprogrammet vedrørende stofindhold i de udtagne prøver opsummeret. En mere detaljeret oversigt, som viser hvilke enkeltprøver, der indgår i de forskellige analyseprogrammer, kan ses i Bilag 3.

**Tabel 3.1 Oversigt over de kemiske analyser til bestemmelse af stofindhold, som er udført på prøverne fra 2016/2017.**

Materiale	Indhold af uorganiske stoffer efter partiel oplukning (DS 259)	Indhold af uorg. stoffer efter totaloplukning (EN 13656) og Cr(VI) (EN 15192)	Indhold af kulbrinter, PAH, PCB7 og klorerede paraffiner	Indhold af isothiazolinoner (MIT, MCIT, BIT)
Knust beton	31 prøver	3 prøver	31 prøver	4 prøver
Knust beton & tegl	7 prøver	2 prøver	7 prøver	1 prøve
Knust tegl	3 prøver	-	3 prøver	-

<sup>6</sup> Ordet "partiel" anvendes om denne oplukningsmetode (DS 259), da den i modsætning til en total oplukning (f.eks. med kongevand (3 dele HCL og 1 del HNO<sub>3</sub>) og HF i henhold til EN 13656) ikke fuldt oplukker silikater og dermed ikke fuldt medtager metaller og metalloider, som er bundet i disse. For silikatholdige materialer udelukker dette ofte anvendelse af resultaterne af analyser baseret på partiel oplukning til massestrømsanalyser, mineralbeskrivelser og andre formål, hvor der er brug for kendskab det totale stofindhold.

Analyserne for indhold af uorganiske stoffer efter partiel oplukning og totaloplukning blev udført af det akkrediterede analyselaboratorium ALcontrol AB i Sverige og deres eventuelle underleverandører. Analyserne for indhold af kulbrinter, PAH, PCB7 og klorerede paraffiner blev udført af det akkrediterede laboratorium VBM Laboratoriet A/S i Danmark. Analyserne for indhold af isothiazolinoner blev udført af Dansk Miljøanalyse, hvis laboratorium er akkrediteret, men analyserne blev ikke udført akkrediteret, da der ikke er tale om rutineanalyser.

### 3.1.2 Prøver fra DTU (2011/2012)

Alle DTU-prøverne blev analyseret for indhold af en række uorganiske stoffer: Al, As, Ba, Ca, Cd, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sr, V, Zn. Faststofanalyserne blev udført efter totaloplukning i henhold til **DS/EN 13656** for karakterisering af affald. Det skal bemærkes, at den anvendte standardmetode ikke svarer til den, som skal anvendes ved analyse af restprodukter for stofindhold i henhold til Restproduktbekendtgørelsen, se ovenfor. Begrundelsen for at vælge en totaloplukning var, at resultaterne blandt andet skulle anvendes til geokemisk modellering af stofudvaskningen. Totalindholdet af kulstof (TC) og total organisk kulstof (TOC) blev også analyseret.

Derudover blev der analyseret for 16 PAH-stoffer (naphthalen, acenaphthylen, acenaphthen, fluoren, phenanthren, anthracen, pyren, fluoranthen, chrysen, benz(a)anthracen, benz(a)pyren, benz(b)fluoranthen, benz(k)fluoranthen, benz(g,h,i)perylene, indeno[1,2,3-cd]pyren, dibenz(a,h)anthracen) og PCB7.

## 3.2 Bestemmelse af stofudvaskning fra prøverne

### 3.2.1 Prøver fra nærværende projekt 2016/2017

I Tabel 3.2 ses en oversigt over de forskellige anvendte udvaskningstests og de prøver af knust beton, knust beton og tegl og knust tegl, som er blevet testet for stofudvaskning. De enkelte prøver er nærmere karakteriseret i Bilag 1.

**Tabel 3.2 Oversigt over de anvendte udvaskningstests og de testede prøver fra nærværende projekt 2016/2017.**

Testede prøver	DS/EN 12457-1 Batchudvaskningstest	DS/EN 14405 Kolonneudvaskningstest	DS/EN 14997 pH-statisk test	Nordtest TR 576 Ligevægtskolonne-test
Knust beton	Alle 31 prøver	6 prøver: 2, 8, 23, 28, 35, 40	1 prøve: 35	6 prøver: 2, 8, 23, 28, 35, 40
Knust beton og tegl	Alle 7 prøver	3 prøver: 3, 9, 18	1 prøve: 3	3 prøver: 3, 9, 18
Knust tegl	Alle 3 prøver	1 prøve: 37		1 prøve: 37

Alle de 41 indsamlede prøver er blevet underkastet en 1-trins batchudvaskningstest ved L/S = 2 l/kg, **DS/EN12457-1**, som er den test, der både ved materialenyttiggørelse af restprodukter (jf. Restproduktbekendtgørelsen) og deponering af affald (jf. Bekendtgørelse nr. 1049 af 28. august 2013 om deponeringsanlæg - Deponeringsbekendtgørelsen) i Danmark skal anvendes som overensstemmelsestest til kontrol af, om grænseværdierne for stofudvaskning overholdes. Eluaterne er analyseret for de i Tabel 3.3 viste stoffer og parametre. Analyseparametrene er valgt, så de inkluderer alle de stoffer, som indgår i udvaskningskravene i Restproduktbekendtgørelsen og/eller Deponeringsbekendtgørelsen. Desuden indgår et antal makro-stoffer, som gør det muligt at anvende udvaskningsdataene til hydrogeokemisk ligevægtsmodellering. Dette kan for eksempel være relevant, hvis man ønsker at estimere de udvaskningsmæssige

konsekvenser af eventuelle fremtidige ændringer i de kemiske forhold omkring specifikke anvendelser af knust beton og tegl.

10 udvalgte prøver (7 betonprøver og 3 teglprøver) er blevet underkastet en kolonneudvaskningstest for uorganiske stoffer og NVOC/DOC. Testen er udført i henhold til **EN 14405** med opsamling af 7 eluater i L/S-intervallet 0 – 10 l/kg, og med en gennemstrømningshastighed af demineraliseret vand på 15 cm/døgn. Denne test giver et mere nuanceret billede af stofudvaskningen, end batchtesten (som i princippet giver ét punkt på samme udvaskningskurve). Samtidig kan resultaterne af kolonneudvaskningstestene anvendes til beregning af materiale-specifikke  $\kappa$ -værdier med henblik på fastlæggelse af kildestyrken i forbindelse med efterfølgende scenariebaserede risikovurderinger og eventuelle beregninger af grænseværdier for stofudvaskning i relation til materialenytiggørelse. Eluaterne er analyseret for de i Tabel 3.3 viste stoffer og parametre.

2 udvalgte prøver (én prøve af knust beton og én prøve af knust beton og tegl) er blevet underkastet en pH-afhængighedstest (**DS/EN 14997**) til undersøgelse af stofudvaskningens afhængighed af pH for uorganiske stoffer og NVOC/DOC. Ved testen udvaskes materiale nedknust til < 1 mm ved L/S = 10 l/kg ved 8 forskellige, fastholdte pH-værdier i intervallet 2 – 12 (hvis prøvernes egen-pH er højere end 12, vil denne værdi udgøre den øvre grænse) i 48 timer for at sikre ligevægt. Eluaterne er analyseret for de i Tabel 3.3 viste stoffer. Ud over en beskrivelse af den indflydelse, som ændringer af pH (som for knust beton for eksempel kan være en følge af karbonatisering) kan have på stofudvaskningen, giver denne test også et mål for alkaliniteten, dvs. modstandskraften overfor forsuring og karbonatisering.

De samme 10 udvalgte prøver, som blev testet i kolonneudvaskningstesten er også blevet underkastet en ligevægtskolonnetest for ikke-flygtige organiske ved L/S = 2 l/kg (**Nordtest TR 576**). Denne test, hvor demineraliseret vand over en uge recirkuleres mange gange gennem det nedknuste materiale, er, som det tidligere er vist, f.eks. i Miljøprojekt nr. 1731/2015 (Miljøstyrelsen, 2015), mere velegnet end DS/EN 12457-1 til bestemmelse af udvaskningen af organiske stoffer. Eluaterne er analyseret for de i Tabel 3.3 viste stoffer og parametre, som der har været stort fokus på (PCB7 og PAH) og som er fundet i betydelige mængder i faststofanalyser på knust beton (kulbrinter).

**Tabel 3.3 Oversigt over gennemførte udvaskningstests og eluatanalyser for prøverne fra nærværende projekt (2016/2017).**

Antal prøver	Udvaskningstests	Kemiske analyser af eluater
41	Udvaskningstests DS/EN 12457-1 for uorganiske stoffer og NVOC/DOC	Al, Si, Ca, Na, K, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, V, Zn, NVOC/DOC, klorid, fluorid, sulfat *
10	Kolonneudvaskningstests DS/EN 14405 for uorganiske stoffer og NVOC/DOC	Al, Si, Ca, Na, K, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, V, Zn, klorid, fluorid, sulfat, NVOC/DOC
2	pH-afhængighedstest DS/EN 14997 (udvaskning af uorganiske stoffer og NVOC/DOC)	Al, Si, Ca, Na, K, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, V, Zn, klorid, fluorid, sulfat, NVOC/DOC
10	Ligevægtskolonnetests Nordtest TR 576 for ikke-flygtige organiske stoffer	PAH (US EPA 16), kulbrinter, PCB7

\*:Fem udvalgte eluater er yderligere analyseret for B, Br, nitrat og nitrit (fordi de er på listen over stoffer, som bør vurderes nøjere, i Miljøprojekt nr. 1806/2015).

Udvaskningstestene for uorganiske stoffer, EN 12457-1, DS/EN 14405 og DS/EN 14997, og de tilhørende eluatanalyser er udført af ALcontrol AB, mens ligevægtskolonnetesten for organiske stoffer, Nordtest TR 576, og analyserne af de producerede eluater er udført af VBM Laboratoriet A/S.

### 3.2.2 Prøver fra DTU 2011/2012

Alle 31 prøver fra 2011/2012 er blevet underkastet den samme batchtest (**EN 12457-1** ved L/S 2 L/kg, 24 timers kontakttid og partikelstørrelse <4 mm), som er anvendt på prøverne fra 2016/2017. Denne test blev udvalgt, fordi den kunne give en hurtigt øjebliksbillede af udvaskningsniveauer fra nedknust materiale. Derudover gav batchtesten mulighed for en direkte sammenligning med grænseværdierne for restprodukterne, som anvendes til samme formål som bygge- og anlægsaffald.

6 af disse prøver blev udvalgt og underkastet et mere omfattende sæt af udvaskningstests, som var målrettet til at give en grundigere karakterisering af udvaskningsforløbet over tid og under varierende miljøforhold, herunder ændringer i pH. Dette udvidede testprogram omfattede en kolonnetest (**EN 14405**, dvs. med L/S 0,1-10 l/kg og partikelstørrelse <4 mm) og en pH-afhængighedsudvaskningstest (**EN 14997**, dvs. udvaskning ved l/S 10 l/kg, 48 timer kontakttid og kornstørrelse <1 mm) i pH-intervallet 4-13. Disse udvaskningstests er de samme, som er blevet anvendt på prøverne fra 2016/2017. De 6 prøver (DTU3, DTU5, DTU7, DTU8, DTU9, DTU10) blev valgt så de repræsenterede både ren beton (DTU3, DTU5, DTU7, DTU8), blandet beton tegl og jord (DTU9, DTU10) samt et mere sporbart og dokumenteret sæt af duplikater (DTU7, DTU8). En oversigt over alle prøverne udtaget og undersøgt i 2011/2012 kan ses i Bilag 2.

Eluaterne fra udvaskningstestene blev analyseret for de samme uorganiske stoffer som i faststofanalyserne (dvs. Al, As, Ba, Ca, Cd, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sr, V, Zn), samt Cr(VI) og opløst organisk kulstof (DOC).

# 4. Resultater af analyser og tests

## 4.1 Præsentation og grundlag for miljømæssig vurdering af resultaterne

### 4.1.1 Præsentationsform

Resultaterne af de kemiske analyser og batchudvaskningstestene er i det følgende præsenteret på tabelform for henholdsvis knust beton, knust asfalt og beton og knust tegl. I tabellerne ses for hver materialetype og stof minimumsværdien, 10% -fraktilen, medianen, middelværdien, 90%-fraktilen, 95%-fraktilen, maksimumsværdien og antallet af prøver (N). Middelværdien (det aritmetiske gennemsnit) er medtaget, men giver kun mening, hvis et givet sæt data er normalfordelt, hvilket formentlig ikke generelt er tilfældet for de foreliggende data. En signifikant forskel mellem median- og gennemsnitsværdien indikerer, at et givet datasæt ikke er normalfordelt. Målinger af den foreliggende type er ofte log-normalfordelt. Alle analyse- og testresultater for de enkelte prøver er vist i bilagene 4 til 16.

For datasæt af en størrelse som det foreliggende kan det være misvisende at fokusere på minimums- og maksimumsværdier, da disse kan være udtryk for et enkelt eller nogle få ekstreme resultater, som enten er utypiske eller kan skyldes fejl eller specielle forhold under prøvetagning eller analyse. Betragtning af eksempelvis 10%-fraktilen og 90%-fraktilen giver et mere robust indtryk af variationen i stofindhold og stofudvaskning. Nogle datasæt kan være så små, at anvendelse af 5%- og 95%-fraktillerne (eller 10%- og 90%-fraktillerne) ikke skønnes hensigtsmæssig. I en række sammenligninger er det derfor valgt at anvende medianværdier, da disse må antages at være forholdsvis robuste i forhold til forekomst af tilfældige ekstremværdier.

### 4.1.2 Restproduktbekendtgørelsen

Som tidligere nævnt kan bygge- og anlægsaffald af typerne nedknust beton og/eller tegl, uden en konkret tilladelse efter miljøbeskyttelsesloven, i henhold til reglerne i Restproduktbekendtgørelsen nyttiggøres i bygge- og anlægsprojekter som erstatning for primære råstoffer, forudsat at affaldet er sorteret, forarbejdet og uforurennet. Der er ikke fastlagt grænseværdier for, hvornår beton- og/eller teglaffald kan anses for at være uforurennet. Det skal dog bemærkes, at der gælder særlige regler for affaldets indhold af PCB. For de øvrige restprodukter, der kan nyttiggøres efter Restproduktbekendtgørelsen - det vil sige slagge fra forbrænding af husholdslignende affald og bundaske og flyveaske fra kulforbrænding, er der fastlagt grænseværdier for acceptabelt indhold og udvaskning af en række uorganiske stoffer, sammenholdt med hvilke bygge- og anlægsarbejder restprodukterne kan anvendes til. Grænseværdierne inddeler restprodukterne i 3 kategorier, hvor Kategori 1 omfatter de laveste grænseværdier (de mindst forurenede restprodukter), mens Kategori 3 omfatter de højeste grænseværdier (de mest forurenede restprodukter). Hvis restprodukterne tilhører Kategori 1, kan de efter Restproduktbekendtgørelsen nyttiggøres i mange forskellige typer bygge- og anlægsarbejder, mens mulighederne for at nyttiggøre restprodukter, der tilhører Kategori 3, er væsentligt indskrænket. Grænseværdierne for restprodukter i Restproduktbekendtgørelsen gælder kun uorganiske stoffer (og for forbrændingssluger også TOC).



### 4.1.3 Sammenligning af resultater med grænseværdier

For at opnå et indtryk af, om anvendelsen af nedknust beton og/eller tegl under de gældende regler potentielt vil kunne udgøre en miljømæssig risiko, som for de ovennævnte restprodukter medfører restriktioner i anvendelsen, er de fundne analyse- og testresultater sammenlignet med Kategori 1-grænseværdierne for faststofindhold samt Kategori 1+2-grænseværdierne og Kategori 3-grænseværdierne for stofudvaskning.

Der er kun grænseværdier for faststofindhold for restprodukter, der ønskes anvendt som Kategori 1, dvs. fri anvendelse til de i Restproduktbekendtgørelsen nævnte bygge- og anlægsarbejder: Etablering af veje, stier, pladser, støjvolde, ramper, diger, dæmninger, jernbaneunderbygning, ledningsgrave, terrænregulering, anlæg på søterritoriet samt opfyldning i gulve og under fundamenter. Kategori 1-grænseværdierne for faststofindhold svarer til Jordkvalitetskriterierne (JKK, se eventuelt ordlisten) for de samme stoffer. I denne sammenhæng er Kategori 1-grænseværdierne suppleret med Jordkvalitetskriterier for Ba, Mo og Se samt kulbrinter (C6-C35), benz(a)pyren, dibenz(a,h)anthracen og DK MST PAH7 (benz(a)pyren, dibenz(a,h)anthracen, indeno(1,2,3-c)pyren, benz(b,j,k)fluoranthren, fluoranthren).

Grænseværdierne for stofudvaskning for restprodukter i Kategori 1 og Kategori 2 er de samme, men der er ikke som for Kategori 1 krav til stofindhold for Kategori 2, og anvendelsen af Kategori 2-restprodukter er underkastet visse restriktioner. Som nævnt ovenfor, er udvaskningsgrænseværdierne for Kategori 3 højere end for Kategori 2, hvorfor anvendelsen af Kategori 3-restprodukter er underkastet yderligere restriktioner.

For de uorganiske stoffer refererer grænseværdierne for faststofindhold til analyser efter partiel oplukning i henhold til DS 259, mens grænseværdierne for stofudvaskning refererer til resultater af batchudvaskningstesten EN 12457-1. Udvasningsgrænseværdierne er i Restproduktbekendtgørelsen udtrykt i µg/l, og skal derfor multipliceres med 2 og divideres med 1000 for at kunne sammenlignes med resultaterne af EN 12457-1, som er udtrykt i mg/kg. Blandt andet af hensyn til mulighederne for at sammenligne resultater fra forskellige typer udvaskningstests er det mere hensigtsmæssigt at udtrykke såvel kriterier som testresultater som udvaskede stofmængder (mg/kg) end som eluatkoncentrationer (mg/l eller µg/l).

## 4.2 Resultater af analyser for stofindhold i knust beton og tegl

### 4.2.1 Indhold af uorganiske stoffer og TOC

Alle resultaterne af analyserne af indhold af uorganiske stoffer kan findes i Bilag 4 (prøverne fra 2016/2017) og Bilag 5 (prøverne fra 2011/2012). Bemærk, at resultater under detektionsgrænsen er angivet med **rødt**.

I Tabel 4.1 ses de opsummerede resultater af analyserne af prøverne af knust beton fra den aktuelle undersøgelse (2016/2017) for indhold af uorganiske stoffer efter partiel oplukning i henhold til DS 259 og for indhold af total organisk kulstof, TOC. Resultaterne er vist som minimumsværdier, 10%-fraktiler, medianer, middelværdier, 90%-fraktiler, 95%-fraktiler og maksimumsværdier. Til perspektivering og sammenligning viser tabellen også de grænseværdier for indhold bestemt ved partiel oplukning efter DS 259, som i Restproduktbekendtgørelsen er anført for Kategori 1-anvendelser af andre restprodukter (men pt. ikke bygge- og anlægsaffald). For nogle stoffer, for hvilke der ikke findes grænseværdier, er der i stedet vist jordkvalitetskriterier (se afsnit 4.1). Værdier, som overskrider Kategori 1-grænseværdierne eller jordkvalitetskriterierne, er vist med **fed** skrift og er markeret med gult.

I Tabel 4.2 ses de tilsvarende resultater for knust beton og tegl, mens analyseresultaterne for de tre teglprøver alle er vist i Tabel 4.3. Der er ikke vist opsummeringer for prøverne fra 2011/2012, da disse ikke er analyseret efter partiel oplukning. For resultater af analyser for totalindhold i disse prøver henvises til Bilag 5.

**Tabel 4.1 Opsummering af resultater af analyser af prøverne af knust beton fra 2016/2017 for indhold af uorganiske stoffer (efter partiel oplukning i henhold til DS 259) og TOC. Desuden ses grænseværdier for Kategori 1 i Restproduktbekendtgørelsen.**

Stof	Enhed	Min.	10%-fraktil	Me-dian	Middel	90%-fraktil	95%-fraktil	Max.	N	Kat. 1
As	mg/kg	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	31	20
Ba	mg/kg	47	50	79	80	110	120	120	31	100*
Cd	mg/kg	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	31	0,5
Cr	mg/kg	8,4	10,0	12	12	15	17	18	31	500
Cu	mg/kg	10	12	20	21	31	40	46	31	500
Hg	mg/kg	0,03	0,03	0,03	0,033	0,042	0,044	0,044	31	1
Mn	mg/kg	130	190	240	255	320	330	680	31	
Mo	mg/kg	0,60	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	2,6	31	5*
Ni	mg/kg	5,7	7,2	8,7	9,2	12	13	14	31	30
Pb	mg/kg	5,0	5,1	6,6	13	12	22	170	31	40
Sb	mg/kg	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	31	
Se	mg/kg	0,1	0,1	0,15	0,19	0,30	0,34	0,66	31	20*
V	mg/kg	12	14	18	20	29	31	34	31	
Zn	mg/kg	28	36	49	49	65	67	79	31	500
TOC	mg/kg	2000	2000	2000	2710	4000	5600	7400	31	30000

N: Antal prøver. Rød skrift: Under detektionsgrænsen for analysemetoden (rapporteringsgrænsen vist).

Fed skrift og gul markering: Overskrider grænseværdien for Kategori 1 (eller tilsvarende Jordkvalitetskriterium).

\*: Jordkvalitetskriterier anvendt.

**Tabel 4.2 Opsummering af resultaterne af analyser af prøverne af knust beton og tegl fra 2016/2017 for indhold af uorganiske stoffer (efter partiel oplukning i henhold til DS 259) og TOC. Desuden ses grænseværdier for Kategori 1 i Restproduktbekendtgørelsen.**

Stof	Enhed	Min.	10%-fraktil	Medi-an	Middel	90%-fraktil	95%-fraktil	Max.	N	Kat. 1
As	mg/kg	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	7	20
Ba	mg/kg	78	89	100	470	1152	1926	2700	7	100*
Cd	mg/kg	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	7	0,5
Cr	mg/kg	12	12	15	16	20	22	24	7	500
Cu	mg/kg	13	14	17	18	23	25	28	7	500
Hg	mg/kg	0,03	0,03	0,035	0,089	0,20	0,27	0,34	7	1
Mn	mg/kg	220	274	380	420	622	676	730	7	
Mo	mg/kg	1	1	1	1	1	1	1	7	5*
Ni	mg/kg	7,8	8,6	10	10	12	13	13	7	30
Pb	mg/kg	6,5	12	26	23	33	34	34	7	40
Sb	mg/kg	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	7	
Se	mg/kg	0,12	0,13	0,14	0,1	0,2	0,2	0,16	7	20*
V	mg/kg	17	18	20	22	27	31	34	7	
Zn	mg/kg	54	59	76	83	108	114	120	7	500
TOC	mg/kg	2000	2300	3900	4129	6440	6470	6500	7	30000

N: Antal prøver. Rød skrift: Under detektionsgrænsen for analysemetoden (rapporteringsgrænsen vist).

Fed skrift og gul markering: Overskrider grænseværdien for Kategori 1 (eller tilsvarende Jordkvalitetskriterium).

\*: Jordkvalitetskriterier anvendt.

**Tabel 4.3 Resultater af analyser af prøverne af knust tegl fra 2016/2017 for indhold af uorganiske stoffer (efter partiel oplukning i henhold til DS 259) og TOC. Desuden ses grænseværdier for Kategori 1 i Restproduktbekendtgørelsen.**

Stof	Enhed	Prøve 37	Prøve 38	Prøve 44	Kat. 1
As	mg/kg	6,5	6,5	6,5	20
Ba	mg/kg	50	48	47	100*
Cd	mg/kg	0,5	0,5	0,5	0,5
Cr	mg/kg	9,4	9	11	500
Cu	mg/kg	14	20	8	500
Hg	mg/kg	0,19	0,030	0,030	1
Mn	mg/kg	180	190	170	
Mo	mg/kg	1	1	1	5*
Ni	mg/kg	6,7	6,1	6,0	30
Pb	mg/kg	27	7,4	22	40
Sb	mg/kg	2,5	2,5	2,5	
Se	mg/kg	0,14	0,2	0,2	20*
V	mg/kg	15	15	17	
Zn	mg/kg	35	42	45	500
TOC	mg/kg	2000	2000	2100	30000

Rød skrift: Under detektionsgrænsen for analysemetoden (rapporteringsgrænsen vist).

Fed skrift og gul markering: Overskrider grænseværdien for Kategori 1 (eller tilsvarende Jordkvalitetskriterium).

\*: Jordkvalitetskriterier anvendt.

Af de ovenstående tabeller kan det ses, at faststofindholdet af uorganiske stoffer bestemt ved partiel oplukning kun overskrider Jordkvalitetskriteriet for Ba (som jo ikke indgår i Kategori 1-kriterierne i Restproduktbekendtgørelsen) for knust beton (på 90%-fraktilniveau) og knust beton og tegl (på medianniveau). Begge materialer overholder Kategori 1-grænseværdierne for indhold af potentielt problematiske uorganiske stoffer. Indholdet af potentielt problematiske uorganiske stoffer i de tre prøver af knust tegl overskrider hverken Kategori 1-grænseværdierne eller Jordkvalitetskriterierne.

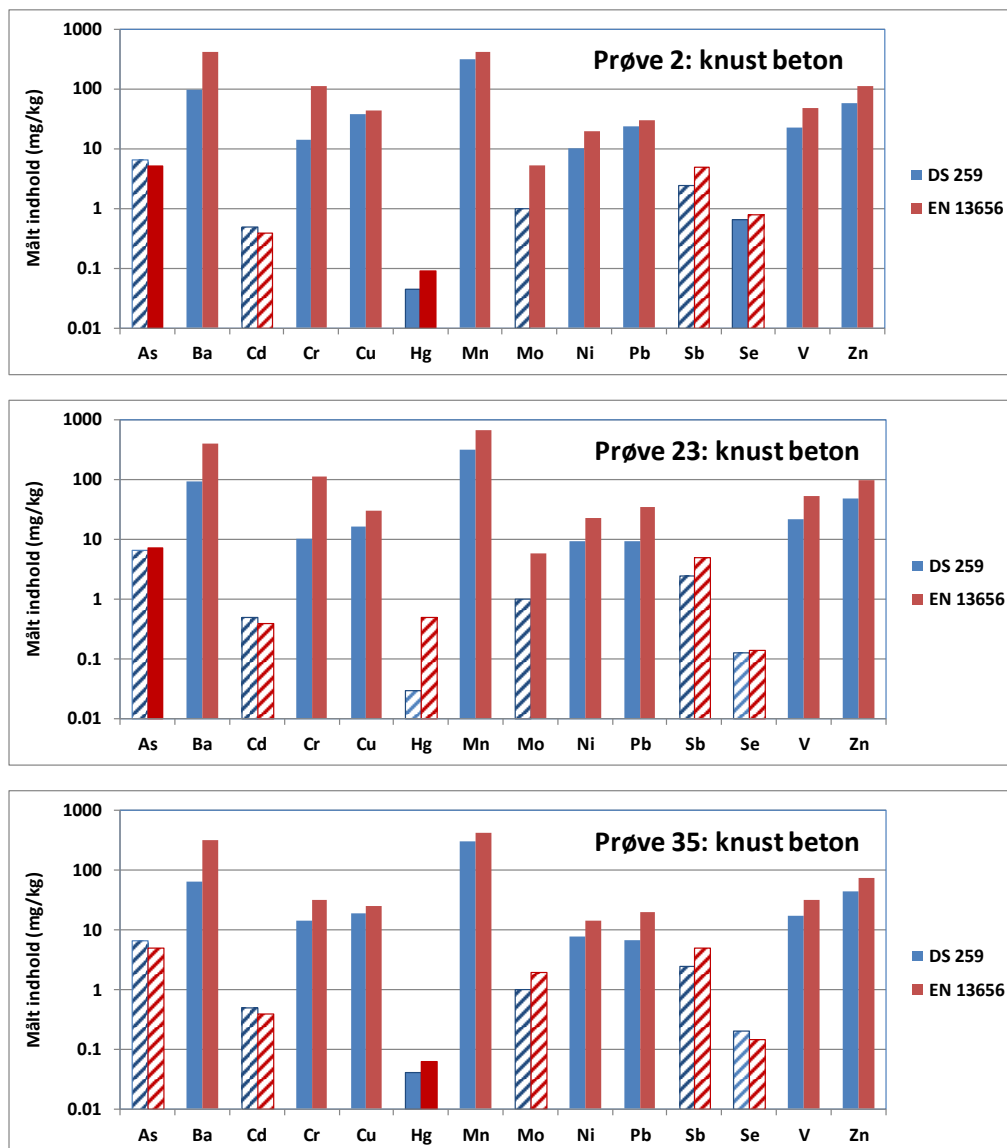
I Tabel 4.4 er resultaterne af bestemmelser af totalindholdet af en række uorganiske stoffer i henhold til EN 13656 for tre prøver af knust beton og to prøver af knust beton og tegl vist. En sammenligning med Tabel 4.1 og Tabel 4.2 viser umiddelbart (og ikke uventet), at bestemmelserne af indholdet efter totaloplukning generelt er højere end bestemmelserne af stofindholdet efter partiel oplukning. Dette er yderligere belyst for henholdsvis knust beton og knust beton og tegl i Figur 4.1 og Figur 4.2, hvor bestemmelserne af indhold efter partiel oplukning og totaloplukning er sammenlignet stof for stof.

**Tabel 4.4 Resultater af analyser af fem prøver fra 2016/2017 for totalindhold af uorganiske stoffer i henhold til EN 13656.**

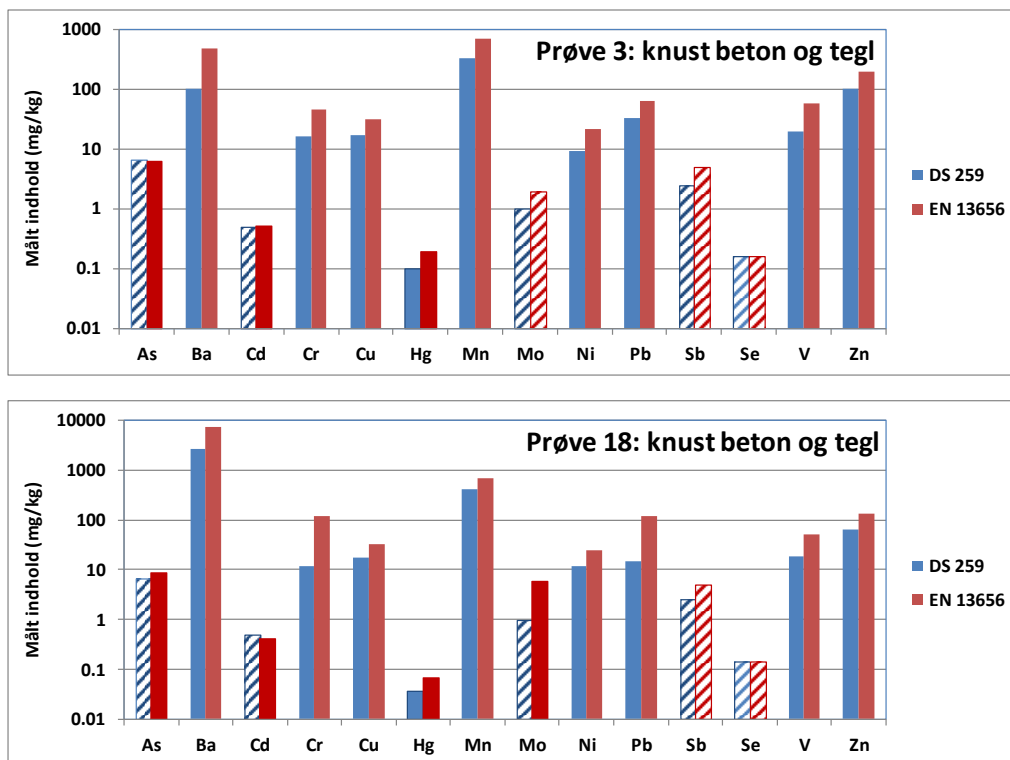
Stof	Enhed	Beton			Beton og tegl	
		Prøve 2	Prøve 23	Prøve 35	Prøve 3	Prøve 18
As	mg/kg	5,1	7,2	5	6,1	8,8
Ba	mg/kg	410	400	320	470	7200
Cd	mg/kg	0,4	0,4	0,4	0,5	0,41
Cr	mg/kg	110	110	31	46	120
Cu	mg/kg	43	30	25	32	32
Hg	mg/kg	0,089	0,5	0,061	0,19	0,068
Mn	mg/kg	410	660	410	700	670
Mo	mg/kg	5,3	5,9	2	2	5,7
Ni	mg/kg	20	23	14	22	24

Pb	mg/kg	30	35	20		63	120
Sb	mg/kg	5	5	5		5	5
Se	mg/kg	0,8	0,14	0,15		0,16	0,14
V	mg/kg	47	52	32		58	50
Zn	mg/kg	110	98	73		200	130

Rød skrift: Under detektionsgrænsen for analysemetoden (rapporteringsgrænsen vist).



Figur 4.1 Sammenligning af stofindhold i tre prøver af knust beton fra 2016/2017 målt efter henholdsvis partiel oplukning (DS 259) og totaloplukning (EN 13656). Skraveringer angiver, at et resultat er under detektionsgrænsen for analysemetoden, og at detektionsgrænsen er angivet som resultat.



Figur 4.2 Sammenligning af stofindhold i to prøver af knust beton og tegl fra 2016/2017 målt efter henholdsvis partiel oplukning (DS 259) og totaloplukning (EN 13656). Skraveringer angiver, at et resultat er under detektionsgrænsen for analysemetoden, og at detektionsgrænsen er angivet som resultat.

I Tabel 4.5 ses resultaterne af analysering af tre prøver for indhold af Cr(VI). Resultaterne er sammenlignet med Kategori 1-grænseværdierne i BEK 1672/2016 for indhold af Cr(VI) i restprodukter, der ønskes materialenyttiggjort til bygge- og anlægsformål. Som det fremgår ligger alle resultaterne langt under Kategori 1-grænseværdien.

Tabel 4.5 Resultat af analyser af tre prøver fra 2016/2017 for indhold af Cr(VI).

Prøve	Materialetype	Indhold af Cr(VI) (mg/kg)	
		Analyseresultat	Kategori 1-grænseværdi
2	Knust beton	1	20
23	Knust beton	1	
3	Knust beton og tegl	0,5	

#### 4.2.2 Indhold af organiske stoffer

Alle resultaterne af analyser af indhold af organiske stoffer kan findes i Bilag 6 (prøverne fra 2016/2017) og Bilag 7 (prøverne fra 2011/2012). I det følgende er prøverne fra 2016/2017 og 2011/2012 opsummeret hver for sig, da der er anvendt forskellige detektionsgrænser for en del af analyserne.

## Prøverne fra 2016/2017

I Tabel 4.6 er resultaterne af analyserne af de 31 prøver af knust beton fra den aktuelle undersøgelse (2016/2017) for indhold af organiske stoffer (kulbrinter, 7 PCB'er og udvalgte PAH'er) opsummeret på samme måde som resultaterne for uorganiske stoffer. Resultaterne af bestemmelse af kort-, mellem- og langkædede klorerede paraffiner er ikke vist, da de alle var under detektionsgrænsen. Til perspektivering af resultaterne er jordkvalitetskriterierne (JKK) for total kulbrinter (C6-C35), benz(a)pyren, dibenz(a,h)anthracen og de 7 PAH'er (benz(a)pyren, dibenz(a,h)anthracen, indeno(1,2,3-c)pyren, benz(b,j,k)fluoranthren, fluoranthren) vist. Overskridelser af jordkvalitetskriterierne er vist med **fed** skrift. I Tabel 4.7 ses de tilsvarende resultater for knust beton og tegl, mens analyseresultaterne for de tre teglprøver alle er vist i Tabel 4.8.

**Tabel 4.6 Opsummering af resultaterne af analyser af prøverne af knust beton fra 2016/2017 for organiske stoffer. Til sammenligning er Jordkvalitetskriterier for nogle af stofferne vist.**

Stof	Enhed	Min.	10%-fraktil	Median	Middelt	90%-fraktil	95%-fraktil	Max.	N	JKK
<b>C6-C35</b>	mg/kg	<b>5,0</b>	9,0	32	45	97	<b>130</b>	<b>180</b>	31	100
PCB 28	mg/kg	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	31	
PCB 52	mg/kg	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	0,006	31	
PCB 101	mg/kg	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,006</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	0,035	31	
PCB 118	mg/kg	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,006</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	0,026	31	
PCB 138	mg/kg	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,006</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	0,041	31	
PCB 153	mg/kg	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,006</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	0,030	31	
PCB 180	mg/kg	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,006</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	0,040	31	
<b>Benz(a)pyren</b>	mg/kg	<b>0,010</b>	<b>0,010</b>	<b>0,050</b>	<b>0,101</b>	0,26	0,29	<b>0,72</b>	31	0,3
Dibenz(a)anthracen	mg/kg	<b>0,010</b>	<b>0,010</b>	<b>0,010</b>	<b>0,022</b>	0,050	0,050	0,15	31	0,3
<b>DK MST PAH 7</b>	mg/kg	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,33</b>	<b>0,68</b>	1,6	2,2	<b>4,5</b>	31	4
US EPA PAH 16	mg/kg	0,03	0,03	0,80	1,7	3,7	6,1	11	31	

N: Antal prøver. **Rød skrift:** Under detektionsgrænsen for analysemetoden (rapporteringsgrænsen vist).

**Fed skrift og gul markering:** Overskrider grænseværdien for Jordkvalitetskriteriet (JKK).

**Tabel 4.7 Opsummering af resultaterne af analyser af prøverne af knust beton & tegl fra 2016/2017 for organiske stoffer. Til sammenligning er Jordkvalitetskriterier for nogle af stofferne vist.**

Stof	Enhed	Min.	10%-fraktil	Median	Middelt	90%-fraktil	95%-fraktil	Max.	N	JKK
<b>C6-C35</b>	mg/kg	<b>10</b>	24	67	68	<b>110</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	31	100
PCB 28	mg/kg	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	31	
PCB 52	mg/kg	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	31	
PCB 101	mg/kg	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	31	
PCB 118	mg/kg	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	31	
PCB 138	mg/kg	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,006</b>	0,009	0,011	0,012	31	
PCB 153	mg/kg	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	0,006	0,007	0,008	31	
PCB 180	mg/kg	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	31	
<b>Benz(a)pyren</b>	mg/kg	<b>0,050</b>	<b>0,098</b>	<b>0,270</b>	<b>0,24</b>	<b>0,38</b>	<b>0,39</b>	<b>0,40</b>	31	0,3
Dibenz(a)anthracen	mg/kg	<b>0,010</b>	<b>0,016</b>	<b>0,050</b>	<b>0,043</b>	<b>0,070</b>	<b>0,070</b>	<b>0,070</b>	31	0,3
<b>DK MST PAH 7</b>	mg/kg	<b>0,49</b>	<b>0,64</b>	<b>1,7</b>	<b>1,5</b>	<b>2,6</b>	<b>2,6</b>	<b>2,7</b>	31	4
US EPA PAH 16	mg/kg	1,5	1,5	3,9	3,7	6,3	6,7	7,1	31	

N: Antal prøver. **Rød skrift:** Under detektionsgrænsen for analysemetoden (rapporteringsgrænsen vist).

**Fed skrift og gul markering:** Overskrider grænseværdien for Jordkvalitetskriteriet (JKK).

**Tabel 4.8 Opsummering af resultaterne af analyser af prøverne af knust tegl fra 2016/2017 for indhold af organiske stoffer. Til sammenligning er Jordkvalitetskriterier for nogle af stofferne vist.**

Stof	Enhed	Prøve 37	Prøve 38	Prøve 44	JKK
<b>C6-C35</b>	mg/kg	28	34	<b>110</b>	100
PCB 28	mg/kg	0,005	0,03	0,005	
PCB 52	mg/kg	0,005	0,03	0,005	
PCB 101	mg/kg	0,005	0,03	0,005	
PCB 118	mg/kg	0,005	0,03	0,005	
PCB 138	mg/kg	0,009	0,03	0,005	
PCB 153	mg/kg	0,009	0,03	0,005	
PCB 180	mg/kg	0,005	0,03	0,005	
<b>Benz(a)pyren</b>	mg/kg	0,21	0,15	<b>0,51</b>	0,3
Dibenz(a)anthracen	mg/kg	0,05	0,02	0,10	0,3
DK MST PAH 7	mg/kg	1,3	0,94	3,6	4
US EPA PAH 16	mg/kg	3,0	2,2	8,3	

Rød skrift: Under detektionsgrænsen for analysemetoden (rapporteringsgrænsen vist).

Fed skrift og gul markering: Overskrider grænseværdien for Jordkvalitetskriteriet (JKK).

Det fremgår, at indholdet af de målte organiske stoffer generelt er en smule højere i knust beton og tegl end i knust beton, men der er i begge tilfælde tale om forholdsvis lave værdier. Jordkvalitetskravene er overskredet på 95%-fraktilniveau for kulbrinter og for max-værdien for benz(a)pyren og DK MST PAH 7, mens alle målinger for PCB undtagen for én prøve (hvor PCB7 = 0,18 mg/kg svarende til PCB total = 0,90 mg/kg) ligger under detektionsgrænsen. For knust beton og tegl er jordkvalitetskriterierne for kulbrinter og benz(a)pyren overskredet på 90%-fraktilniveau, mens der for PCB er enkelte målelige, men stadig meget lave resultater (her er det maksimale indhold af PCB7 i en prøve 0,032 mg/kg, svarende til PCB total = 0,16). Én af de tre prøver af knust tegl overskrider jordkvalitetskriterierne for kulbrinter og benz(a)pyren en smule. Derudover overskrider teglprøven også Jordkvalitetskriteriet for benz(a)pyren. Én af prøverne af tegl havde et måleligt indhold af PCB7 på 0,018 mg/kg, svarende til PCB total = 0,090 mg/kg.

Prøverne 2, 8, 28 og 35 af knust beton fra 2016/2017 og prøve 18 af knust beton og tegl fra 2016/2017 er som vist i Tabel 4.9 analyseret for indhold af isothiazolinoner, men der blev ikke målt noget indhold. De pågældende udføres ikke rutinemæssigt, hvilket formentlig er medvirkende årsag til de forholdsvis høje detektionsgrænser.

**Tabel 4.9 Resultat af analyser for isothiazolinoner i prøver fra 2016/2017.**

Prøve	Materialetype	Indhold af isothiazolinoner (mg/kg)		
		MIT	MCIT	BIT
2	Knust beton	1	1	10
8	Knust beton	1	1	10
28	Knust beton	1	1	10
35	Knust beton	1	1	10
18	Knust beton og tegl	1	1	10

MIT: methylisothiazolinon, MCIT: methylchloroisothiazolinon, BIT: benzisothiazolinon

Rød skrift: Under detektionsgrænsen for analysemetoden (rapporteringsgrænsen vist).

#### Prøverne fra 2011/2012

Tabel 4.10 (knust beton, inklusive nystøbt beton) og Tabel 4.11 (knust beton og tegl) opsummerer nogle af resultaterne af analyser for organiske stoffer på prøverne fra 2011/2012. Heraf fremgår det, at indholdene af PCB både for knust beton og knust beton og tegl er meget lave. Indholdet af PAH i prøverne af knust beton fra 2011/2012 er sammenlignelige med indholdene i samme produkt fra 2016/2017 med enkelte overskridelser på max- og 95%-fraktilniveau.

Overskridelserne af jordkvalitetskriterierne for PAH er lidt større for prøverne af knust beton og tegl fra 2011/2012, men stadig kun på 95%-fraktilniveau.

**Tabel 4.10 Resultater af analyser af prøverne af knust beton fra 2011/2012 for organiske stoffer. Til sammenligning er Jordkvalitetskriterier for nogle af stofferne vist.**

Stof	Enhed	Min.	10%-fraktil	Median	Middel	90%-fraktil	95%-fraktil	Max.	N	JKK
PCB 28	mg/kg	0,00007	0,000072	0,00018	0,00045	0,00113	0,00141	0,0015	19	
PCB 52	mg/kg	0,000089	0,00012	0,00038	0,00044	0,00091	0,00099	0,0012	19	
PCB 101	mg/kg	0,00010	0,00017	0,00031	0,00040	0,00082	0,00090	0,0011	19	
PCB 118	mg/kg	0,000048	0,000076	0,00017	0,00021	0,00040	0,00042	0,0005	19	
PCB 138	mg/kg	0,00007	0,000084	0,00017	0,00032	0,00073	0,00099	0,0015	19	
PCB 153	mg/kg	0,000074	0,000089	0,00017	0,00033	0,00080	0,0011	0,0015	19	
PCB 180	mg/kg	0,00005	0,000050	0,00017	0,00021	0,00048	0,00065	0,00092	19	
Benz(a)pyren	mg/kg	0,01	0,01	0,02	0,04	0,09	0,11	0,17	19	0,3
Dibenz(a,h)anthracen*	mg/kg	0,01	0,01	0,08	0,12	0,30	0,34	0,58	19	0,3
DK MST PAH 7**	mg/kg	0,05	0,05	0,27	0,45	1,1	1,3	2,1	19	4

N: Antal prøver. Rød skrift: Under detektionsgrænsen for analysemetoden (rapporteringsgrænsen vist).

Fed skrift og gul markering: Overskrider grænseværdien for Jordkvalitetskriteriet (JKK).

\*: Måleværdien gælder for dibenz(a,h)anthracen og indeno(ghi)perylene. \*\*: Benz(j)fluoranthren ikke målt.

**Tabel 4.11 Resultater af analyser af prøverne af knust beton og tegl fra 2011/2012 for organiske stoffer. Til sammenligning er Jordkvalitetskriterier for nogle af stofferne vist.**

Stof	Enhed	Min.	10%-fraktil	Median	Middel	90%-fraktil	95%-fraktil	Max.	N	JKK
PCB 28	mg/kg	0,00007	0,000072	0,00023	0,00035	0,00100	0,0011	0,0012	12	
PCB 52	mg/kg	0,00015	0,00018	0,00039	0,00056	0,00067	0,0015	0,0025	12	
PCB 101	mg/kg	0,00022	0,00027	0,00081	0,00093	0,0013	0,0022	0,0032	12	
PCB 118	mg/kg	0,00011	0,00014	0,00036	0,00048	0,00051	0,0012	0,0020	12	
PCB 138	mg/kg	0,00019	0,00024	0,0011	0,0011	0,0019	0,0021	0,0022	12	
PCB 153	mg/kg	0,00020	0,00026	0,0011	0,0011	0,0020	0,0021	0,0023	12	
PCB 180	mg/kg	0,00014	0,00015	0,00076	0,00074	0,0013	0,0015	0,0016	12	
Benz(a)pyren	mg/kg	0,016	0,032	0,067	0,12	0,17	0,40	0,67	12	0,3
Dibenz(a,h)anthracen*	mg/kg	0,045	0,010	0,010	0,014	0,022	0,028	0,035	12	0,3
DK MST PAH 7**	mg/kg	0,19	0,39	0,90	1,6	2,4	5,2	8,4	12	4

N: Antal prøver. Rød skrift: Under detektionsgrænsen for analysemetoden (rapporteringsgrænsen vist).

Fed skrift og gul markering: Overskrider grænseværdien for Jordkvalitetskriteriet (JKK).

\*: Måleværdien gælder for dibenz(a,h)anthracen og indeno(ghi)perylene. \*\*: Benz(j)fluoranthren ikke målt.

Det er ikke muligt at sammenligne indholdene af PCB i prøverne fra 2011/2012 med indholdet i prøverne fra 2016/2017, da der er anvendt forskellige detektionsgrænser. Det fremgår dog, at ingen af de målte PCB-indhold i prøverne fra 2011/2012 overskrider rapporteringsgrænsen/detektionsgrænsen (0,005 mg/kg) for PCB i prøverne fra 2016/2017.

## 4.3 Resultater af tests for stofudvaskning fra knust beton og tegl

### 4.3.1 Batchudvaskningstests for uorganiske stoffer og DOC

Alle resultaterne af batchudvaskningstestene (EN 12457-1) kan findes i Bilag 8 (prøverne fra 2016/2017) og Bilag 9 (prøverne fra 2011/2012).



I Tabel 4.12 og Tabel 4.13 ses resultaterne af batchudvaskningstestene på prøverne af henholdsvis knust beton og knust beton og tegl for alle prøverne fra 2011/2012 og 2016/2017. Resultaterne er ligesom faststofanalyserne vist som minimumsværdier, 10%-fraktiler, medianer, middelværdier, 90%-fraktiler, 95%-fraktiler og maksimumsværdier. Tabellerne viser også Kategori 1+2- og Kategori 3-grænseværdierne for stofudvaskning fra restprodukter, som ønskes materialenyttiggjort i henhold til Restproduktbekendtgørelsen.

I Tabel 4.14 ses resultaterne af batchudvaskningstestene på de tre prøver af knust tegl fra 2016/2017, også sammen med udvaskningsgrænseværdierne for Kategorier 1+2 og Kategori 3.

I tabellerne er overskridelser af udvaskningsgrænseværdierne for Kategori 1+2 i angivet med fed skrift og med gul markering.

**Tabel 4.12 Opsummering af resultaterne af batchudvaskningstests på prøverne af knust beton fra 2011/2012 og 2016/2017. Til sammenligning er udvaskningsgrænseværdierne for Kategori 1+2 og Kategori 3 for nyttiggørelse af restprodukter i henhold til Restproduktbekendtgørelsen vist.**

Stof	Enhed	Min.	10%-fraktil	Median	Middel	90%-fraktil	95%-fraktil	Max.	N	Kat. 1+2	Kat. 3
pH	-	11.5	12.0	12.3	12.3	12.6	13.1	13.1	50		
Al	mg/kg	0,23	0,6	2,2	2,7	5,6	6,4	8,5	50		
As	mg/kg	0,00040	0,00067	0,0015	0,013	<b>0,046</b>	<b>0,055</b>	<b>0,098</b>	50	0,016	0,10
Ba	mg/kg	0,042	0,13	<b>1,4</b>	<b>1,9</b>	<b>4,4</b>	<b>5,4</b>	<b>7,6</b>	50	0,60	8,0
Ca	mg/kg	188	298	770	851	1450	1566	1639	50		
Cd	mg/kg	0,00006	0,00006	0,00006	<b>0,001</b>	0,0030	0,0030	0,0033	50	0,004	0,08
Co	mg/kg	0,0028	0,0042	0,0084	0,0108	0,0204	0,024	0,037	50		
Cr	mg/kg	<b>0,022</b>	<b>0,030</b>	<b>0,052</b>	<b>0,068</b>	<b>0,13</b>	<b>0,16</b>	<b>0,22</b>	50	0,020	1,0
Cu	mg/kg	0,016	0,028	0,077	0,072	<b>0,11</b>	<b>0,12</b>	<b>0,14</b>	50	0,090	4,0
Hg	mg/kg	<b>0,0002</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,0002</b>	31	0,0002	0,002
K	mg/kg	56	100	202	230	361	457	636	49		
Mn	mg/kg	0,002	0,002	0,002	<b>0,0058</b>	0,010	0,011	0,072	50	0,30	2,0
Mo	mg/kg	0,0058	0,0086	0,020	0,023	0,044	0,053	0,060	50		
Na	mg/kg	46	88	155	183	<b>268</b>	<b>312</b>	<b>980</b>	50	200	1500
Ni	mg/kg	0,0026	0,0053	0,017	<b>0,021</b>	<b>0,046</b>	<b>0,049</b>	<b>0,066</b>	50	0,020	0,14
Pb	mg/kg	0,0004	0,0004	0,0034	<b>0,016</b>	<b>0,032</b>	<b>0,044</b>	<b>0,28</b>	50	0,020	0,20
Sb	mg/kg	0,0004	0,0004	0,00087	<b>0,027</b>	0,083	0,092	0,11	50		
Se	mg/kg	0,004	0,004	0,004	<b>0,021</b>	<b>0,073</b>	<b>0,0887</b>	<b>0,14</b>	50	0,020	0,060
Si	mg/kg	0,14	0,56	1,0	3,8	7,1	21	40	50		
Sn	mg/kg	<b>0,0002</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,0002</b>	0,0002	0,00029	0,0004	31		
V	mg/kg	0,001	0,001	0,0033	<b>0,012</b>	0,033	0,039	0,044	50		
Zn	mg/kg	0,006	0,006	0,006	<b>0,016</b>	0,039	0,049	0,10	50	0,20	3,0
Fluorid	mg/kg	0,28	0,40	0,86	1,2	3,0	3,0	6,0	31		
Klorid	mg/kg	2	20	72	<b>85</b>	147	207	<b>340</b>	50	300	6000
Sulfat	mg/kg	2	2	13	<b>25</b>	66	118	136	50	500	4000
DOC	mg/kg	8	11	24	28	46	51	68	50		

N: Antal prøver. Rød skrift: Under detektionsgrænsen for analysemetoden (rapporteringsgrænsen vist).

Fed skrift og gul markering: Overskrider grænseværdien for Kategori 1+2 i Restproduktbekendtgørelsen.

**Tabel 4.13 Opsummering af resultaterne af batchudvaskningstests på prøverne af knust beton og tegl fra 2011/2012 og 2016/2017. Til sammenligning er udvaskningsgrænseværdierne for Kategori 1+2 og Kategori 3 for nyttiggørelse af restprodukter i henhold til Restproduktbekendtgørelsen vist.**

Stof	Enhed	Min.	10%-fraktil	Median	Middel	90%-fraktil	95%-fraktil	Max.	N	Kat. 1+2	Kat. 3
pH	-	10.5	11.1	11.4	11.5	12.0	12.3	12.4	19		
Al	mg/kg	0,28	0,57	2,2	3,1	5,8	6,3	8,1	19		
<b>As</b>	mg/kg	0,00040	0,0042	<b>0,018</b>	<b>0,022</b>	<b>0,045</b>	<b>0,069</b>	<b>0,073</b>	19	0,016	0,10
<b>Ba</b>	mg/kg	0,021	0,037	0,079	0,43	<b>1,7</b>	<b>2,0</b>	<b>2,8</b>	19	0,60	8,0
Ca	mg/kg	158	234	320	428	839	955	1000	19		
Cd	mg/kg	<b>0,00006</b>	<b>0,00006</b>	<b>0,003</b>	<b>0,002</b>	<b>0,0032</b>	<b>0,0034</b>	<b>0,0034</b>	19	0,004	0,08
Co	mg/kg	0,0040	0,0047	0,0180	0,0167	0,031	0,033	0,033	19		
<b>Cr</b>	mg/kg	<b>0,028</b>	<b>0,090</b>	<b>0,17</b>	<b>0,17</b>	<b>0,25</b>	<b>0,29</b>	<b>0,36</b>	19	0,020	1,0
<b>Cu</b>	mg/kg	0,038	0,044	<b>0,095</b>	<b>0,13</b>	<b>0,26</b>	<b>0,39</b>	<b>0,43</b>	19	0,090	4,0
Hg	mg/kg	<b>0,0002</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,0002</b>	7	0,0002	0,002
K	mg/kg	36	60	138	144	202	215	279	19		
Mn	mg/kg	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>	0,010	0,010	0,016	0,021	0,041	19	0,30	2,0
Mo	mg/kg	0,016	0,029	0,038	0,043	0,065	0,068	0,072	19		
<b>Na</b>	mg/kg	52	92	157	160	<b>214</b>	<b>276</b>	<b>320</b>	19	200	3000
<b>Ni</b>	mg/kg	0,0078	0,0092	<b>0,022</b>	<b>0,10</b>	<b>0,071</b>	<b>0,20</b>	<b>1,3</b>	19	0,020	0,14
<b>Pb</b>	mg/kg	0,0004	0,00045	0,014	<b>0,012</b>	<b>0,024</b>	<b>0,025</b>	<b>0,025</b>	19	0,020	0,20
Sb	mg/kg	0,0004	0,0011	0,091	0,061	0,10	0,10	0,11	19		
<b>Se</b>	mg/kg	<b>0,004</b>	<b>0,004</b>	<b>0,077</b>	<b>0,060</b>	<b>0,11</b>	<b>0,14</b>	<b>0,15</b>	19	0,020	0,060
Si	mg/kg	0,89	1,1	22	26	50	50	50	19		
Sn	mg/kg	<b>0,0002</b>	<b>0,0002</b>	0,0002	<b>0,00023</b>	0,00031	0,00034	0,00036	7		
V	mg/kg	0,0010	0,017	0,050	0,060	0,13	0,13	0,14	19		
<b>Zn</b>	mg/kg	0,006	0,006	0,015	<b>0,063</b>	0,11	<b>0,21</b>	<b>0,66</b>	19	0,20	3,0
Fluorid	mg/kg	0,50	0,524	0,74	<b>0,92</b>	1,5	1,8	2,2	7		
<b>Klorid</b>	mg/kg	60	79	152	181	<b>308</b>	<b>356</b>	<b>480</b>	19	300	6000
<b>Sulfat</b>	mg/kg	2,0	19	228	363	<b>796</b>	<b>1034</b>	<b>1877</b>	19	500	8000
DOC	mg/kg	13	16	30	33	45	51	97	19		

N: Antal prøver. Rødt skrift: Under detektionsgrænsen for analysemetoden (rapporteringsgrænsen vist).

Fed skrift og gul markering: Overskrider grænseværdien for Kategori 1+2 i Restproduktbekendtgørelsen.

**Tabel 4.14 Resultater af batchudvaskningstests (EN 12457-1) på de tre prøver af knust tegl fra 2016/2017. Til sammenligning er udvaskningsgrænseværdierne for Kategori 1+2 og Kategori 3 for nyttiggørelse af restprodukter i henhold til Restproduktbekendtgørelsen vist.**

Stof	Enhed	Prøve 36	Prøve 37	Prøve 44	Kat. 1+2	Kat. 3
pH	-	11,5	11,7	11,4		
Al	mg/kg	2,2	3,8	0,48		
As	mg/kg	0,0026	0,0026	0,0024	0,016	0,10
Ba	mg/kg	0,054	0,072	0,060	0,60	8,0
Ca	mg/kg	194	220	300		
Cd	mg/kg	<b>0,00006</b>	<b>0,00006</b>	<b>0,00006</b>	0,004	0,08
Co	mg/kg	0,0084	0,0068	0,0032		
<b>Cr</b>	mg/kg	<b>0,20</b>	<b>0,19</b>	<b>0,10</b>	0,020	1,0
Cu	mg/kg	0,062	0,078	0,040	0,090	4,0
Hg	mg/kg	<b>0,0002</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,0002</b>	0,0002	0,002
K	mg/kg	80	84	70		
Mn	mg/kg	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>	0,30	2,0
Mo	mg/kg	0,034	0,034	0,022		
Na	mg/kg	66	58	170	200	3000

Stof	Enhed	Prøve 36	Prøve 37	Prøve 44	Kat. 1+2	Kat. 3
Ni	mg/kg	0,012	0,011	0,011	0,020	0,14
Pb	mg/kg	0,0004	0,0004	0,00040	0,020	0,20
Sb	mg/kg	0,0012	0,0010	0,0012		
Se	mg/kg	0,004	0,004	0,004	0,020	0,060
Si	mg/kg	30	19	62		
Sn	mg/kg	0,0002	0,0002	0,0002		
V	mg/kg	0,11	0,066	0,12		
Zn	mg/kg	0,006	0,006	0,006	0,20	3,0
Fluorid	mg/kg	0,68	0,72	0,5		
<b>Klorid</b>	mg/kg	76	68	<b>360</b>	300	6000
Sulfat	mg/kg	220	170	340	500	8000
DOC	mg/kg	13	12	12		

Rød skrift: Under detektionsgrænsen for analysemetoden (rapporteringsgrænsen vist).

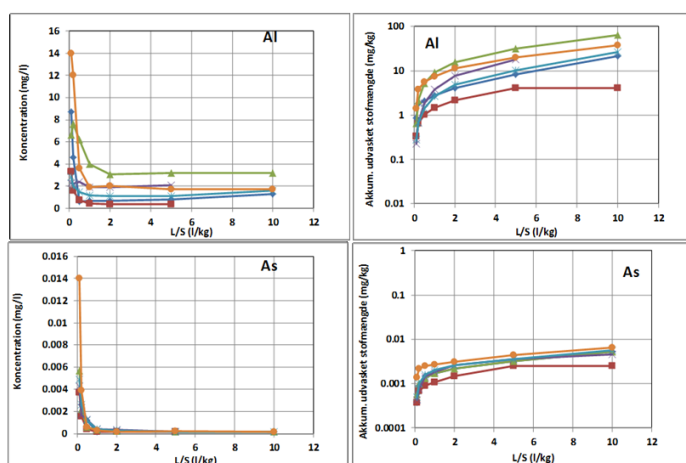
Fed skrift og gul markering: Overskrider grænseværdien for Kategori 1+2 i Restproduktbekendtgørelsen.

Det fremgår umiddelbart af de tre ovenstående tabeller, at adskillige af udvaskningsgrænseværdierne for Kategori 1+2 er overskredet for datasættet for knust beton, og at dette i endnu større grad er tilfældet for datasættet for knust beton og tegl, mens de tre prøver af knust tegl kun overskrider Kategori 1+2-grænseværdien for Cr samt for en enkelt prøves vedkommende grænseværdien for klorid. Det fremgår desuden, at Kategori 3-grænseværdierne for Pb (en enlig måling) og Se er overskredet for knust beton, mens de for knust beton og tegl er overskredet for Ni og Se.

#### 4.3.2 Resultater af kolonneudvaskningstests

Resultaterne af de 10 kolonneudvaskningstests udført på prøverne fra 2016/2017 er vist på tabelform i Bilag 10 og på grafisk form som koncentrationer og akkumulerede udvaskede mængder som funktion af L/S i Bilag 14. Resultaterne af de 6 kolonneudvaskningstests udført på prøverne fra 2011/2012 er vist på tabelform i Bilag 11 og på grafisk form som koncentrationer og akkumulerede udvaskede mængder som funktion af L/S i Bilag 14.

I Figur 4.3 ses et eksempel på, hvorledes resultaterne i Bilag 14 præsenteres både som koncentrationer i eluatet og som akkumulerede udvaskede stofmængder (her for Al og As) som funktion af L/S. I forbindelse med anvendelse af konkrete risikovurderingsscenarier kan L/S-skalaen omregnes til en tidsakse.



Figur 4.3 Eksempler på resultater af kolonneudvaskningstestene.

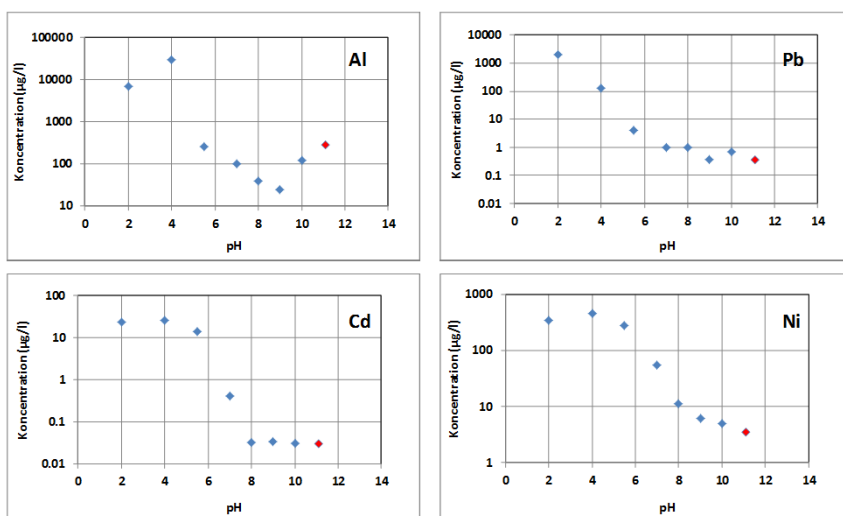
Resultaterne af kolonnetestene kan indgå i en efterfølgende risikovurdering, hvor stof- og materialespecifikke kildestyrkebeskrivelser estimeres i forbindelse med beregning af den på-virkning, som forskellige anvendelser af knust beton samt knust beton og tegl kan have på kvaliteten af nedstrøms grundvand og overfladevand.

### 4.3.3 Resultater af pH-afhængighedsudvaskningstests

Resultaterne af de to pH-afhængighedsudvaskningstests udført på prøverne fra 2016/2017 er vist på tabelform i Bilag 12 og på grafisk form som udvaskede mængder som funktion af pH i Bilag 15.

Resultaterne af de 6 pH-afhængighedsudvaskningstests udført på prøverne fra 2011/2012 er vist på tabelform i Bilag 13 og på grafisk form som udvaskede mængder som funktion af pH i Bilag 15.

I Figur 4.4 ses et eksempel på, hvorledes resultaterne i Bilag 15 præsenteres som udvaskede stofmængder som funktion af pH. Resultaterne kan blandt andet anvendes til en kvalitativ vurdering af den konsekvens, som pH-ændringer forårsaget af karbonatisering kan få på stof-udvaskningen. Ved kontakt med fugt og atmosfærisk luft optager knust beton kuldioxid, hvorved pH ved kontakt med vand med tiden falder til ca. 10-11 (ved meget lang eksponering kan pH falde yderligere), se også afsnit 5.2.2. I Figur 4.4 angiver det røde punkt start-pH på tidspunktet for testningen. Det fremgår, at hvis pH falder fra startpunktet omkring 11 til for eksempel 10, vil udvaskningen af Al falde (og hvis pH falder til værdier under 9 – hvilket for knust beton formentlig vil tage meget lang tid – vil udvaskningen af Al begynde at stige igen). Ud-vaskningen af Cd og Pb vil ikke ændre sig væsentligt, før pH bliver væsentligt lavere, mens udvaskningen af Ni – alt andet lige - kan forventes at stige, så snart pH falder fra det nuværende niveau.



**Figur 4.4** Eksempler på præsentation af resultater af pH-afhængighedsudvaskningstest, som viser udvaskede stofmængder som funktion af pH for en prøve af knust beton. Datapunktet, der er markeret med rødt, angiver materialets egen-pH ved suspension i vand ved L/S = 10 l/kg.

Data fra pH-afhængighedsudvaskningstests anvendes endvidere ved hydrogeokemiske ligevægtsberegninger, som bl.a. kan benyttes til forhåndsvurdering af konsekvenserne af forskellige tiltag ved for eksempel at reducere eller øge stofudvaskningen.

#### 4.3.4 Resultater af ligevægtsudvaskningstests for organiske stoffer

Resultaterne af de 10 ligevægtskolonneudvaskningstests, der er udført på de samme prøver, som blev testet for udvaskning af uorganiske stoffer ved hjælp af EN 14405, er vist i Tabel 4.15 og for knust beton og knust tegl i Tabel 4.16.

Det fremgår umiddelbart, at de udvaskede mængder af kulbrinter og PAH'er er forholdsvis lave, og at udvaskningen af alle PCB-kongenerer er under detektionsgrænsen for analysemetoden. De fundne data kan ligeledes være en del af en efterfølgende risikovurdering, hvor de kan indgå i estimeringen af stof- og materialespecifikke kildestyrkebeskrivelser i forbindelse med beregning af den påvirkning, som forskellige anvendelser af knust beton samt knust beton og tegl kan have på kvaliteten af nedstrøms grundvand og overfladevand.

**Tabel 4.15 Resultater af udvaskning af organiske stoffer fra prøver af knust beton fra 2016/2017 ved hjælp af ligevægtskolonne testen Nordtest TR 576.**

Type af materiale		Beton					
Prøve nr.		2	8	23	33	35	40
Parameter	Enhed						
L/S-forhold	l/kg	2,32	2,45	2,50	2,45	2,41	2,50
pH	-	12,4	12,4	12,2	12,0	12,3	12,3
C6-C10	mg/kg	0,072	0,037	0,011	0,015	0,011	0,060
C10-C15	mg/kg	0,13	0,18	0,028	0,025	0,031	0,068
C15-C20	mg/kg	0,044	0,032	0,030	0,029	0,060	0,12
C20-C35	mg/kg	0,028	0,034	0,043	0,006	0,053	0,63
Sum C6-C35	mg/kg	0,28	0,27	0,11	0,076	0,15	0,88
Naphthalen	mg/kg	0,0060	0,00064	0,00016	0,00013	0,00041	0,00048
Fluoranthren	mg/kg	0,0003	0,0001	0,0001	0,0000	0,0003	0,0011
Benz(b)k)fluoranthren	mg/kg	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005
Benz(a)pyren	mg/kg	0,00002	0,00002	0,00003	0,00002	0,00002	0,00003
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	mg/kg	0,00002	0,00002	0,00003	0,00002	0,00002	0,00003
Dibenz(a,h)anthracen	mg/kg	0,00002	0,00002	0,00003	0,00002	0,00002	0,00003
Acenaphthylen	mg/kg	0,00014	0,00003	0,00003	0,00002	0,00013	0,00018
Acenaphthen	mg/kg	0,0016	0,00018	0,00015	0,00004	0,00024	0,00022
Fluoren	mg/kg	0,00021	0,00003	0,00004	0,00003	0,00018	0,00022
Phenanthren	mg/kg	0,0012	0,00081	0,00025	0,00017	0,00099	0,0025
Anthracen	mg/kg	0,00014	0,00004	0,00004	0,00003	0,00013	0,00020
Pyren	mg/kg	0,00018	0,00011	0,00008	0,00003	0,00021	0,00073
Benz(a)anthracen/Chrysen	mg/kg	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00013
Benz(ghi)perylene	mg/kg	0,00002	0,00002	0,00003	0,00002	0,00002	0,00003
Sum PAH 16	mg/kg	0,00975	0,00199	0,00090	0,00047	0,00265	0,00575
PCB 28	mg/kg	0,00012	0,00012	0,00013	0,00012	0,00012	0,00013
PCB 52	mg/kg	0,00012	0,00012	0,00013	0,00012	0,00012	0,00013
PCB 101	mg/kg	0,00012	0,00012	0,00013	0,00012	0,00012	0,00013
PCB 118	mg/kg	0,00012	0,00012	0,00013	0,00012	0,00012	0,00013
PCB 138	mg/kg	0,00012	0,00012	0,00013	0,00012	0,00012	0,00013
PCB 153	mg/kg	0,00012	0,00012	0,00013	0,00012	0,00012	0,00013
PCB 180	mg/kg	0,00012	0,00012	0,00013	0,00012	0,00012	0,00013

Rød skrift: Under detektionsgrænsen for analysemetoden (rapporteringsgrænsen vist).

**Tabel 4.16 Resultater af udvaskning af organiske stoffer fra prøver af knust beton og tegl samt knust tegl fra 2016/2017 ved hjælp af ligevægtskolonnetesten Nordtest TR 576.**

Type af materiale		Beton og tegl			Tegl
Prøve nr.		3	9	18	37
Parameter	Enhed				
L/S-forhold	l/kg	2,45	2,41	2,26	2,45
pH	-	12,2	12,4	12,3	12,2
C6-C10	mg/kg	0,042	0,017	0,013	0,027
C10-C15	mg/kg	0,13	0,063	0,034	0,037
C15-C20	mg/kg	0,071	0,034	0,048	0,061
C20-C35	mg/kg	0,071	0,018	0,029	0,64
Sum C6-C35	mg/kg	0,32	0,13	0,12	0,76
Naphthalen	mg/kg	0,0088	0,0024	0,0004	0,0005
Fluoranthen	mg/kg	0,0011	0,0005	0,0006	0,0009
Benz(b)k)fluoranthen	mg/kg	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005
Benz(a)pyren	mg/kg	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	mg/kg	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
Dibenz(a,h)anthracen	mg/kg	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
Acenaphthylen	mg/kg	0,0013	0,00006	0,00015	0,00023
Acenaphthen	mg/kg	0,0027	0,0016	0,00093	0,00020
Fluoren	mg/kg	0,0010	0,00036	0,00027	0,00017
Phenanthren	mg/kg	0,0016	0,0022	0,00091	0,00061
Anthracen	mg/kg	0,00034	0,00009	0,00025	0,00019
Pyren	mg/kg	0,00071	0,00029	0,00043	0,00064
Benz(a)anthracen/Chrysen	mg/kg	0,00010	0,00005	0,00008	0,00010
Benz(ghi)perylene	mg/kg	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
Sum PAH 16	mg/kg	0,01766	0,00770	0,00408	0,00368
PCB 28	mg/kg	0,00012	0,00012	0,00011	0,00012
PCB 52	mg/kg	0,00012	0,00012	0,00011	0,00012
PCB 101	mg/kg	0,00012	0,00012	0,00011	0,00012
PCB 118	mg/kg	0,00012	0,00012	0,00011	0,00012
PCB 138	mg/kg	0,00012	0,00012	0,00011	0,00012
PCB 153	mg/kg	0,00012	0,00012	0,00011	0,00012
PCB 180	mg/kg	0,00012	0,00012	0,00011	0,00012

Rød skrift: Under detektionsgrænsen for analysemetoden (rapporteringsgrænsen vist).

# 5. Diskussion af analyse- og testresultater

## 5.1 Repræsentativitet og variation

### 5.1.1 Repræsentativitet i forhold til danske knuste beton- og teglprodukter

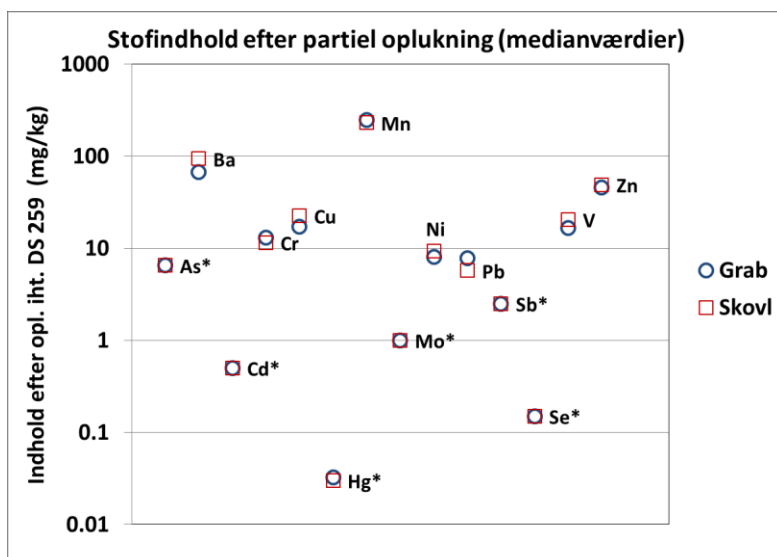
Med den valgte prøvetagningsstrategi, som er beskrevet i afsnit 2.1, vurderes det, at der er i dette projekt er tilvejebragt et prøvemateriale, som hvad angår miljømæssige egenskaber og variationen af disse, i betydelig grad er repræsentativt for de knuste beton- og teglprodukter, der i 2016/2017 blev produceret i Danmark. Det er ikke muligt at kvantificere graden af repræsentativitet, men det kan nævnes, at der i nærværende undersøgelse er udtaget prøver fra bunker af beton og tegl, som i alt svarer til ca. 143.000 tons materiale. Ifølge ADS er der i 2015 behandlet ca. 1,7 million tons beton og tegl i Danmark. Hvis denne mængde kan fremskrives til 2016/2017, har prøvetagningen omfattet en mængde svarende til ca. 8,3 % af årsproduktionen af knust beton og tegl. Det skal dog nævnes, at der knytter sig vis usikkerhed til opgørelsen af de årligt samlede mængder behandlede og nyttiggjorte mængder af beton og tegl, blandt andet fordi beton og tegl, der nyttiggøres på nedrivningsstedet, typisk ikke indberettes til ADS.

Repræsentativiteten af de i dette projekt anvendte data er blevet betydeligt styrket, både med hensyn til geografisk spredning og tidsperiode, af inddragelsen af dataene fra DTU-undersøgelsen, som er baseret på prøver, der blev udtaget i 2011/2012. Det forekommer således rimeligt at antage, at det samlede, kombinerede datasæt, der omfatter 50 prøver af knust beton, 19 prøver af knust beton og tegl og 3 prøver af knust tegl, med hensyn til indhold og udvaskning af stoffer, som i miljømæssig sammenhæng kan være potentielt problematiske i forbindelse med materialenyttiggørelse af produkterne, giver et repræsentativt billede af situationen i hele Danmark i indeværende årti.

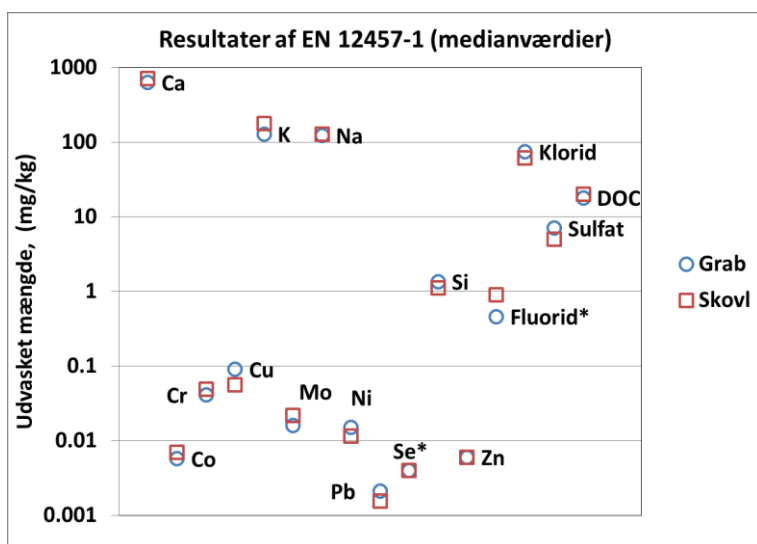
### 5.1.2 Repræsentativitet i forhold til bunkerne på de enkelte behandlingsanlæg

I afsnit 2.2 er det nævnt, at man ved prøvetagning alene med skovl uden hjælp fra en frontlæsser selvfølgelig ikke i samme grad som med en frontlæsser kan medtage dele af bunkens indre. For at få en indikation af, i hvilket omfang dette kan have påvirket analyse- og testresultaterne, er der i Figur 5.1 og Figur 5.2 på grundlag af nogle af analyse- og testresultaterne for knust beton foretaget en sammenligning af de prøver, der er udtaget med frontlæsser ("grab"), og de prøver, der alene er udtaget med skovl.

I Figur 5.1 er resultaterne (i form af medianværdier) af faststofanalyser af en række elementer (målt efter oplukning i henhold til DS 259) for hver af de to grupper af prøver sammenlignet. I Figur 5.2 er medianværdierne af resultaterne af udvaskningstesten (batchtesten EN 12457-1) for en række elementer/stoffer ligeledes sammenlignet for de to grupper. Gruppen, hvor der er anvendt både frontlæsser og skovl, omfatter 10 prøver, mens gruppen, hvor der kun er anvendt skovl, består af 18 prøver. Begge prøvegrupper er geografisk bredt dækkende, men selvfølgelig forskellige. Det fremgår af de to figurer, at såvel faststofanalyser som resultaterne af udvaskningstestene konsekvent er af samme størrelsesorden for samme elementer/stoffer i de to grupper. De to figurer indikerer således, at hverken forskellene i geografisk dækning eller forskellene i prøvetagningsteknik umiddelbart synes at have medført væsentlige forskelle mellem analyse- og testresultaterne for de to grupper.



Figur 5.1 Sammenligning af medianværdier for stofindhold målt efter oplukning i henhold til DS 259 for prøver udtaget med frontlæsser (grab) og prøver udtaget alene med skovl. \* indikerer, at alle eller næsten alle resultater for det pågældende element er under detektionsgrænsen, som er benyttet i beregningen af medianværdien.



Figur 5.2 Sammenligning af medianværdier for batchudvaskning ved  $L/S = 2$  l/kg for prøver udtaget med frontlæsser (grab) og prøver udtaget alene med skovl. \* indikerer, at alle eller næsten alle resultater for det pågældende element/stof er under detektionsgrænsen, som er benyttet i beregningen af medianværdien.

### 5.1.3 Variationsbredde af udvaskningsresultaterne

I miljømæssig sammenhæng i forhold til materialenyttiggørelse af bygge- og anlægsaffaldet er udvaskningsegenskaberne generelt mere problematiske end faststofindholdet. Til belysning af variationsbredden for de målte udvaskningsdata er forholdet mellem 90%-fraktilen og 10%-fraktilen og 95%-fraktilen og 5%-fraktilen for resultaterne af batchudvaskningstestene for data-sættene for de 50 prøver af knust beton og de 19 prøver af knust beton og tegl derfor beregnet på grundlag af resultaterne i Tabel 4.12 og Tabel 4.13 og vist i Tabel 5.1.



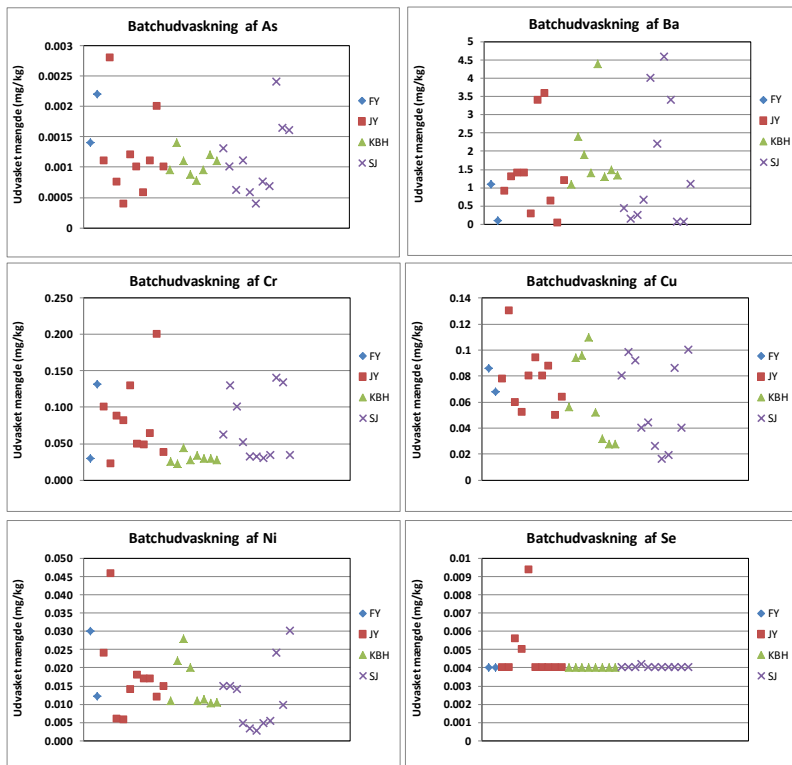
**Tabel 5.1 Beregnede forhold mellem 90%-fraktilen og 10%-fraktilen henholdsvis 95%-fraktilen og 5%-fraktilen for resultater af batchudvaskningstestene for de kombinerede datasæt for henholdsvis knust beton og knust beton og tegl.**

Stof	50 prøver af knust beton		19 prøver af knust beton og tegl	
	Forhold mellem fraktiler		Forhold mellem fraktiler	
	90%/10%	95%/5%	90%/10%	95%/5%
Al	10	12	10	11
As	68	82	11	17
Ba	35	42	47	53
Ca	4,9	5,3	3,6	4,1
Cd	-	-	-	-
Co	4,9	5,7	6,7	7,1
Cr	4,4	5,3	2,7	3,2
Cu	3,9	4,4	6,1	8,8
Hg	-	-	-	-
K	3,6	4,5	3,4	3,6
Mn	4,8	5,4	8,1	10,
Mo	5,2	6,2	2,2	2,3
Na	3,0	3,5	2,3	3,0
Ni	8,6	9,2	7,7	22
Pb	78	106	53	55
Sb	208	231	90	92
Se	18	22	28	36
Si	13	38	45	45
Sn	1,0	1,5	-	-
V	33	39	7,5	7,9
Zn	6,4	8,2	18	35
Fluorid	7,5	7,5	2,8	3,5
Klorid	7,4	10	3,9	4,5
Sulfat	33	59	43	56
DOC	4,2	4,6	2,8	3,2

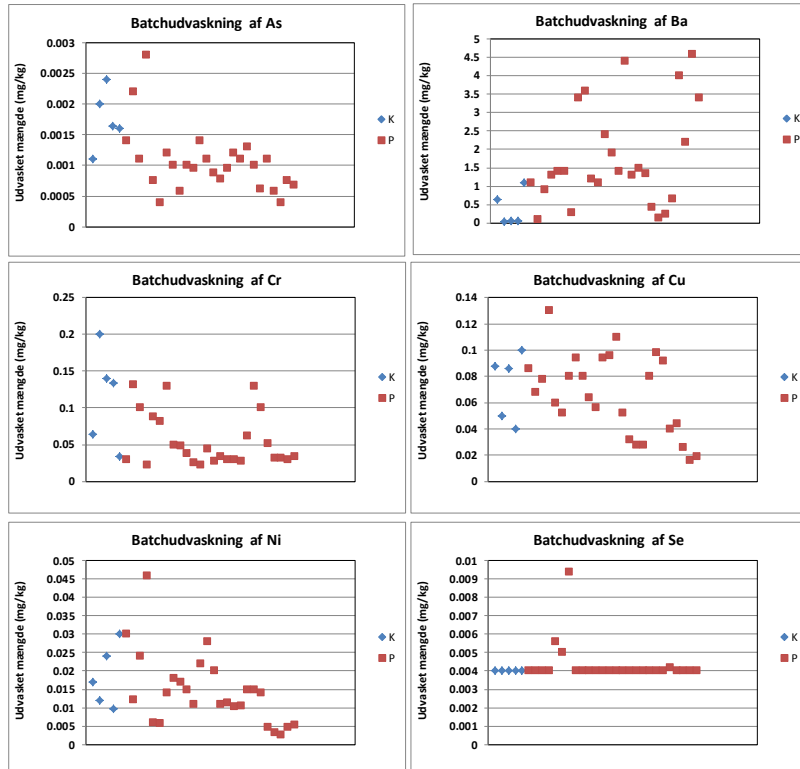
For de fleste stoffer er forskellen mellem de to fraktiler mindre end en faktor ca. 10. Dog er den for nogle stoffer, herunder As, Ba, Pb, Sb, V og sulfat (for knust beton) og Ba, Pb, Sb, Si og sulfat (for knust beton og tegl) betydeligt større. Det skyldes sandsynligvis, at udvaskningen disse stoffer ofte er opløselighedskontrollerede og derfor meget påvirkelige af ændringer i pH- og redoxforhold samt tilstedeværelsen af andre stoffer. Men generelt indikerer resultaterne i Tabel 5.1 ligesom Figur 5.1 og Figur 5.2, at variationsbredden af indhold og udvaskning af de fleste uorganiske stoffer i knust beton og knust beton og tegl af dansk oprindelse er begrænset. For næsten alle stoffer er variationsbredden for knust beton større end for knust beton og tegl. Af resultaterne i afsnit 4.3.1 og afsnit 4.3.4 fremgår det, at noget tilsvarende synes at gælde for indhold og udvaskning af kulbrinter, PAH og PCB. Dette skyldes formentlig, at en større del af den knuste beton end af den knuste beton og tegl har et forholdsvis lavt udvaske- ligt indhold af mange af de undersøgte stoffer.

#### **5.1.4 Variation i stofudvaskning som følge af geografi eller privat/kommunalt ejerskab af behandlingsanlæg**

Det foreliggende datamateriale er ikke omfattende nok til at kunne bære en egentlig statistisk analyse af den indflydelse, som geografisk beliggenhed eller privat/kommunalt ejerskab af behandlingsanlæggene har nogen væsentlig indflydelse på udvaskningsegenskaberne af det behandlede bygge- og anlægsaffald. For om muligt at få en indikation af, om dette skulle være tilfældet, er resultaterne af batchudvaskningstestene på prøverne af knust beton fra 2016/2017 for udvalgte stoffer (As, Ba, Cr, Cu, Ni og Se) i Figur 5.3 vist således, at man kan skelne mellem prøver fra Fyn, Jylland, København og Sjælland. I Figur 5.4 er de samme data opdelt efter kommunalt eller privat ejerskab af de behandlingsanlæg, hvorfra prøverne er udtaget.



Figur 5.3 Resultater af batchudvaskningstests på prøverne af knust beton fra 2016/2017 fordelt efter geografisk oprindelse. FY = Fyn, JY = Jylland, KBH = København, SJ = Sjælland.



Figur 5.4 Resultater af batchudvaskningstests på prøverne af knust beton fra 2016/2017 fordelt efter privat eller kommunalt ejerskab. K = kommunalt behandlingsanlæg, P = privat behandlingsanlæg.

Ud fra Figur 5.3 kan man umiddelbart se, at resultaterne for As, Ba, Cu og Ni ser ud til at være forholdsvis tilfældigt spredt i forhold til geografisk oprindelse, mens resultaterne for Cr kunne indikere, at der generelt udvaskes mindre Cr fra prøverne fra Københavnsområdet end fra prøverne fra de øvrige dele af landet. Resultaterne for Se viser, at udvaskningen for de fleste prøver ligger under eller omkring detektionsgrænsen, men at der fra nogle få jyske prøver udvaskes lidt større mængder, dog fortsat under Kategori 1-grænseværdien fra Restproduktbekendtgørelsen. Det er ikke umiddelbart klart, om dette blot er tilfældigt, eller hvad årsagen i givet fald måtte være.

I Figur 5.4 er sammenligningsgrundlaget tyndt, da der kun indgår prøver fra 5 kommunalt ejede behandlingsanlæg mod de 22 prøver fra privatejede anlæg. Man kan måske sige, at udvaskningen af As fra prøverne fra de kommunalt ejede anlæg ligger i den høje ende, mens udvaskningen af Ba ligger i den lave ende, mens der ingen forskelle indikeres for Cr, Cu og Ni. For Se er billedet det samme som ved den geografiske spredning, her ses det, at de tre prøver med de højeste udvaskningsresultater er jyske. Materialet er som sagt sparsomt, og de antydede forskelle kan være tilfældige. Der er, så vidt vides, ikke generelle systematiske forskelle i den måde, hvorpå kommunale og private behandlingsanlæg drives, så der er ikke nogen åbenlyse årsager til, at de knuste betonprodukter fra de to typer anlæg skulle være forskellige.

## 5.2 Indhold og udvaskning af potentielt problematiske stoffer

### 5.2.1 Faststofindhold

Af resultaterne i afsnit 4.2.1 fremgår det, at indholdet af Ba for prøverne af knust beton fra 2016/2017 overskrider Jordkvalitetskriteriet på 90%-fraktilniveau, mens det for prøverne af knust beton og tegl fra 2016/2017 overskrides på medianniveau. Ingen af Kategori 1-kriterierne fra Restproduktbekendtgørelsen overskrides af de to prøvesæt. Prøverne af knust tegl fra 2016/2017 overskrider ikke nogen af Kategori 1-kriterierne eller Jordkvalitetskriterierne for uorganiske stoffer. To udvalgte prøver af knust beton og én af knust beton og tegl har indhold af Cr(VI), som udgør 5 % eller mindre end Kategori 1-kriteriet.

Analyse af fem udvalgte prøver (3 af knust beton og 2 af knust beton og tegl) både efter partiel oplukning i henhold til DS 259 og totaloplukning i henhold til EN 13656 har som beskrevet i afsnit 4.2.1 og illustreret i Figur 4.1 og Figur 4.2 – ikke overraskende – vist, at totaloplukning konsistent giver højere resultater end partiel oplukning. I Tabel 5.2 ses variationen i forskellen for de 5 prøver, udtrykt som procentsats fundet ved DS 259 i forhold til EN 13656. Af samme årsag er det ikke muligt at sammenligne faststofindholdene fundet for prøverne i 2011/2012, hvor EN 13656 blev anvendt, med indholdene fundet for prøverne fra 2016/2017, hvor DS 259 af hensyn til muligheden for sammenligning med Kategori 1-kriterier og Jordkvalitetskriterier blev benyttet.

**Tabel 5.2 Procentvis forhold mellem analyseresultater efter partiel oplukning og totaloplukning af prøver af knust beton og knust beton & tegl.**

Stof	DS 259/EN 13656 (%)	
	Min	Max
Ba	20	38
Cr	9	45
Cu	53	76
Hg	51	67
Mn	47	73
Ni	40	56
Pb	13	52
V	34	53
Zn	48	59

Af afsnit 4.2.2 fremgår det, at alle prøver, både fra 2011/2012 og fra 2016/2017, har meget lave indhold af PCB (indholdet af alle kongenerer er mindre end 0,005 mg/kg, som var den anvendte rapporteringsgrænse i 2016/2017). Jordkvalitetskriteriet for totalkulbrinter (100 mg/kg) er overskredet på 95%-fraktilniveau for knust beton og på 90%-fraktilniveau for knust beton og tegl og for 1 af de 3 prøver af knust tegl for prøverne fra 2016/2017 (ikke målt for prøverne fra 2011/2012). Alle prøvesættene overskrider i begrænset omfang Jordkvalitetskriterierne for indhold af benz(a)pyren og/eller dibenz(a,h)anthracen og/eller DK MST PAH 7.

Fem prøver (4 af knust beton og 1 af knust beton og tegl) er analyseret for indhold af isothiazolinoner, men der blev ikke fundet nogen indhold af disse. Detektionsgrænserne ved analysen, som ikke var en rutineanalyse, viste sig dog at være så høje (1 – 10 mg/kg) sammenlignet med den koncentration, som isothiazolinoner ville kunne have i beton (1 mg/kg, se Tabel 6.1), at man næppe ville kunne forvente at finde noget.

I 2002 blev 6 prøver af knust beton (0/32 mm), 3 prøver af knust beton og tegl (0/32 mm) og 1 prøve af ren tegl (0/32 mm) analyseret for indhold af As, Cd, Cr, Ni, Pb, Zn og Hg (DS 259) samt kulbrinter, PAH og PCB (Miljøstyrelsen, 2006a). Indholdene af de uorganiske stoffer svarede for alle typer stort set til niveauet fundet i denne undersøgelse. Dog så indholdet af Hg i alle tre prøvetyper ud til at være væsentligt højere 2002 end i 2016/2017. For den knuste beton overskred 5 ud af 6 prøver Jordkvalitetskriteriet på 100 mg/kg, mens 3 ud af 3 prøver af knust beton og tegl gjorde det samme. Prøven af tegl overskred ikke Jordkvalitetskriteriet for kulbrinter. Indholdene af PAH og PCB var af samme størrelsesorden i 2002 som i 2016/2017. Igen er materialet for spinkelt til at drage vidtgående konklusioner, men det kunne se ud som om indholdene af især Hg, men også kulbrinter i knust beton, knust beton og tegl og knust tegl (kun Hg) er faldet noget i løbet af de seneste 14 – 15 år.

## 5.2.2 Stofudvaskning

I Tabel 5.3 er niveauet for overskridelser af Kategori 1+2-grænseværdierne for stofudvaskning i Restproduktbekendtgørelsen for knust beton, knust beton og tegl og knust tegl både fra 2011/2012 og 2016/2017 opsummeret på grundlag af resultaterne i afsnit 4.3.1. Graden af overskridelserne er angivet på fraktilniveau – jo lavere fraktilniveauet er, jo større er andelen af prøverne, som overskrider grænseværdien.

**Tabel 5.3 Sammenligning af overskridelserne af udvaskningsgrænseværdierne for Kategori 1+2 i Restproduktbekendtgørelsen for alle prøverne af knust beton, knust beton og tegl samt knust tegl.**

Stof, for hvilket Kategori 1+2-grænseværdien overskrides	Niveau for overskridelsen af udvaskningsgrænseværdierne for Kategori 1+2 for alle prøver		
	Knust beton (50 prøver)	Knust beton og tegl (19 prøver)	Knust Tegl (3 prøver)
As	90%-fraktilniveau	Medianniveau	Ingen overskridelser
Ba	Medianniveau (50%-fraktil)	90%-fraktilniveau	Ingen overskridelser
Cr	Alle prøver overskrider	Alle prøver overskrider	3 overskridelser for 3 prøver
Cu	90%-fraktilniveau	Medianniveau	Ingen overskridelser
Na	90%-fraktilniveau	90%-fraktilniveau	Ingen overskridelser
Ni	60%-fraktilniveau	Medianniveau	Ingen overskridelser
Pb	90%-fraktilniveau	90%-fraktilniveau	Ingen overskridelser
Se	90%-fraktilniveau	Medianniveau	Ingen overskridelser
Zn	Ingen overskridelser	95%-fraktilniveau	Ingen overskridelser
Klorid	Maksimumsværdien	Maksimumsværdien	1 overskridelse for 3 prøver
Sulfat	Ingen overskridelser	90%-fraktilniveau	Ingen overskridelser
Overskridelse på 90%-fraktilniveau: Mindst 10% af prøverne overskrider grænseværdien Overskridelse på medianniveau: Mindst 50% af prøverne overskrider grænseværdien Overskridelse på 10%-fraktilniveau: Mindst 90% af prøverne overskrider grænseværdien			

Herudover kan det nævnes, at Restproduktbekendtgørelsens Kategori 3-grænseværdier for stofudvaskning for knust beton er overskredet for maksimalværdien for Pb (en enkelt prøve med højt indhold) og på 90%-fraktilniveau for Se, mens Kategori 3-grænseværdierne for Ni er overskredet på 95%-fraktilniveau og for Se er overskredet på medianniveau for knust beton og tegl. Ingen af prøverne af knust tegl overskrider Kategori 3-grænseværdierne.

Kategori 1+2-grænseværdierne for stofudvaskning overskrides således for ret mange uorganiske stoffer for knust beton og knust tegl og beton. Som det fremgår af Miljøprojekt 1806 (Miljøstyrelsen, 2015) skyldes en del af overskridelserne formentlig ikke alene, at de pågældende stoffer er blevet tilført under brugen af betonen. En betydelig del af indholdet af en række af stofferne stammer fra produktionen af cementen og betonen og udgør således en integreret del af betonen, som ikke kan fjernes gennem miljøsanering. Stofferne kan stamme fra f.eks. kulflyveaske, som i mange år har været tilsat til cement og beton.. Kulflyveaske har ofte et betydeligt indhold af bl.a. As, Ba, Cr, Cu, Ni, Pb, Se, V og Zn (Hjelmar, 1990). Stofferne forekommer også naturligt i råstofferne (kalk, sand og ler), som indgår i cementproduktionen. Det skal dog nævnes, at kun en mindre del af totalindholdet i betonmatrixen af de nævnte stoffer vil kunne udvaskes under normale omstændigheder. Det kan også nævnes, at indholdet af kulbrinter bl.a. kan stamme fra tilsætningsstoffer til betonen og fra formolier, der har været anvendt ved udstøbningen af betonen. Se også afsnit 6 om andre organiske tilsætningsmidler til beton.

Af Tabel 5.4, som sammenligner totalindholdet af en række stoffer i fire prøver af (knust) nystøbt beton med totalindholdet af stofferne i de modsvarende prøver af knust beton fra 2011/2012, fremgår det, at alle de målte uorganiske stoffer er til stede i den nystøbte beton i koncentrationsniveauer, som er sammenlignelige med koncentrationsniveauerne i den knuste beton. Tabel 5.5, som præsenterer resultater af batchudvaskningstests på de samme prøver viser, at alle de stoffer, som udvaskes fra knust brugt betonaffald også udvaskes fra nystøbt beton, og nogle af dem i mængder, så de også overskride udvaskningsgrænseværdierne for Kategori 1+2 fra Restproduktbekendtgørelsen. Det fremgår, at alle prøverne af nystøbt beton overskrider Kategori 1+2-grænseværdierne for Ba, Cr og Na. Tre af de fire prøver overskrider også Kategori 1+2-grænseværdien for udvaskning af Pb, måske på grund af de høje pH-værdier i eluatet fra nystøbt beton.

**Tabel 5.4 Totalanalyser (efter oplukning i henhold til EN 13656) af 4 prøver af knust nystøbt beton og af 19 prøver af knust beton fra 2011/2012).**

Stof	Enhed	Knust beton 2011/2012				Nystøbt beton 2011/2012			
		N	10%-fraktil	Median	90%-fraktil	DTU28	DTU29	DTU30	DTU31
Al	mg/kg	19	32000	42000	51000	58000	52000	55000	48000
As	mg/kg	19	2,5	2,96	4,1	3,2	3,6	4,0	4,1
Ba	mg/kg	19	309	371	532	334	532	540	587
Ca	mg/kg	19	69000	76000	107000	63000	107000	115000	87000
Cd	mg/kg	19	0,15	0,19	0,28	0,25	0,24	0,28	0,29
Cl-	mg/kg	19	62	159	203	36	80	73	24
Co	mg/kg	19	4,2	5,0	7,7	3,2	6,7	6,6	7,7
Cr	mg/kg	19	14	20	31	10	16	18	10
Cu	mg/kg	19	13	15	30	16	37	30	41
Fe	mg/kg	19	11000	12000	17000	10000	17000	17000	27000
K	mg/kg	19	12000	15000	21000	28000	21000	21000	21000
Li	mg/kg	19	9,8	11	18	13	13	13	14
Mg	mg/kg	19	2810	3504	4530	1806	4515	4622	3798
Mn	mg/kg	19	240	324	480	184	386	397	528
Mo	mg/kg	19	0,62	0,76	1,0	0,91	0,81	0,67	0,93
Na	mg/kg	19	8250	11376	13920	16190	14562	15211	12802
Ni	mg/kg	19	9,8	12	20	8,9	12	13	8,8

Stof	Enhed	Knust beton 2011/2012				Nystøbt beton 2011/2012			
		N	10%-fraktil	Median	90%-fraktil	DTU28	DTU29	DTU30	DTU31
P	mg/kg	19	312	393	648	298	691	648	1157
Pb	mg/kg	19	14	16	67	30	16	15	17
Sb	mg/kg	19	0,34	0,42	1,0	0,51	1,1	0,86	1,4
Se	mg/kg	19	7	7	7	7	7	7	7
Si	mg/kg	19	247000	262000	285000	268000	240000	238000	278000
SO4	mg/kg	19	4209	5006	7434	6112	6354	7181	7385
Sr	mg/kg	19	239	262	304	265	351	383	292
V	mg/kg	19	22	27	37	22	45	44	34
Zn	mg/kg	19	40	52	110	52	66	79	110

**Tabel 5.5 Resultater af batchudvaskningstests (EN 12457-1) på 4 prøver af nystøbt beton sammenlignet med resultater af batchudvaskningstests på det tilsvarende datasæt for knust beton fra 2011/2012. Desuden ses Kategori 1+2-grænseværdier fra Restproduktbekendtgørelsen.**

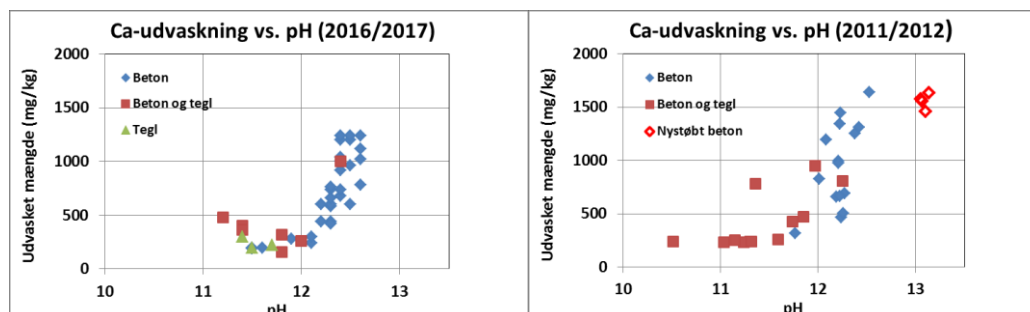
Stof	Enhed	Knust beton 2011/2012				Nystøbt beton 2011/2012				Kategori 1+2
		N	10%-fraktil	Median	90%-fraktil	DTU28	DTU29	DTU30	DTU31	
pH	-		12,0	12,2	12,4	13,1	13,1	13,1	13,1	
Al	mg/kg	15	1,1	3,5	7,1	0,67	0,49	0,38	0,44	
As	mg/kg	15	0,016	0,028	0,063	0,009	0,013	0,010	0,007	0,026
Ba	mg/kg	15	0,74	1,7	2,3	5,4	6,1	5,3	7,6	0,60
Ca	mg/kg	15	482	976	1406	1575	1556	1457	1631	
Cd	mg/kg	15	0,0030	0,0030	0,0032	0,001	0,002	0,002	0,001	0,004
Co	mg/kg	15	0,014	0,019	0,027	0,010	0,007	0,007	0,008	
Cr	mg/kg	15	0,037	0,058	0,15	0,057	0,066	0,061	0,041	0,020
Cu	mg/kg	15	0,07	0,09	0,12	0,027	0,030	0,045	0,060	0,090
K	mg/kg	15	175	272	422	345	321	453	636	
Mn	mg/kg	15	0,007	0,008	0,013	0,007	0,007	0,007	0,007	0,30
Mo	mg/kg	15	0,018	0,026	0,043	0,009	0,007	0,009	0,012	
Na	mg/kg	15	160,6	200	241	204	227	324	296	200
Ni	mg/kg	15	0,02	0,034	0,057	0,004	0,010	0,013	0,014	0,020
Pb	mg/kg	15	0,010	0,018	0,044	0,017	0,025	0,043	0,029	0,020
Sb	mg/kg	15	0,070	0,070	0,097	0,024	0,060	0,009	0,019	
Se	mg/kg	15	0,014	0,058	0,093	0,018	0,014	0,014	0,016	0,020
Si	mg/kg	15	0,34	0,94	2,0	0,700	0,679	0,728	0,571	
V	mg/kg	15	0,018	0,022	0,033	0,021	0,021	0,017	0,024	
Zn	mg/kg	15	0,014	0,022	0,049	0,018	0,014	0,014	0,015	0,20
Klorid	mg/kg	15	48	95	170	22	42	55	12	300
Sulfat	mg/kg	15	12	15	21	9,5	8,2	13	14	500
DOC	mg/kg	15	23	41	51	24	19	24	21	

N: Antal prøver. Rød skrift: Under detektionsgrænsen for analysemetoden (rapporteringsgrænsen vist).

Fed skrift og gul markering: Overskrider grænseværdien for Kategori 1+2 i Restproduktbekendtgørelsen.

Det bemærkes i øvrigt, at eluaterne fra udvaskning af de nystøbte betonprøver har et betydeligt højere pH end eluaterne fra de øvrige prøver. Dette skyldes, at den meget alkaliske friske beton, når det eksponeres for atmosfærisk luft (og fugt) optager kuldioxid (karbonatisering), hvorved pH falder. For brokker af beton vil pH i vand/eluat, som er i kontakt med betonen, i nogen grad være en indikator for betonens alder – pH falder med tiden, efterhånden som karbonatiseringen skrider frem. For knust beton vil denne proces imidlertid blive voldsomt accelereret pga. den øgede eksponering til luft og vand. pH (og udvaskningen af Ca, som påvirkes af karbonatiseringen) i eluater fra en batchudvaskningstest vil derfor være en indikator for den kombinerede effekt af alder og opbevaringsforhold og -tid efter knusningen. Dette er illustreret for begge datasæt fra henholdsvis 2016/2017 og 2011/2012 i Figur 5.5, som viser

Ca i eluaterne fra batchudvaskningstesten som funktion af pH. Det ses, at eluaterne fra de nystøbte betonprøver både har et højt pH og en høj udvaskning af Ca. Figureerne synes at indikere, at der er en betydelig aldersmæssig spredning af de undersøgte prøver. Ændringer i pH påvirker som vist i afsnit 4.3.3 udvaskningen af forskellige stoffer forskelligt: for nogle stoffer øges udvaskningen med faldende pH, og for andre stoffer reduceres udvaskningen – og for nogle stoffer kan udvaskningen først falde og derefter stige med aftagende pH.



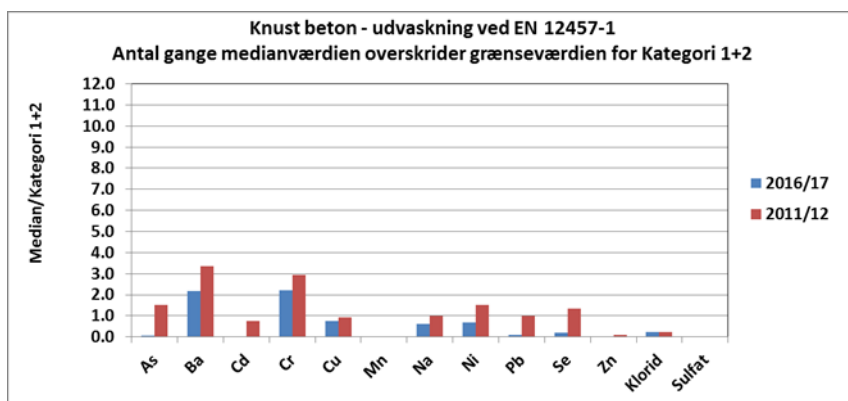
**Figur 5.5 Calciumudvaskning som funktion af pH ved batchudvaskningstest EN 12457-1 for alle prøver fra 2016/2017 og 2011/2012.**

### 5.2.3 Sammenligning af udvaskningen fra prøverne fra 2011/2012 og 2016/2017

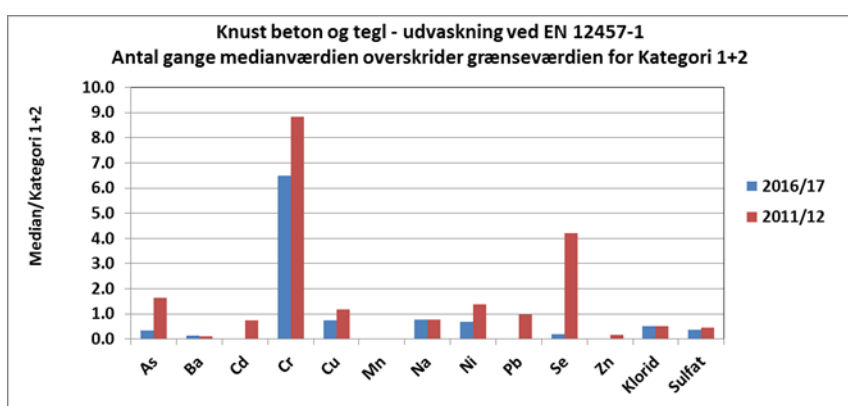
I Figur 5.6 og Figur 5.7 er graden af overskridelser af Kategori 1+2-grænseværdier for stofudvaskning sammenlignet for datasættene fra henholdsvis 2011/2012 og 2016/2017 for knust beton og knust beton og tegl, vist som antal gange et stof overskrider grænseværdien. Den røde streg svarer til grænseværdierne, og værdier under strengen (< 1) svarer til, at grænseværdien ikke er overskredet.

Det ses, at medianværdien af stofudvaskningen for stort set alle de stoffer, for hvilke der findes Kategori 1+2-kriterier, er større for datasættet fra 2011/2012 end for datasættet fra 2016/2017. Dette gælder både for knust beton og knust tegl og beton. Det er ikke umiddelbart klart, hvorfor det kunne se ud, som om der udvaskes lidt mere fra prøverne fra 2011/2012 end fra prøverne fra 2016/2017. Der er så kort tid (5 år) mellem at prøverne blev udtaget, at det næppe kan skyldes større generelle forskelle bygge- og anlægsaffaldet, som danner udgangspunkt for produktionen af knust beton og knust beton og tegl. En forskel, som muligvis kan være medvirkende årsag, er, at prøverne fra 2011/2012 primært stammede fra mindre behandlingsanlæg, mens prøverne fra 2016/2017 næsten alle er udtaget fra større behandlingsanlæg. Det er sandsynligt, at større anlæg i højere grad end mindre anlæg modtager bygge- og anlægsaffald fra nedrivninger og renoveringer, hvor der har været gennemført forudgående miljøsanering. Det er også nævnt, at i hvert fald prøverne af knust beton og tegl fra 2011/2012 ofte indeholdt jord (som kan have været forurenede). Dette var ikke tilfældet med prøverne fra 2016/2017.

Det kan i øvrigt nævnes, at der i 2002 blev udført batchudvaskningstests (EN 12457-1) på tre prøver af knust beton, én prøve af knust tegl og to prøver af knust beton og tegl (Miljøstyrelsen, 2006a). Af disse overskred resultaterne for knust beton Kategori 1+2-kriteriet for Cr for én ud af tre prøver og kriteriet for Ba for én ud af tre prøver. Begge prøver af knust beton og tegl overskred Kategori 1+2-kriterierne for Cr, Cu og Ni. Prøven af knust tegl overskred Kategori 1+2-kriteriet for Cr. Grundlaget er for spinkelt til, at der kan drages nogen konklusioner vedrørende ændringer i forureningsniveauet i knuste beton- og teglprodukter baseret på bygge- og anlægsaffald over den forløbne periode.



Figur 5.6 Sammenligning af medianværdier for udvaskningen af datasættene for knust beton fra henholdsvis 2011/2012 og 2016/2017. Den røde linje svarer til grænseværdierne for Kategori 1+2 i Restproduktbekendtgørelsen.



Figur 5.7 Sammenligning af medianværdier for udvaskningen af datasættene for knust beton og tegl fra henholdsvis 2011/2012 og 2016/2017. Den røde linje svarer til grænseværdierne for Kategori 1+2 i Restproduktbekendtgørelsen.

### 5.3 Sporbare prøver

Som en del af prøvetagningen i 2016/2017 er der udtaget enkelte sporbare prøver med henblik på at belyse, om miljøkortlægning og efterfølgende miljøsanering af bygninger inden nedrivning har resulteret i et mindre indhold og en mindre udvaskning af problematiske stoffer fra beton og tegl sammenlignet med de øvrige (ikke-sporbare) prøver, der indgår i projektet. De sporbare prøver indgår resultatmæssigt i beskrivelserne i Kapitel 4, men er her trukket særskilt frem.

I to tilfælde, A og B, er der udtaget prøver fra bunker med knuste materialer, som stammede fra nedrivning af specifikke bygninger, for hvilke der foreligger rapporter over miljøundersøgelser, og hvor der har været foretaget de saneringer, som var skønnet nødvendige for blandt andet at sikre, at nedrivningsprodukterne kunne betragtes som uforurenede i henhold til Bilag 2 i Restproduktbekendtgørelsen.

I tilfælde A er der udtaget tre prøver (41, 42 og 43) af knust beton fra den "longpile" hvorfra der som det sidste led i prøvetagningen (se afsnit 2.2) udtages et antal prøver over hele bunkens tværsnit. Endvidere er der fra samme lokalitet udtaget en prøve (44) fra en bunke med knust tegl.

I tilfælde B er der udtaget en enkelt prøve (45) fra en bunke med knust beton.



I Tabel 5.6 er analyserne af faststofindholdene efter partiel oplukning for de fem sporbare prøver af knust beton og tegl vist og sammenlignet med grænseværdierne for Kategori 1 i Restproduktbekendtgørelsen (suppleret med enkelte Jordkvalitetskriterier). Det ses, at den ene af de tre prøver udtaget af samme bunke i tilfælde A har et meget højt indhold af Pb, der som den eneste parameter overskrider grænseværdien for Kategori 1. Der er tilsyneladende ikke tale om en fejl (men snarere om en anomali), for der ses en tilsvarende høj udvaskning af Pb fra samme prøve.

I Tabel 5.7 er analyserne af indhold af kulbrinter, PAH'er og PCB for de fem sporbare prøver af knust beton og tegl vist og sammenlignet med Jordkvalitetskriterierne for C6-C35, benz(a)pyren, dibenz(a,h)anthracen og MST PAH 7. Det ses, at prøven af knust beton, 45, er den eneste prøve, der har målelige indhold af PCB (svarende til PCB-total = 0,9 mg/kg). Samtidig er denne prøve den eneste, som ikke overskrider Jordkvalitetskravet for C6-C35. Prøven af knust beton, 41, og teglprøven overskrider Jordkvalitetskriteriet for benz(a)pyren, mens teglprøven, 44, og betonprøven, 43, overskrider Jordkvalitetskriteriet for summen af DK MST PAH 7.

I Tabel 5.8 er resultaterne af batchudvaskningstestene på de fem sporbare prøver vist og sammenlignet med udvaskningskriterierne fra Restproduktbekendtgørelsen for Kategori 1+2. Det fremgår umiddelbart, at disse prøver alle ligesom de øvrige prøver overskrider Kategori 1+2-kravene for Cr, og at prøve 42 har en høj udvaskning af Pb (som for eksempel kan skyldes meget lokale flager af Pb-holdig maling). Herudover overskrider de tre betonprøver fra tilfælde A kun Kategori 1+2-kravene for Ba, mens teglprøven har en svag overskridelse af kravet til klorid.

**Tabel 5.6 Analyser af sporbare prøver af knust beton og tegl for faststofindhold efter partiel oplukning (DS 259).**

Stof	Enhed	Beton	Beton	Beton	Beton	Tegl	Kat. 1
		A	A	A	B	A	
		Prøve 41	Prøve 42	Prøve 43	Prøve 45	Prøver 44	
As	mg/kg	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	20
Ba	mg/kg	53	50	50	52	47	100*
Cd	mg/kg	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Cr	mg/kg	18	11	14	13	11	500
Cu	mg/kg	13	10	12	20	8	500
Hg	mg/kg	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	1
Mn	mg/kg	240	250	270	680	170	
Mo	mg/kg	1	1	1	1,0	1	5*
Ni	mg/kg	14	7,2	8,1	9,2	6,0	30
<b>Pb</b>	mg/kg	6,4	<b>170</b>	5,1	7,4	22	40
Sb	mg/kg	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
Se	mg/kg	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	20*
V	mg/kg	16	14	15	14	17	
Zn	mg/kg	66	36	50	79	45	500
TOC	mg/kg	6400	2000	2000	2400	2100	30000

**Rød skrift:** Under detektionsgrænsen for analysemetoden (rapporteringsgrænsen vist).

**Fed skrift og gul markering:** Overskrider grænseværdien for Kategori 1 i Restproduktbekendtgørelsen.

**Tabel 5.7 Analyser af sporbare prøver af knust beton og tegl for faststofindhold af organiske stoffer.**

Stof	Enhed	Beton	Beton	Beton	Beton	Tegl	JKK
		A	A	A	B	A	
		Prøve 41	Prøve 42	Prøve 43	Prøve 45	Prøve 44	
C6-C10	mg/kg	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
C10-C15	mg/kg	5	5	5	5	5	
C15-C20	mg/kg	12	8	15	5	8	
C20-C35	mg/kg	140	110	170	55	100	
<b>Sum C6-C35</b>	mg/kg	<b>150</b>	<b>110</b>	<b>180</b>	57	<b>110</b>	100
Naphthalen	mg/kg	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	
Fluoranthren	mg/kg	1,8	0,64	1,3	0,67	1,6	
Benz(bjk)fluoranthren	mg/kg	1,5	0,27	0,6	0,51	1,1	
<b>Benz(a)pyren</b>	mg/kg	<b>0,72</b>	0,14	0,29	0,26	<b>0,51</b>	0,3
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	mg/kg	0,3	0,07	0,13	0,14	0,26	
Dibenz(a,h)anthracen	mg/kg	0,15	0,02	0,04	0,05	0,1	0,3
Acenaphthylene	mg/kg	0,03	0,07	0,12	0,13	0,08	
Acenaphthen	mg/kg	0,09	0,05	0,08	0,02	0,13	
Fluoren	mg/kg	0,15	0,08	0,17	0,03	0,17	
Phenanthren	mg/kg	1,6	0,59	1,6	0,41	1,4	
Anthracen	mg/kg	0,53	0,1	0,27	0,15	0,3	
Pyren	mg/kg	1,3	0,42	0,9	0,53	1,1	
Benz(a)anthracen/Chrysen	mg/kg	2,3	0,39	0,76	0,6	1,3	
Benz(ghi)perylene	mg/kg	0,28	0,07	0,13	0,14	0,26	
<b>DK MST PAH 7</b>	mg/kg	<b>11</b>	3,0	<b>6,4</b>	3,7	<b>8,3</b>	4
PCB 28	mg/kg	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	
PCB 52	mg/kg	0,005	0,005	0,005	0,006	0,005	
PCB 101	mg/kg	0,005	0,005	0,005	0,035	0,005	
PCB 118	mg/kg	0,005	0,005	0,005	0,026	0,005	
PCB 138	mg/kg	0,005	0,005	0,005	0,041	0,005	
PCB 153	mg/kg	0,005	0,005	0,005	0,03	0,005	
PCB 180	mg/kg	0,005	0,005	0,005	0,04	0,005	
PCB7	mg/kg	-	-	-	0,18	-	

Rød skrift: Under detektionsgrænsen for analysemetoden (rapporteringsgrænsen vist).

Fed skrift og gul markering: Overskrider grænseværdien for Jordkvalitetskriterierne (JKK).

**Tabel 5.8 Resultater af batchudvaskningstests på sporbare prøver af knust beton og knust tegl.**

Stof	Enhed	Beton	Beton	Beton	Beton	Tegl	Kategori 1+2
		A	A	A	B	A	
		Prøve 41	Prøve 42	Prøve 43	Prøve 45	Prøve 44	
pH	-	12,4	12,5	12,4	11,9	11,4	
Cond.	mS/m	706	706	710	195	146	
Al	mg/kg	0,90	0,86	0,96	3,6	0,48	
As	mg/kg	0,0010	0,0012	0,0011	0,0022	0,0024	0,016
<b>Ba</b>	mg/kg	<b>1,3</b>	<b>1,5</b>	<b>1,3</b>	0,10	<b>0,060</b>	0,60
Ca	mg/kg	1200	1240	1240	280	300	
Cd	mg/kg	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,08
Co	mg/kg	0,0080	0,0102	0,0086	0,0028	0,0032	

Stof	Enhed	Beton	Beton	Beton	Beton	Tegl	Kategori 1+2
		A	A	A	B	A	
		Prøve 41	Prøve 42	Prøve 43	Prøve 45	Prøve 44	
Cr	mg/kg	0,030	0,030	0,028	0,13	0,10	0,020
Cu	mg/kg	0,032	0,028	0,028	0,068	0,040	0,090
Hg	mg/kg	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
K	mg/kg	128	124	140	56	70	
Mn	mg/kg	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,30
Mo	mg/kg	0,0062	0,0064	0,0058	0,014	0,022	
Na	mg/kg	124	126	150	90	170	200
Ni	mg/kg	0,011	0,010	0,011	0,012	0,011	0,02
Pb	mg/kg	0,0046	0,28	0,0052	0,0012	0,00040	0,02
Sb	mg/kg	0,0004	0,0004	0,0004	0,00078	0,0012	
Se	mg/kg	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,02
Si	mg/kg	0,60	0,60	0,58	9,4	62	
Sn	mg/kg	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	
V	mg/kg	0,001	0,001	0,001	0,0044	0,12	
Zn	mg/kg	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,20
Fluorid	mg/kg	2	3	2	0,28	0,5	
Klorid	mg/kg	64	76	68	48	360	300
Sulfat	mg/kg	20	20	20	42	340	500
DOC	mg/kg	34	40	36	12	12	
B	mg/kg	2	3	2	0,28	0,5	
Br	mg/kg	64	76	68	48	360	
Nitrat-N	mg/kg	20	20	20	42	340	
Nitrit-N	mg/kg	34	40	36	12	12	

Rød skrift: Under detektionsgrænsen for analysemetoden (rapporteringsgrænsen vist).

Fed skrift og gul markering: Overskrider grænseværdien for Kategori 1+2 i Restproduktbekendtgørelsen.

Hvis der sammenlignes med udvaskningsgrænseværdier for Kategori 1+2 i Restproduktbekendtgørelsen og Jordkvalitetskriterier for faststofindhold af organiske stoffer, er der således ingen af fem prøver (hvoraf de tre, 41, 42 og 43 i princippet skulle være meget ens), som ikke overskrider et eller flere grænseværdier. Overskridelserne er især konsistente for udvaskning af Cr og indhold af C6-C35. Den sporadiske forurening af den ene af de tre "ens" betonprøver med Pb, slår kraftigt igennem, selv hvis resultatet midles med de to andre "delprøver".

En sammenligning med udvaskningsdataene i afsnit 4.3.1 synes at vise, at det generelle forureningsniveau af prøverne af knust beton fra de to nedrivninger A og B er lidt lavere og omfatter færre stoffer end fundet for datasættet for de 50 ikke-sporbare prøver af knust beton. Det ses samtidig, at miljøkortlægning og efterfølgende miljøsanering ikke har sikret, at de resulterende produkter kan overholde Kategori 1+2-grænseværdierne for stofudvaskning i Restproduktbekendtgørelsen for alle de regulerede stoffer. Noget tilsvarende gælder for faststofindholdet af organiske stoffer. Dette er ikke overraskende, da det fremgår, at de belastende stoffer især er Ba og Cr (udvaskning) og kulbrinter (faststofindhold). Disse stoffer indgår som beskrevet i afsnit 5.2.2 blandt andet som en integreret del af selve betonen, hvorfor det samlede indhold af stofferne ikke kan fjernes ved en afrensning. Det vurderes, at kulbrinterne i betonprøverne bl.a. kan stamme fra tilsætningsstoffer til beton og fra formolier

# 6. Indhold og vurdering af organiske tilsætningsstoffer til beton

## 6.1 Oversigt

Der blev indledningsvis opstillet en liste over de væsentligste tilsætningsmidler til beton, som burde vurderes nærmere med henblik på at fastlægge risikoen for forekomst i og udvaskning fra knust beton (og tegl), som materialenytiggøres til bygge- og anlægsformål. Dette er sket med udgangspunkt i anbefalingerne i Miljøprojekt nr. 1806/2015 og Teknologisk Instituts generelle kendskab til betonbranchen.

Listen bestod af følgende stoffer<sup>7</sup>:

Lignosulfonater	CAS nr.: 8062-15-5
Sulfonerede naftalenforbindelser (Blancol)	CAS nr.: 9084-06-4
Kolofonium (Vinsol-resin)	CAS-nr.: 8050-09-7
Thiocyanater	CAS nr.: 540-72-7
Akryl- og polyakrylforbindelser	CAS nr.: 70879-60-6
Sulfonerede melamin-formaldehydkondensater	CAS nr.: 64787-97-9

For alle disse stoffer gælder det, at de sælges i tekniske formuleringer med specifikke praktiske egenskaber for øje. Der er ikke tale om specifikke enkeltstoffer, men om blandinger af en lang række beslægtede stoffer med forskellige molekylestørrelser, varierende antal funktionelle grupper og forskellig grad af polymerisation. Disse forhold gælder både for produkterne, når de sælges og i endnu højere grad efter de er blevet anvendt, med de ændringer af stofferne det medfører. Det betyder, at størrelser som opløselighed, nedbrydelighed, toksicitet m.v. kun lader sig beskrive generelt og må forventes at kunne variere fra produkt til produkt.

På grundlag af informationer fra betonindustrien (Deutsche Bauchemie, 2011) blev ovenstående liste suppleret med følgende isothiazolinoner, der anvendes som konserveringsmidler i tilsætningsmidler (og derfor ikke blev observeret i første omgang):

Methylisothiazolinon (MIT)	CAS nr.: 2634-33-5
Methylchlorothiazolinon (MCIT)	CAS nr.: 2682-20-4
Benzisothiazolinon (BIT)	CAS nr. 26172-55-4

Isothiazolinonerne anvendes dels enkeltvis, dels i forskellige indbyrdes blandingsforhold under en række handelsnavne

Fem udvalgte prøver af knust beton og knust tegl og beton er blevet analyseret for indhold af isothiazolinoner (se afsnit 4.2.2), men det har ikke været muligt at finde et laboratorium, som kunne gennemføre screeningsanalyser for de øvrige stoffer på nogle af de indsamlede prøver af knust beton samt knust beton og tegl. I stedet er der gennemført en litteraturbaseret

<sup>7</sup> Beton- og teglprøverne er som beskrevet i kapitlerne 3 og 4 blevet analyseret og testet for indhold og udvaskning af de organiske stofgrupper kulbrinter, PAH og PCB, hvor i hvert fald kulbrinter kan stamme fra tilsætningsmidler i betonen. Da indhold og udvaskning af disse stoffer således er belyst, er de ikke medtaget i dette kapitel.

vurdering af den potentielle risiko for miljøet og menneskers helbred, som anvendelsen af disse stoffer kan tænkes at udgøre i forbindelse med materialenytiggørelse af knust beton og tegl. I den forbindelse er der fra Arbejdstilsynet modtaget oplysninger fra Produktregisteret om de anvendte mængder af stofferne. I det følgende ses en gennemgang af relevante, umiddelbart tilgængelige oplysninger om de enkelte stofgrupper.

## 6.2 Lignosulfonater. CAS nr.: 8062-15-5

Lignosulfonater er salte af lignosulfonsyre, der dannes ud fra lignin ved fremstilling af træpulp ved sulfitmetoden. Sammensætningen varierer afhængigt af den anvendte træart. Lignosulfonater forhandles i form af et brunt, amorf, lugtløst pulver, der danner kolloide opløsninger eller dispersioner med vand. Lignosulfonater er ikke opløselige i organiske opløsningsmidler.

### Anvendelse

Lignosulfonater anvendes i vidt omfang som vandreducerende superplastificeringsmidler og som luftindblandende tilsætningsstoffer. Der anvendes mængder på op til 1 vægt % af den mineralske binder svarende til koncentrationer op til ca. 1000 mg/kg beton. Lignosulfonater anvendes derudover bl.a. ved støvbinding på grusveje i mængder på op til mellem 250 og 500 g/m<sup>2</sup>. (Gebhart et al, 1996; Alzubaidi, 1999, Theilby, 2005), i foderpiller til kvæg (Alzubaidi, 1999) og som chelatorer for jern, kobber og zink ved gødskning (Chen, 1996).

### Forbrug

Lignosulfonater anvendes kun i ringe omfang til støvbinding i Danmark (Theilby, 2005), mens forbruget i Sverige i 1995 blev opgjort til ca. 15.000 ton pr år (Alzubaidi, 1999).

Det samlede årlige forbrug i Danmark er ifølge Produktregisteret mindre end et ton. Heraf anvendes ca. 0,5 kg på en sådan måde, at det vurderes, at der er risiko for, at det vil kunne genfindes i nedknust beton. Ved den angivne brugskoncentration, svarer det til mindre end et ton beton årligt.

### Påvirkning af miljøet

Stapanian og Shea (1986) finder, at påvirkninger med op til 15 kg calciumlignosulphonater per kvadratmeter ikke har negativ indflydelse på plantevæksten. I gennemgangen af lignosulfonaternes påvirkning af miljøet konkluderer Alzubaidi (1999) på baggrund af litteraturstudier (herunder Stapanian og Shea (1986)) at der ikke er nogen negative påvirkninger af plantevækst i de mængder, der benyttes ved direkte udvanding på veje. Den typiske udvaskningstid i Sverige lader til at være ca. 6 måneder. Tilstedeværelsen af ler mindsker udvaskningshastigheden betragteligt (Oskarsson, 2007).

Ved anvendelse i foder i landbruget blev det fundet, at brug af lignosulphonater i koncentrationer på op til 10.000 mg/kg er sikkert for kyllinger, læggeheøner, svin og slagtekvæg (EFSA, 2015).

Den akutte og kroniske giftighed over for vandlevende organismer er lav. Roald (1977a) anfører således, en akut LC<sub>50</sub>-værdi over 48 timer på 7.300 mg/liter for små regnbueørreder (*Salmo gairdneri*). I forhold til kroniske påvirkninger anfører Roald (1977b), at der ikke ses reduktion i væksten af ørredernes vækst ved koncentrationer op til 160 mg/l over 60 dage.

### **6.3 Sulfonerede naftalenforbindelser (Blanco). CAS nr.: 9084-06-4**

#### **Anvendelse**

Sulfonerede naftalenforbindelser, SN, og deres sulfonerede naftalenformaldehydkondensater, SNFK, anvendes bredt i beton som retarderende, superplastificerende og luftindblandende stoffer (Kjær, 1982; Herholdt et al., 1985). SN anvendes i koncentrationer på mellem 0,1 og 1 % w/w af cementindholdet (Mena Chemicals Industries Co. Ltd). Det svarer i store træk til koncentrationer i beton på mellem 100 og 1000 mg/kg.

#### **Forbrug**

På verdensplan anvendes omkring 150.000 tons/år i byggebranchen. En tilsvarende mængde anvendes i tekstilindustrien (Ruckstuhl 2001). Det årlige forbrug i Danmark er ifølge Produktregisteret ca. 200 tons, heraf angives ca. 8 tons at blive anvendt på en sådan måde, at det vurderes, at der er en risiko for at det genfindes i nedknust beton.

Ved brugskoncentrationer en koncentration på 0,1 % w/w, svarer det danske forbrug til, at SN anvendes i ca. 8.000 ton beton årligt.

#### **Påvirkning af miljøet**

Der er kun lidt viden om SNFKs virkninger på miljøet. Stofferne er let opløselige i vand. De har lave  $K_{ow}$ -værdier,  $< -1$ , de udskilles hurtigt med urinen (Ruckstuhl, 2001), og bioakkumulerer derfor næppe. De er meget mobile i akvatiske systemer. De tilbageholdes kun i ringe grad i rensningsanlæg (Alonso et al. 2005), hvilket forklarer, at SNFKs er påvist i overfladevand i koncentrationer på op til ca. 3,5 mg/l. Sulfonerede naftalenforbindelser med kædelængder på mere end 4 enheder bindes kraftigt til cement og jord og udvaskes derfor kun i ringe grad. Kortkædede molekyler udvaskes i nogen grad. SNFKs er ikke let nedbrydelige. Hovedparten nedbrydes grundvandet, men ca. 20 % nedbrydes ikke.

Ruckstuhl (2001) anfører en oral  $LC_{50}$ -koncentration for teknisk SNFK over for rotter på mere end 5000 mg/kg og overfor regnbueørreder på mellem 100 og 500 mg/l.

Lokalt må det formodes, at der kan forekomme høje koncentrationer af SNFKs ved udlægning af knust beton direkte i grundvandszonen eller i direkte kontakt med åbent vand. Ruckstuhl (2001) anfører, at SNFK på grund af sin amfifile natur med både hydrofile og hydrofobe grupper kan tænkes at kunne medvirke til at frigøre stoffer i vandmiljøet, der ellers var inaktiveret på grund af udfældning.

### **6.4 Kolofonium (Vinsol-resin) CAS-nr: 8050-09-7**

Kolofonium udvindes af harpiks fra nåletræer (Pinaceae) og består af de tilbageværende harpikssyrer efter harpiksolien er bort-destilleret. Kolofonium sælges bl.a. under varemærket Vinsolresin, et varemærke under Pinova Inc. i USA (Pinova Inc.2010). Harpikssyrerne i kolofonium adskiller sig ikke kemisk fra de naturligt forekommende.

#### **Anvendelse**

Produktet anvendes i beton som plastificerende og luftindblandende stof. Derudover anvendes det bl.a. i fødevarer (Fiebach, 2005), maling, lak, kosmetik, tyggegummi og papir (<http://eksem.astma-allergi.dk/kontaktteksem/allergisk-kontaktalergi/konserveringsmidler/andrekonserveringsmidler/kolofonium>). Det anvendes i beton i koncentrationer på 10 – 100 gram per ton.

## Forbrug

Det samlede forbrug af kolofonium i Danmark er ifølge Produktregisteret ca. 75 ton. Heraf anvendes knap 5 ton på en sådan måde, at det vurderes, at der er en risiko for at genfinde det i nedknust beton.

## Påvirkning af miljøet

Vinsol-resin er ikke, som ellers oplyst i (AVJ, 2004), optaget på listen over farlige stoffer. Det kan give anledning til kontakteksem (Fiebach, 2005). Det bindes løst i beton. Andersson og Strömvall (2001) finder i en undersøgelse, at enkeltstoffer fra harpiks-baserede produkter som kolofonium vaskes ud fra betonen med hastigheder på ca. 10 % af det tilbageværende materiale pr halvår. Kolofonium er let nedbrydeligt i vand og har LC<sub>50</sub>-værdier på henholdsvis 1,7, 1,6 og 16,6 mg/l for hhv. fisk, krebsdyr og alger (<https://echa.europa.eu/da/brief-profile/-/briefprofile/100.029.518>).

## 6.5 Thiocyanater. CAS nr.: 540-72-7

Uorganiske thiocyanater eller rhodanider, der er salte af thiocyanisyre, H-S-C ≡ N, har været anvendt som acceleratore i beton i Danmark (AVJ, 2004).

### Anvendelse

I Storbritannien har thiocyanater været anvendt siden halvfjerdserne (CAA, 2006). Natriumthiocyanat har i mange lande erstattet calciumklorid som accelerator (van Hoek, 2006). Typisk anvendes thiocyanater i koncentrationer på op til 2,8 % W/W af cementindholdet i betonen, omtrent svarende til mellem 5 og 15 kg pr ton beton (BASF, 2007).

## Forbrug

Det samlede forbrug af thiocyanater i Danmark er ifølge Produktregisteret ca. 2,5 ton. Heraf anvendes knap 100 kg på en sådan måde, at det vurderes, at der er risiko for at genfinde det i nedknust beton.

## Påvirkning af miljøet

Thiocyanater nedbrydes helt i vandmiljøet (<https://echa.europa.eu/da/brief-profile/-/briefprofile/100.007.960>) og der er dermed ikke risiko for opkoncentrering i miljøet.

En svensk undersøgelse har vist, at thiocyanater udvaskes fra beton efter afbinding (Andersson og Strömvall, 2001) med en hastighed svarende til ca. 6 % af den tilsatte mængde det første år for derefter at aftage gradvist. Undersøgelsen konkluderer, at udvaskningen risikerer at medføre skader på specielt fisk. Der er set dødelige skader på fiskeæg ned til koncentrationer på 1,3 mg thiocyanat pr liter vand. ECHA (<https://echa.europa.eu/da/brief-profile/-/briefprofile/100.007.960>) angiver LC<sub>50</sub>-værdier over 48 timer på 90 og 3,56 og mg/l på for hhv. fisk og invertebrater.

## 6.6 Akryl- og polyakrylforbindelser. CAS nr.: 70879-60-6 og 9003-05-8

Akrylforbindelser er salte og estere af akrylsyre, typisk som oligo- og polymerer. Akrylforbindelserne er generelt meget reaktive, og en del polymeriserer spontant (Matyjaszewski og Davis, 2002).

### Anvendelse

Akrylater anvendes som klæbeforbedrende stoffer i beton (Herholdt et al., 1985). Akrylater i form af polyacrylamid anvendes inden for en lang række områder, fra adsorptionsmateriale i engangsbleer over erosionssikring af jord (Wisconsin Department of Transportation, 2001), til

filtrering af frugtsaft og klaring af fødemidler (Yannai, 2005). Der er ikke fundet nærmere oplysninger om hvilke produkter, der er anvendt, eller om den langvarige stabilitet i nedknust beton.

#### **Forbrug**

Det samlede forbrug af Akryl- og polyakrylforbindelser i Danmark er ifølge Produktregisteret ca. 200 kg. Heraf anvendes knap 1 kg på en sådan måde, at det vurderes, at der er en risiko for at genfinde det i nedknust beton.

#### **Påvirkning af miljøet**

Akrylater i form af acrylamid har været anvendt ved tætning af entreprenørarbejder under grundvandsspejlet (Ingeniøren, 2001), med stærk forurening af grund- og overfladevand til følge, da acrylamid som monomer er stærkt vandopløseligt, giftigt og kræftfremkaldende, hvilket ikke er tilfældet for polyacrylamid (Yannai, 2005).

Der er ikke fundet informationer, der indikerer toksiske egenskaber for polyacrylamider på [http://www.pesticideinfo.org/Detail\\_Chemical.jsp?Rec\\_Id=PC34014](http://www.pesticideinfo.org/Detail_Chemical.jsp?Rec_Id=PC34014).

## **6.7 Sulfonerede melamin-formaldehydkondensater. CAS nr.: 64787-97-9**

#### **Anvendelse**

Sulfonerede melamin-formaldehydkondensater, SMFK, anvendes bredt i beton som retarde-rende, superplastificerende og luftindblandende stoffer (Kjær, 1982, Herholdt et al., 1985).

#### **Forbrug**

Det samlede forbrug af Sulfonerede melamin-formaldehydkondensater i Danmark er ifølge Produktregisteret ca. 12 ton. Heraf anvendes ca. 8 ton på en sådan måde, at det vurderes, at der er en risiko for at genfinde det i nedknust beton. SMFK anvendes i brugskoncentrationer på 0,2 – 1,5 kr/ton færdig beton, svarende til forekomst i op til 40.000 ton beton årligt.

#### **Påvirkning af miljøet**

Ved laboratorieundersøgelser af udsivningen af organiske tilsætningsstoffer fra injektionsmørtel fandt Yamamoto et al. (2008) et indhold af organisk kulstof, TOC, på mellem 10 og 15 mg/l. Stofferne stammede primært fra de anvendte plastificeringsmidler, herunder SMFK. Der blev kun konstateret forekomst af mono- og dimerer af de anvendte superplastificerende stoffer. Savage og Benbow (2007) anfører, at koncentrationen af de plastificerende stoffer i porevand omkring beton vil ligge på ca.  $10^{-5}$  M. Det har ikke været muligt, at finde toksikologiske data for SMFK.

Lokalt må det formodes, at der kan forekomme høje koncentrationer af SMFKs ved udlægning af knust beton direkte i grundvandszonen eller i direkte kontakt med åbent vand. Det anbefales på den baggrund, at der gennemføres tiltag til belysning af SMFKs virkninger i miljøet.

Isothiazolinoner. CAS nr.: 2634-33-5, 2682-20-4, 26172-55-4

Isothiazolinoner er en gruppe konserveringsmidler, primært bestående af stofferne 1,2-benzisothiazol-3(2H)-on, 2-methyl-3-isothiazolon, 5-chlor-2-methyl-3-isothiazolon, der anvendes enkeltvis eller i blandinger.

#### **Anvendelse**

Isothiazolinoner har på grund af deres store giftighed og brede spektrum fundet udbredt anvendelse til bekæmpelse af bakterier og svampe i en lang række produkter fra kosmetik over maling til tilsætningsstoffer til beton. Herudover anvendes det i stedet for tributyltin, TBT, i bundmalinger til skibe. Isothiazolinoner kan findes i færdig beton i koncentrationer på et par milligram pr kg (Deutsche Bauchemie, 2011).



## Forbrug

Det samlede forbrug af isothiazolinoner i Danmark er ifølge Produktregisteret mellem 50 og 100 tons. Heraf anvendes mindre end et kg i produkter, der anvendes i produktionen af beton.

## Påvirkning af miljøet

Akut er isothiazolinoner overordentligt giftige overfor vandlevende organismer med LC<sub>50</sub>-værdier over for alger ned til 21 µg/l for enkeltstoffer og ned til 3 µg/l for blandinger solgt under handelsnavnet Kathon. Der vides ikke noget om kroniske effekter (Miljøstyrelsen, 2006b). Kombinationen af høje vandopløseligheder og lave Kow-værdier giver grund til at antage, at isothiazolinoner er meget mobile i jord. Omvendt betyder det, at der næppe er risiko for bioakkumulation.

## 6.8 Vurdering af potentiel miljørisiko

I Tabel 6.1 er der for de syv stofgrupper foretaget en opsummering af de koncentrationsniveauer, i hvilke de anvendes i beton, de totale årlige forbrug og den mængde heraf, som kan medføre, at de vil kunne forekomme i knust beton. Desuden er foretaget en beregning den samlede mængde beton, som med de angivne forbrug vil kunne forekomme med de angivne koncentrationsniveauer af stofferne. Vurderet alene på baggrund af de lave registrerede forbrug af de syv stofgrupper, synes den nuværende brug af tilsætningsstoffer i beton overordnet set ikke umiddelbart at udgøre en væsentlig eller omfattende risiko for miljøet, når betonen nedknauses og anvendes.

**Tabel 6.1 Sammenstilling af det samlede forbrug og brug i relation til beton af organiske stoffer, der anvendes i beton.**

Stof	Koncentrationer i beton (kg/ton beton)	Årligt forbrug i DK	Heraf i anvendelser, der kan medføre forekomst i knust beton	Samlet mængde beton ved de angivne brugskoncentrationer af det pågældende stof (tons/år)
Lignosulfonater	1 – 10	Ca. 1000 kg	0,5 kg	< 1
Sulfonerede naftalenforbindelser (Blanco)	0,1 – 1	Ca. 200 tons	8 tons	8.000 - 80.000
Kolofonium (Vinsol-resin)	0,5 - 1	75 tons	5 tons	5.000 – 10.000
Thiocyanater	5 - 15	2,5 tons	100 kg	< 1
Akryl- og polyakrylforbindelser	0,2 – 1,5	200 kg	< 1 kg	< 10
Sulfonerede melamin-formaldehydkondensater	0,2 – 1,5	12 tons	8 tons	5.000 - 40.000
Isothiazolinoner	0,001	50 - 100 tons	0,5 kg	500

I en egentlig vurdering af den potentielle miljørisiko bør de enkelte stofgruppers økotoksicitet også inddrages mere specifikt. De mængdemæssige betragtninger er derfor i det følgende på trods af det mangelfulde kendskab til stoffernes faktiske tilstedeværelse i og udvaskning fra knust beton suppleret med nogle primitive "worst case"-estimer af den nødvendige attenuering<sup>8</sup> af det perkolat, som under en række forudsætninger kan fremkomme fra et anvendelses-scenarie for knust beton med indhold af organiske stoffer svarende til de i Tabel 6.1 angivne. Da der ikke findes vandkvalitetskriterier for de i Tabel 6.1 viste stoffer/stofgrupper, er disse

<sup>8</sup> Den nødvendige attenuering betegner her det antal gange, som koncentrationsniveauet i perkolatet under transporten fra anvendesscenariet gennem jord, grundvand og eventuelt overfladevand til receptoren skal reduceres for at overholde PNEC-værdien i nedstrøms grundvand eller overfladevand (receptoren). Attenueringen forårsages af bl.a. af sorption, kemisk og biologisk nedbrydning, hydrodynamisk dispersion (fortynding) og fordampning.

estimeret som tilgængelige PNEC<sup>9</sup>-værdier for stofferne, og hvor sådanne ikke har kunnet findes, som LC<sub>50</sub> – værdier divideret med 1.000 (EU, 2003), se Tabel 6.2.

Antages det, at hele indholdet af organiske stoffer svarende til de i Tabel 6.1 angivne koncentrationer i et 0,5 m tykt lag knust beton med en massefylde på 1,7 tons/m<sup>3</sup> udvaskes ligeligt over en periode på 15 år ved en nettoinfiltration af nedbør på 70 mm pr år, betyder det, at de estimerede krav til attenuering af stofkoncentrationerne i det dannede perkolat, som er vist i Tabel 6.2, skal opnås under transporten til receptoren, såfremt de beregnede PNEC-værdier i nedstrøms grundvand eller overfladevand ikke skal overskrides.

Resultaterne af "worst case"-scenarieregningerne i Tabel 6.2 indikerer, at de viste stoffer i perkolatet fra anvendelsen af knust beton under de beskrevne forudsætninger og antagelser skal attenueres mellem ca. 1.100 og 3,4 millioner gange for at sikre, at de estimerede PNEC-værdier i receptoren ikke overskrides. For akryl- og polyakrylforbindelser og sulfonerede melamin-formaldehydkondensater kunne der ikke foretages estimerer af den nødvendige attenuering, da der ikke kunne findes nogen PNEC-værdier.

Det kan bemærkes, at den estimerede nødvendige attenuering er ligefrem proportional med lagtykkelsen i anvendelsesscenarioet og omvendt proportional med den årlige nettoinfiltration og det antal år, som den gennemsnitlige årlige udvaskning er baseret på. Det må understreges, at estimererne af de nødvendige attenueringer er behæftet med meget store usikkerheder som følge af de formentlig meget konservative antagelser og det begrænsede datagrundlag. Den aktuelle nødvendige attenuering for et stof i et givet anvendelsesscenario afhænger blandt andet af udvaskningen (fluxen) af stoffet fra den knuste beton, gennemsvivningen/infiltration af nedbør/vand og tykkelsen af det anvendte lag af knust beton, og den faktiske attenuering af stoffet i et givet anvendelsesscenario afhænger blandt andet af stoffets sorptionsegenskaber, tykkelsen af den umættede zone under den knuste beton og hastigheden af det underliggende grundvand.

**Tabel 6.2 Beregning af perkolatkoncentrationer under udlagt nedknust beton og nødvendig attenuering for at overholde den laveste beregnede koncentration, hvor der ikke er negative effekter for vandlevende organismer, PNEC.**

Stof	Koncentrationer i beton (mg/kg beton)	Beregnet koncentration i perkolat (mg/l)	PNEC (mg/l)	Estimering af PNEC	Krav til attenuering
Lignosulfonater	1.000 – 10.000	810 – 8.095	7,3	Beregnet i henhold til EU (2003) ud fra LC <sub>50</sub> (48) for regnbueørreder på 7.300 mg/l, Roald (1977a)	111 – 1.110
Sulfonerede naftalenforbindelser (Blancol)	100 – 1.000	81 - 810	0,1	Beregnet i henhold til EU (2003) ud fra LC <sub>50</sub> for regnbueørreder, Ruckstuhl (2001)	810 – 8.100
Kolofonium (Vinsol-resin)	500 – 1.000	8 - 80	0,0016	<a href="https://echa.europa.eu/da/brief-profile/-/briefprofile/100.029.518">https://echa.europa.eu/da/brief-profile/-/briefprofile/100.029.518</a>	50.600 – 506.000
Thiocyanater	5.000 – 15.000	4.048 – 12.143	0,0036	<a href="https://echa.europa.eu/da/brief-profile/-/briefprofile/100.007.960">https://echa.europa.eu/da/brief-profile/-/briefprofile/100.007.960</a>	1.124.444 - 3.373.056

<sup>9</sup> PNEC: Predicted No Effect Concentration. Den højeste koncentration, der skønnes ikke at have negative effekter på miljøet.

Stof	Koncentrationer i beton (mg/kg beton)	Beregnet koncentration i perkolat (mg/l)	PNEC (mg/l)	Estimering af PNEC	Krav til attenuering
Akryl- og polyakrylforbindelser	200 – 1.500	-	-	Ingen data	-
Sulfonerede melaminformaldehydkondensater	200 – 1.500	-	-	Ingen data	-
Methylchloroisothiazolinon	1	0,810	$2 \times 10^{-5}$	Beregnet i henhold til EU (2003) ud fra LC <sub>50</sub> værdi på 21 µg/l for alger (Miljøstyrelsen, 2006b)	40.500

De estimerede nødvendige attenueringer kan umiddelbart virke meget store, men hvis de som eksempel kombineres med informationerne i Tabel 6.1 om de samlede mængder af tilsætningsstofferne, som kan være anvendt i beton, og en antagelse af, at de anvendte mængder fuldt fordeler sig på halvdelen af de 1.7 millioner tons knust beton og tegl, som produceredes i 2015, dvs. 850.000 tons knust beton, kan beregningerne af de nødvendige attenueringer gentages. Af Tabel 6.3 fremgår det, at de nødvendige attenueringer under disse forudsætninger er reduceret til mellem < 1 og ca. 3000.

**Tabel 6.3 Estimering af nødvendige attenueringer under antagelse af, at hele den årligt anvendte mængde af de organiske tilsætningsstoffer anvendes fuldt opblandet i en årlig produktion af knust beton på 850.000 tons. Estimaterne er baseret på det ovenfor beskrevne "worst case"- scenarie.**

Stof	Fra Tabel 6.2: Krav til attenuering	Fra Tabel 6.1: Samlet mængde beton ved de angivne brugskoncentrationer af det pågældende stof (tons/år)	Krav til attenuering ved fuld opblanding af de årlige, potentielt anvendte organiske tilsætningsmidler i 850.000 tons knust beton/år
Lignosulfonater	1.110– 11.100	0,05 – 0,5	<< 1
Sulfonerede naftalenforbindelser (Blancol)	8.100 – 81.000	8.000 – 80.000	760
Kolofonium (Vinsol-resin)	50.600 – 506.000	5.000 – 10.000	3000
Thiocyanater	1.124.444 - 3.373.056	7 – 20	30
Akryl- og polyakrylforbindelser	-	0,7 - 5	-
Sulfonerede melaminformaldehydkondensater	-	5.300 - 40.000	-
Isouthiazolinoner	40.500	500	24

Med de indbyggede begrænsninger i de anvendte metoder og de gjorte forudsætninger og antagelser kan de nødvendige attenueringer for de organiske tilsætningsmidler således skønnes at ligge mellem de forholdsvis høje værdier vist i Tabel 6.2, hvor der tages udgangspunkt i de umiddelbart tilgængelige oplysninger om anvendte koncentrationer af produkterne i beton, og de noget lavere værdier i Tabel 6.3, hvor det antages, at de oplyste anvendte mængder af produkterne fordeles jævnt over en større delmængde af den årlige produktion af knust beton (halvdelen af den ifølge ADS producerede mængde knust beton og tegl i 2015).

Det må understreges, at både data og forudsætninger for de viste beregninger er usikre og giver anledning til meget store usikkerheder for de fundne resultater. Det må anbefales, at der tages skridt til at forbedre grundlaget, både hvad angår mængder og stofdata/stofegenskaber

# 7. Referencer

ADS (2017): Miljøstyrelsens AffaldsDataSystem. <https://www.ads.mst.dk/>. Tilgået primo juni 2017.

Alonso, M.C., Li. Tirapu, A. Ginebreda, D. Barcelo (2005): Monitoring and toxicity of sulfonated derivatives of benzene and naphthalene in municipal sewage treatment plants. *Environmental Pollution*. 137:2.

Alzubaidi, H. (1999): Miljøeffekter av dammbindning av grusvägar. VTI notat 18-1999. Väg- och transport-forskningsinstitutet.

Andersson, Å. C., A-M. Strömvall (2001): Leaching of Concrete Admixtures Containing Thiocyanate and Resin Acids. *Environmental Science and Technology*, 35, 788-793.

AVJ (2001): Amternes Videncenter for Jordforurening - Håndbog om undersøgelser af chlorerede stoffer i jord og grundvand, nr. 5, 2001.  
<http://www.jordforurening.info/filer/udgivelser/rapporter/16/undersoeg-chlor.pdf>

BASF (2011): Canadisk produktdatablad for GLENIUM 7500. Revision date: 2011/01/31 Version: 1.1.

Butera, S. (2015): Environmental Impacts Assessment of Recycling of Construction and Demolition Waste. Ph.D. Thesis, Department of Environmental Engineering, DTU Technical University of Denmark, Lyngby. March 2015.

CAA, Cement Admixtures Association. Admixture Sheet – ATS 4. Accelerating admixtures (2006): [www.admixtures.org.uk](http://www.admixtures.org.uk).

Chen, Y. (1996): Organic Matter Reactions Involving Micronutrients in Soils and their Effect on Plants. In: Piccolo, Alessandro, ed. *Humic Substances in Terrestrial Ecosystems*.

Deutsche Bauchemie (2011): Concrete admixtures and the environment. State-of-the-art report. 5th Edition, May 2011. Frankfurt, Germany.

EFSA (2015): Scientific Opinion on the safety and efficacy of lignosulphonate as a feed additive for all animal species. *EFSA Journal* 2015;13(7):4160.

EU (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) 1488/94 on Risk Assessment for Existing Substances and Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council Concerning the Placing of Biocidal Products on the Market. Part I. 2nd ed. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities: European Commission, Joint Research Centre, European Chemicals Bureau, Institute for Health and Consumer Protection; 2003.

Gebhart, D., L., T. A. Hale, K. Michaels-Busch (1996): Dust Control Material Performance on Unsurfaced Roadways and Tank Trails. USAE-USACERL Technical Report.

Herholdt, Aa, D., C. F. P. Justesen, P. Nepper-Christensen, A. Nielsen, (1985): *Betonbogen*, 2 udgave. Aal-borg Portland.

Hjelmar, O. (1990): Leachate from land disposal of coal fly ash. *Waste Management & Research*, 8, 429-449.

Ingeniøren (2001): Tunnelbyggeri ender i miljø-mareridt. <http://ing.dk/artikel/42231-tunnelbyggeri-ender-i-miljoe-mareridt?highlight=AT>.

Kjær, U., (1982): Tilsætningsstoffer til beton. Beton- og Konstruktionsinstituttet.

Matyjaszewski, K., Davis, T.P. (2002): *Handbook of Radical Polymerization*. Wiley Interscience.

Mena Chemicals Industries Co. Ltd. Sulphonated Naphthalene Formaldehyde Liquid. Uden år. <http://www.menachemicals.com/uploads/Sulphonated%20Naphthalene%20Formaldehyde%20Liquid.pdf>

Miljøstyrelsen (2006a): Kortlægning af forurenede stoffer i bygge- og anlægsaffald. Miljøprojekt nr. 1083. Miljøstyrelsen, Miljøministeriet.

Miljøstyrelsen (2006b): Survey of liquid hand soaps, including health and environmental assessments Sur-vey of Chemical Substances in Consumer Products, No. 69.

Miljøstyrelsen (2014a): Danmark uden affald. Ressourceplan for affaldshåndtering 2013 – 2018, Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 4, 2014.

Miljøstyrelsen (2014b): Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord og kvalitetskriterier for drikke-vand. Opdateret maj 2014. Miljøstyrelsen, Miljøministeriet.

Miljøstyrelsen (2015): Forurenende stoffer i beton og tegl. Miljøprojekt nr. 1806, Miljø- og Fødevareministeriet.

Oscarsson, K. (2007): Dust suppressants for Nordic gravel roads. Licentiate Thesis in Highway Engineering, KTH, Stockholm, Sweden.

Pinova Inc. (2010): Vinsol Resin. Product Data Sheet.

Regeringen (2011): Handlingsplan for håndtering af PCB i bygninger – Indeklima, arbejdsmiljø og affald.

Roald, S. O. (1977a): Acute Toxicity of Lignosulphonates on Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). *Bulletin of Environmental Contamination & Toxicology*. 17:6.

Roald, S. O. (1977b): Effects of sublethal concentrations of lignosulphonates on growth, intestinal flora and some digestive enzymes of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture* 12:4.

Ruckstuhl, S. (2001): Environmental Exposure Assessment of Sulfonated Naphthalene Formaldehyde Condensates and Sulfonated Naphthalenes Applied as Concrete Superplasticizers - PhD Swiss Federal Institute of Technology. Diss. ETH No. 14477.

Savage, D., Benbow, S. (2007): Low pH Concrete. SKI Report 2007:32. Swedish Nuclear Power Inspectorate.

Stapanian, M.A. Shea, D. W. (1986): Lignosulfonates. Effects on plant growth and survival and migration through the soil profile. *International Journal of Environmental Studies*, 27:45-56.

Theilby, F. (2005): Afrapportering af projektet "Litteraturstudier over forskellige typer grusvejsbelægninger". Center for Skov, Landskab og Planlægning. KVL.

van Hoek, T. H. J. (2006): Thiocyanates, Inorganic, Phosphoric Acid and Phosphates. In: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. DOI: 10.1002/14356007.a26 759

Wisconsin Department of Transportation (2001): Polyacrylamide as a Soil Stabilizer for Erosion Control. Report No. WI 06-98.

Yamamoto, T., Nishida, t., Hironaga, M., Suzuki, S., Ueda, H. (2008): Release of Superplasticizers and Other Organic Additives from Altered Cement. Nuclear Waste Management Organization of Japan (NUMO).

Yannai, S. ed. (2004): Dictionary of Food Compounds, Additives, Flavors, and Ingredients. Chapman & Hall/CRC.





## Bilag 1. Oversigt over prøver af knust beton, knust tegl og knust beton og tegl udtaget og undersøgt i dette projekt (2016/2017)

Prøve nr.	Type af prøve	Type	Prv/Kom	Geografi	Prøvetagning	Årstal
1	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	KBH	Grab og skovl, 30 delprøver, ældre del	2016
2	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	KBH	Grab og skovl, 32 delprøver, yngre del	2016
4	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	KBH	Grab og skovl, 48 delprøver	2016
7	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	KBH	Grab og skovl, 50 prøver	2016
8	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	KBH	Skovl, 50 prøver, fra samme dag	2016
11	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	SJ	Grab og skovl, 50 prøver, SV hjørne	2016
12	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	SJ	Grab og skovl, 50 prøver, NV hjørne og N side	2016
13	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	SJ	Grab og skovl, 50 prøver, Ø side	2016
15	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	FY	Skovl, 50 prøver	2016
16	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	JY	Skovl, 50 prøver, direkte i spand	2016
20	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	JY	Skovl, 50 prøver, fra de seneste 2 uger	2016
21	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	JY	Skovl, 50 prøver	2016
22	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	JY	Skovl, 50 prøver	2016
23	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	JY	Skovl, 50 prøver	2016
26	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	JY	Skovl, direkte i spand, nedknust i maj 2016	2016
27	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	JY	Skovl, direkte i spand, nedknust i maj 2016	2016
28	Knust beton, 0/ca. 400 mm	Beton	Prv	SJ	Skovl, 50 prøver, 4-5 cm på pladsen, 1. halvdel	2016
29	Knust beton, 0/ca. 400 mm	Beton	Prv	SJ	Skovl, 50 prøver, 4-5 cm på pladsen, 2. halvdel	2016
30	Knust beton, 0/ca. 80 mm	Beton	Prv	SJ	Skovl, 50 prøver, hele vejen rundt	2016
31	Knust beton, 0/ca. 80 mm	Beton	Prv	SJ	Skovl, 50 prøver fra front, 1. halvdel	2016
32	Knust beton, 0/ca. 80 mm	Beton	Prv	SJ	Skovl, 50 prøver fra front, 2. halvdel	2016
33	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Kom	JY	Grab, ca. 14 bunker, 30 prøver med skovl	2017
34	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Kom	JY	Skovl, 50 prøver til longpile, udtagning herfra	2017
35	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	JY	Ca. 14 bunker med grab, 55 prøver med skovl	2017
38	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Kom	SJ	50 prøver med skovl, fortrinsvis fra nyeste	2017
39	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Kom	SJ	50 prøver med skovl, fortrinsvis fra ældste	2017
40	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Kom	SJ	5 delprøver udgravet fra nyeste "gavl", tør	2017
41	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	KBH	Grab og skovl, 16 x 2 prøver, longpile 1	2017
42	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	KBH	Grab og skovl, 16 x 2 prøver, longpile 2	2017
43	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	KBH	Grab og skovl, 16 x 2 prøver, longpile 3	2017
45	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	FY	Skovl, 55 prøver hele vejen rundt + top	2017
36	Knust tegl, 0/32 mm	Tegl	Kom	JY	5 bunker udgravet med grab, 1 prøve fra hver	2017
37	Knust tegl, 0/32 mm	Tegl	Kom	JY	5 bunker udgravet med grab, 1 prøve fra hver	2017
44	Knust tegl, 0/32 mm	Tegl	Prv	KBH	Grab og skovl, 13 x 2 prøver, longpile	2017
3	Knust beton og tegl, 0/32 mm	Beton&Tegl	Prv	KBH	Grab og skovl, 32 delprøver	2016
5	Knust beton og tegl, 0/80 mm	Beton&Tegl	Prv	KBH	Grab og skovl, 50 prøver	2016
9	Knust beton og tegl, 0/80 mm	Beton&Tegl	Prv	KBH	Skovl, 50 prøver, ældre del, > 6 mdr	2016
14	Knust beton og tegl, 0/32 mm	Beton&Tegl	Prv	FY	Skovl, 50 prøver	2016
17	Knust beton og tegl, 0/32 mm	Beton&Tegl	Prv	JY	Skovl, 50 prøver	2016
18	Knust beton og tegl, 0/32 mm	Beton&Tegl	Prv	JY	Skovl, 50 prøver, fra de seneste 2 uger	2016
24	Knust beton og tegl, 0/32 mm	Beton&Tegl	Prv	JY	Skovl, 50 prøver	2016

## Bilag 2. Oversigt over prøver af knust beton og knust beton og tegl udtaget og undersøgt i DTU-projektet (2011/2012)

Prøve nr.	Type af prøve	Type	Prv/Kom	Geografi	Kommentar	Årstal
DTU1	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	KBH	Skovl, ≈10-20 delprøver	2011
DTU2	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	KBH	Skovl, ≈10-20 delprøver	2011
DTU3	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	KBH	Skovl, ≈10-20 delprøver	2011
DTU4	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	KBH	Skovl, ≈10-20 delprøver	2011
DTU5	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	KBH	Skovl, ≈10-20 delprøver	2011
DTU6	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	KBH	Skovl, ≈10-20 delprøver	2011
DTU7	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	SJ	Skovl, ≈10-20 delprøver	2011
DTU8	Knust beton, 0/32 mm. Overskud fra byggeplads	Beton	Prv	SJ	Skovl, ≈10-20 delprøver	2012
DTU14	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	SJ	Skovl, ≈10-20 delprøver	2012
DTU15	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	SJ	Skovl, ≈10-20 delprøver	2012
DTU16	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	SJ	Skovl, ≈10-20 delprøver	2012
DTU17	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	SJ	Skovl, ≈10-20 delprøver	2012
DTU21	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	FY	Skovl, ≈10-20 delprøver	2012
DTU26	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	JY	Skovl, ≈10-20 delprøver	2012
DTU27	Knust beton, 0/32 mm	Beton	Prv	JY	Skovl, ≈10-20 delprøver	2012
DTU28	Nystøbt beton	Beton	Prv	JY	1 betonerne, manuelt nedknust	2012
DTU29	Nystøbt beton	Beton	Prv	SJ	1 betonerne, manuelt nedknust	2012
DTU30	Nystøbt beton	Beton	Prv	SJ	1 betonerne, manuelt nedknust	2012
DTU31	Nystøbt beton	Beton	Prv	BH	1 betonerne, manuelt nedknust	2012
DTU9	Knust beton og tegl, 0/32 mm. Blandet med jord og mørtel	Beton&Tegl	Kom	SJ	Skovl, ≈10-20 delprøver	2011
DTU10	Knust beton og tegl, 0/32 mm. Blandet med jord og mørtel	Beton&Tegl	Kom	SJ	Skovl, ≈10-20 delprøver	2011
DTU11	Knust beton og tegl, 0/32 mm. Blandet med jord og mørtel	Beton&Tegl	Kom	SJ	Skovl, ≈10-20 delprøver	2011
DTU12	Knust beton og tegl, 0/32 mm. Blandet med jord og mørtel	Beton&Tegl	Kom	SJ	Skovl, ≈10-20 delprøver	2011
DTU13	Knust beton og tegl, 0/32 mm. Blandet med jord og mørtel	Beton&Tegl	Kom	SJ	Skovl, ≈10-20 delprøver	2011
DTU18	Knust beton og tegl, 0/32 mm.	Beton&Tegl	Prv	FY	Skovl, ≈10-20 delprøver	2012
DTU19	Knust beton og tegl, 0/32 mm. Blandet med jord	Beton&Tegl	Prv	FY	Skovl, ≈10-20 delprøver	2012
DTU20	Knust beton og tegl, 0/32 mm. Blandet med jord	Beton&Tegl	Prv	FY	Skovl, ≈10-20 delprøver	2012
DTU22	Knust beton og tegl, 0/32 mm. Blandet med jord	Beton&Tegl	Prv	FY	Skovl, ≈10-20 delprøver	2012
DTU23	Knust beton og tegl, 0/32 mm. Blandet med jord	Beton&Tegl	Prv	FY	Skovl, ≈10-20 delprøver	2012
DTU24	Knust beton og tegl, 0/32 mm. Blandet med jord	Beton&Tegl	Prv	JY	Skovl, ≈10-20 delprøver	2012
DTU25	Knust beton og tegl, 0/32 mm. Blandet med jord	Beton&Tegl	Prv	JY	Skovl, ≈10-20 delprøver	2012

### Bilag 3. Oversigt over analyseprogram for bestemmelse af stofindhold i prøver af knust beton, knust tegl og knust beton og tegl udtaget og undersøgt i dette projekt (2016/2017)

Prøve nr.	Type af prøve	Prv/Kom	Geo-grafi	Årstal	Indhold (DS259)	Indhold total	Indhold org. stoffer	Isothiazolinoner
1	Knust beton, 0/32 mm	Prv	KBH	2016	1		1	
2	Knust beton, 0/32 mm	Prv	KBH	2016	2	2	2	2
4	Knust beton, 0/32 mm	Prv	KBH	2016	4		4	
7	Knust beton, 0/32 mm	Prv	KBH	2016	7		7	
8	Knust beton, 0/32 mm	Prv	KBH	2016	8		8	8
11	Knust beton, 0/32 mm	Prv	SJ	2016	11		11	
12	Knust beton, 0/32 mm	Prv	SJ	2016	12		12	
13	Knust beton, 0/32 mm	Prv	SJ	2016	13		13	
15	Knust beton, 0/32 mm	Prv	FY	2016	15		15	
16	Knust beton, 0/32 mm	Prv	JY	2016	16		16	
20	Knust beton, 0/32 mm	Prv	JY	2016	20		20	
21	Knust beton, 0/32 mm	Prv	JY	2016	21		21	
22	Knust beton, 0/32 mm	Prv	JY	2016	22		22	
23	Knust beton, 0/32 mm	Prv	JY	2016	23	23	23	
26	Knust beton, 0/32 mm	Prv	JY	2016	26		26	
27	Knust beton, 0/32 mm	Prv	JY	2016	27		27	
28	Knust beton, 0/ca. 400 mm	Prv	SJ	2016	28		28	28
29	Knust beton, 0/ca. 400 mm	Prv	SJ	2016	29		29	
30	Knust beton, 0/ca. 80 mm	Prv	SJ	2016	30		30	
31	Knust beton, 0/ca. 80 mm	Prv	SJ	2016	31		31	
32	Knust beton, 0/ca. 80 mm	Prv	SJ	2016	32		32	
33	Knust beton, 0/32 mm	Kom	JY	2017	33		33	
34	Knust beton, 0/32 mm	Kom	JY	2017	34		34	
35	Knust beton, 0/32 mm	Prv	JY	2017	35	35	35	35
38	Knust beton, 0/32 mm	Kom	SJ	2017	38		38	
39	Knust beton, 0/32 mm	Kom	SJ	2017	39		39	
40	Knust beton, 0/32 mm	Kom	SJ	2017	40		40	
41	Knust beton, 0/32 mm	Prv	KBH	2017	41		41	
42	Knust beton, 0/32 mm	Prv	KBH	2017	42		42	
43	Knust beton, 0/32 mm	Prv	KBH	2017	43		43	
45	Knust beton, 0/32 mm	Prv	FY	2017	45		45	
36	Knust tegl, 0/32 mm	Kom	SJ	2017	36		36	
37	Knust tegl, 0/32 mm	Kom	SJ	2017	37		37	
44	Knust tegl, 0/32 mm	Prv	KBH	2017	44		44	
3	Knust beton og tegl, 0/32 mm	Prv	KBH	2016	3	3	3	
5	Knust beton og tegl, 0/80 mm	Prv	KBH	2016	5		5	
9	Knust beton og tegl, 0/80 mm	Prv	KBH	2016	9		9	
14	Knust beton og tegl, 0/32 mm	Prv	FY	2016	14		14	
17	Knust beton og tegl, 0/32 mm	Prv	JY	2016	17		17	
18	Knust beton og tegl, 0/32 mm	Prv	JY	2016	18	18	18	18
24	Knust beton og tegl, 0/32 mm	Prv	JY	2016	24		24	

## Bilag 4. Resultat af analyser for indhold af uorganiske stoffer og TOC (prøver fra 2016/2017)

### Oplukning efter DS 259

DS 259 oplukning			As	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	V	Zn	TOC
Prøve nr.	Type	Årstal	mg/kg TS														
1	Beton	2016	6,5	70	0,5	12	42	0,042	230	1	8,2	7,7	2,5	0,15	17	47	3500
2	Beton	2016	6,5	99	0,5	14	38	0,044	310	1	10	24	2,5	0,66	23	58	2000
4	Beton	2016	6,5	95	0,5	14	24	0,044	200	1	10	7,8	2,5	0,3	22	55	2400
7	Beton	2016	6,5	82	0,5	16	21	0,035	230	1	8,7	7,3	2,5	0,14	20	65	2300
8	Beton	2016	6,5	120	0,5	14	27	0,032	250	1	11	12	2,5	0,34	24	57	2700
11	Beton	2016	6,5	54	0,5	11	12	0,03	260	1	6,7	8,6	2,5	0,15	12	31	3100
12	Beton	2016	6,5	47	0,5	8,4	12	0,03	240	1	5,7	7,7	2,5	0,14	12	28	4800
13	Beton	2016	6,5	48	0,5	8,7	10	0,03	250	1	6,1	6,4	2,5	0,13	13	28	3000
15	Beton	2016	6,5	66	0,5	13	13	0,03	340	1	8,7	5,7	2,5	0,15	16	36	2000
16	Beton	2016	6,5	79	0,5	12	17	0,03	280	1	9,2	8,1	2,5	0,15	21	46	4000
20	Beton	2016	6,5	69	0,5	10	12	0,03	320	1	8,1	5	2,5	0,15	16	40	2800
21	Beton	2016	6,5	100	0,5	11	27	0,03	190	1	9,7	5	2,5	0,15	19	56	2000
22	Beton	2016	6,5	100	0,5	11	22	0,03	140	1,1	8,4	5	2,5	0,15	20	50	2000
23	Beton	2016	6,5	91	0,5	10	16	0,03	320	1	9,1	9,4	2,5	0,13	22	49	2000
26	Beton	2016	6,5	85	0,5	9,3	21	0,03	130	1	8,2	5,1	2,5	0,28	19	45	2300
27	Beton	2016	6,5	96	0,5	10	23	0,03	180	1	9,7	5,3	2,5	0,13	22	48	2000
28	Beton	2016	6,5	120	0,5	12	29	0,03	190	1	13	5,6	2,5	0,33	34	62	2000
29	Beton	2016	6,5	110	0,5	11	46	0,044	230	2,6	13	5,6	2,5	0,12	29	68	2000
30	Beton	2016	6,5	120	0,25	10	31	0,03	200	0,62	12	6,1	2,5	0,1	33	63	2000
31	Beton	2016	6,5	99	0,5	13	23	0,033	230	1	11	5,6	2,5	0,14	29	50	2000
32	Beton	2016	6,5	100	0,5	11	23	0,034	220	1	11	5,7	2,5	0,25	29	54	2000
33	Beton	2017	6,5	71	0,5	11	15	0,03	230	1	7,3	20	2,5	0,2	16	45	2000
34	Beton	2017	6,5	80	0,5	17	25	0,03	240	0,6	9,4	7,9	2,5	0,2	18	46	2000
35	Beton	2017	6,5	65	0,5	14	19	0,041	300	1	7,8	6,6	2,5	0,2	17	43	7400
38	Beton	2017	6,5	65	0,5	15	16	0,035	250	1	8,5	9,1	2,5	0,2	17	49	2000
39	Beton	2017	6,5	63	0,5	12	14	0,03	230	1	8,1	6,2	2,5	0,2	17	38	2700
40	Beton	2017	6,5	69	0,5	14	17	0,03	260	1	8,3	7	2,5	0,2	18	42	2100
41	Beton	2017	6,5	53	0,5	18	13	0,03	240	1	14	6,4	2,5	0,15	16	66	6400
42	Beton	2017	6,5	50	0,5	11	10	0,03	250	1	7,2	170	2,5	0,15	14	36	2000
43	Beton	2017	6,5	50	0,5	14	12	0,03	270	1	8,1	5,1	2,5	0,15	15	50	2000
45	Beton	2017	6,5	52	0,5	13	20	0,03	680	1	9,2	7,4	2,5	0,15	14	79	2400
36	Tegl	2017	6,5	50	0,5	9,4	14	0,19	180	1	6,7	27	2,5	0,14	15	35	2000
37	Tegl	2017	6,5	48	0,5	9	20	0,03	190	1	6,1	7,4	2,5	0,2	15	42	2000
44	Tegl	2017	6,5	47	0,5	11	8	0,03	170	1	6	22	2,5	0,2	17	45	2100
3	Beton&Tegl	2016	6,5	100	0,5	16	17	0,1	330	1	9,2	33	2,5	0,16	20	100	6500
5	Beton&Tegl	2016	6,5	78	0,5	15	13	0,34	310	1	9,8	28	2,5	0,15	20	120	4100
9	Beton&Tegl	2016	6,5	96	0,5	12	19	0,03	220	1	7,8	6,5	2,5	0,13	17	54	2000
14	Beton&Tegl	2016	6,5	100	0,5	17	14	0,03	550	1	11	15	2,5	0,12	23	76	3500
17	Beton&Tegl	2016	6,5	98	0,5	13	16	0,03	730	1	10	26	2,5	0,14	21	70	2500
18	Beton&Tegl	2016	6,5	2700	0,5	12	17	0,035	420	1	12	15	2,5	0,14	18	62	3900
24	Beton&Tegl	2016	6,5	120	0,5	24	28	0,055	380	1	13	34	2,5	0,13	34	100	6400

Røde tal angiver rapporteringsgrænsen for resultater mindre end denne

## Oplukning efter EN 13656

EN 13656	Prøve nr.	2	23	35		3	18
	Type	Beton	Beton	Beton		Beton&Tegl	Beton&Tegl
Årstal		2016	2016	2017		2016	2016
Al	mg/kg TS	34000	33000	27000		38000	29000
As	mg/kg TS	5,1	7,2	5		6,1	8,8
Ba	mg/kg TS	410	400	320		470	7200
Ca	mg/kg TS	120000	94000	72000		120000	75000
Cd	mg/kg TS	0,4	0,4	0,4		0,5	0,41
Cr-tot	mg/kg TS	110	110	31		46	120
Cr-VI	mg/kg TS	1	1			0,5	
Cu	mg/kg TS	43	30	25		32	32
Fe	mg/kg TS	16000	17000	12000		19000	18000
Hg	mg/kg TS	0,089	0,5	0,061		0,19	0,068
K	mg/kg TS	15000	13000	11000		16000	12000
Mg	mg/kg TS	4700	4800	3100		6200	3800
Mn	mg/kg TS	410	660	410		700	670
Mo	mg/kg TS	5,3	5,9	2		2	5,7
Na	mg/kg TS	8700	7700	6900		6500	5300
Ni	mg/kg TS	20	23	14		22	24
P	mg/kg TS	640	570	400		600	410
Pb	mg/kg TS	30	35	20		63	120
S	mg/kg TS	2400	2600	1600		2600	4100
Sb	mg/kg TS	5	5	5		5	5
Se	mg/kg TS	0,8	0,14	0,15		0,16	0,14
Sr	mg/kg TS	390	330	250		360	450
Ti	mg/kg TS	1600	1600	1200		2000	2000
V	mg/kg TS	47	52	32		58	50
Zn	mg/kg TS	110	98	73		200	130

## Bilag 5. Resultat af analyser for indhold af uorganiske stoffer og TOC (prøver fra 2011/2012)

### Oplukning efter EN 13656

EN 13656			Al	As	Ba	Ca	Cd	Cl-tot	Co
Prøve nr.	Type	Årstal	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
DTU1	Beton	2011	38708	2,94	369	74047	0,19	160	5,31
DTU2	Beton	2011	34047	3,01	364	63214	0,24	172	4,38
DTU3	Beton	2011	34042	2,44	286	69936	0,21	159	5,31
DTU4	Beton	2011	31683	2,11	297	75282	0,21	187	3,47
DTU5	Beton	2011	42508	2,57	439	76403	0,23	156	5,46
DTU6	Beton	2011	39512	3,59	371	101062	0,19	189	4,65
DTU7	Beton	2011	44923	3,30	508	70357	0,19	103	4,90
DTU8	Beton	2012	46816	3,93	585	89716	0,24	111	5,92
DTU14	Beton	2012	48558	2,62	401	93385	0,14	113	4,98
DTU15	Beton	2012	49914	2,62	395	90872	0,17	91	4,69
DTU16	Beton	2012	51178	3,92	444	109511	0,37	68	5,81
DTU17	Beton	2012	45161	2,73	369	98420	0,16	102	4,64
DTU21	Beton	2012	41794	2,96	447	99777	0,19	257	5,31
DTU26	Beton	2012	30343	3,88	312	74386	0,15	203	4,71
DTU27	Beton	2012	32680	3,87	316	69919	0,15	199	5,12
DTU28	Nystøbt beton	2012	58239	3,24	334	63431	0,25	36	3,15
DTU29	Nystøbt beton	2012	52739	3,55	532	106950	0,24	80	6,70
DTU30	Nystøbt beton	2012	54861	3,98	540	115285	0,28	73	6,61
DTU31	Nystøbt beton	2012	48334	4,06	587	86633	0,29	24	7,69
DTU9	Beton&Tegl	2011	45861	2,98	491	78256	0,24	134	5,98
DTU10	Beton&Tegl	2011	45410	3,58	444	94238	0,28	170	5,22
DTU11	Beton&Tegl	2011	36508	2,44	369	91356	0,19	337	5,18
DTU12	Beton&Tegl	2011	44462	3,52	453	104394	0,21	185	5,58
DTU13	Beton&Tegl	2011	40027	3,54	413	101795	0,24	95	7,05
DTU18	Beton&Tegl	2012	42679	3,94	392	100746	0,25	179	8,44
DTU19	Beton&Tegl	2012	43837	3,99	395	91959	0,24	159	9,24
DTU20	Beton&Tegl	2012	37944	3,97	387	108350	0,19	408	6,36
DTU22	Beton&Tegl	2012	42382	4,51	402	80034	0,21	159	8,28
DTU23	Beton&Tegl	2012	35736	3,02	378	95934	0,17	90	5,61
DTU24	Beton&Tegl	2012	24814	4,93	243	46439	0,14	123	4,25
DTU25	Beton&Tegl	2012	25704	4,82	241	45505	0,12	133	4,25

## Oplukning efter EN 13656

EN 13656			Cr	Cu	Fe	Hg	K	Li	Mg
Prøve nr.	Type	Årstal	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
DTU1	Beton	2011	30,61	15,44	13569	-	13391	10,68	4255
DTU2	Beton	2011	21,44	17,26	11179	-	13937	10,62	3303
DTU3	Beton	2011	21,00	17,45	12235	-	12626	9,53	4019
DTU4	Beton	2011	15,45	12,58	8789	-	13156	8,69	2503
DTU5	Beton	2011	23,38	14,91	14291	-	15794	10,47	4282
DTU6	Beton	2011	19,34	13,99	11797	-	14620	10,87	3630
DTU7	Beton	2011	16,84	14,88	14599	-	14584	14,81	3509
DTU8	Beton	2012	19,79	17,63	16540	-	16452	15,79	4313
DTU14	Beton	2012	14,72	12,73	13560	-	21374	17,82	3176
DTU15	Beton	2012	17,09	12,91	11705	-	20808	19,59	3522
DTU16	Beton	2012	17,16	17,97	11790	-	21512	19,96	2887
DTU17	Beton	2012	17,60	14,01	11285	-	18727	16,50	3504
DTU21	Beton	2012	20,58	18,87	11938	-	14856	9,91	3459
DTU26	Beton	2012	19,67	14,41	11561	-	10797	10,91	2986
DTU27	Beton	2012	20,95	14,26	11553	-	11674	11,58	3322
DTU28	Nystøbt beton	2012	10,29	15,90	10236	-	28064	12,63	1806
DTU29	Nystøbt beton	2012	16,19	36,63	16675	-	21117	12,56	4515
DTU30	Nystøbt beton	2012	17,72	29,55	17035	-	21008	12,96	4622
DTU31	Nystøbt beton	2012	9,88	40,91	26737	-	21177	14,42	3798
DTU9	Beton&Tegl	2011	26,45	13,25	13245	-	16609	15,71	4746
DTU10	Beton&Tegl	2011	26,30	15,33	12534	-	16388	15,42	3999
DTU11	Beton&Tegl	2011	24,52	10,42	11466	-	13627	7,14	3248
DTU12	Beton&Tegl	2011	25,14	17,75	12662	-	15780	11,14	3721
DTU13	Beton&Tegl	2011	28,97	20,58	13732	-	14983	14,91	4144
DTU18	Beton&Tegl	2012	64,24	30,12	14489	-	14184	16,20	4698
DTU19	Beton&Tegl	2012	38,63	21,72	14714	-	13952	17,89	4530
DTU20	Beton&Tegl	2012	28,58	18,39	13851	-	13126	10,00	4047
DTU22	Beton&Tegl	2012	32,08	18,08	14082	-	14386	14,19	4012
DTU23	Beton&Tegl	2012	23,97	16,00	11246	-	13746	10,56	3517
DTU24	Beton&Tegl	2012	15,40	15,50	9674	-	9036	8,94	2075
DTU25	Beton&Tegl	2012	18,31	19,71	9950	-	9395	9,01	2320

## Oplukning efter EN 13656

EN 13656			Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb
Prøve nr.	Type	Årstal	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
DTU1	Beton	2011	295	0,81	11167	14,56	622	15,67	0,76
DTU2	Beton	2011	248	0,76	9586	12,86	648	16,93	0,39
DTU3	Beton	2011	269	0,70	9418	13,36	281	18,63	0,61
DTU4	Beton	2011	211	0,66	8523	9,97	350	15,85	0,34
DTU5	Beton	2011	344	0,73	12864	14,03	433	14,73	0,39
DTU6	Beton	2011	306	0,79	10973	13,48	393	14,69	0,46
DTU7	Beton	2011	285	0,90	12553	12,42	648	16,20	0,54
DTU8	Beton	2012	329	1,00	11868	13,59	599	14,62	0,67
DTU14	Beton	2012	376	0,60	13198	10,99	345	18,70	0,35
DTU15	Beton	2012	324	0,69	13673	11,48	315	18,61	0,42
DTU16	Beton	2012	331	0,85	13920	13,15	479	24,02	0,66
DTU17	Beton	2012	320	0,58	12139	11,09	329	20,95	0,34
DTU21	Beton	2012	380	0,62	11376	11,49	428	15,95	0,22
DTU26	Beton	2012	345	0,82	6540	10,83	344	8,67	0,41
DTU27	Beton	2012	370	0,89	7158	11,57	347	10,84	0,46
DTU28	Nystøbt beton	2012	184	0,91	16190	8,93	298	30,13	0,51
DTU29	Nystøbt beton	2012	386	0,81	14562	12,33	691	15,74	1,05
DTU30	Nystøbt beton	2012	397	0,67	15211	12,64	648	14,84	0,86
DTU31	Nystøbt beton	2012	528	0,93	12802	8,76	1157	17,12	1,41
DTU9	Beton&Tegl	2011	352	0,55	12540	20,24	357	67,33	0,39
DTU10	Beton&Tegl	2011	395	0,63	11297	12,72	397	55,04	0,39
DTU11	Beton&Tegl	2011	333	0,99	9724	11,53	370	14,67	0,22
DTU12	Beton&Tegl	2011	358	0,72	11225	13,87	390	43,60	0,37
DTU13	Beton&Tegl	2011	480	0,69	10477	20,24	553	131,55	0,48
DTU18	Beton&Tegl	2012	445	0,98	7515	19,50	375	211,45	0,96
DTU19	Beton&Tegl	2012	587	0,67	7562	20,81	346	106,50	0,53
DTU20	Beton&Tegl	2012	596	1,13	9717	17,24	920	13,93	0,29
DTU22	Beton&Tegl	2012	466	0,77	9673	15,71	415	24,68	1,26
DTU23	Beton&Tegl	2012	446	0,58	7805	14,98	527	14,89	0,26
DTU24	Beton&Tegl	2012	230	1,05	5544	8,62	272	8,49	0,51
DTU25	Beton&Tegl	2012	205	1,50	5721	9,12	248	9,73	0,60



## Oplukning efter EN 13656

EN 13656			Se	Si	SO <sub>4</sub>	Sr	TOC	V	Zn
Prøve nr.	Type	Årstal	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
DTU1	Beton	2011	7	248187	5006	272	3500	34,35	56,13
DTU2	Beton	2011	7	285401	4264	220	4845	25,15	40,98
DTU3	Beton	2011	7	262329	3248	234	2390	33,39	38,44
DTU4	Beton	2011	7	262226	4961	240	4030	18,76	38,41
DTU5	Beton	2011	7	255108	5322	267	2035	33,54	57,35
DTU6	Beton	2011	7	268427	5462	290	3630	29,69	47,60
DTU7	Beton	2011	7	258376	7434	287	2020	34,45	52,14
DTU8	Beton	2012	7	255038	5288	317	2020	36,83	63,58
DTU14	Beton	2012	7	262329	4242	257	1885	21,65	59,73
DTU15	Beton	2012	7	262226	4336	262	1995	23,41	66,29
DTU16	Beton	2012	7	255108	5845	304	2900	27,46	164,21
DTU17	Beton	2012	7	268427	4656	254	2615	23,30	58,86
DTU21	Beton	2012	7	259738	4079	268	3125	27,90	48,84
DTU26	Beton	2012	7	295666	7483	248	1530	27,33	44,44
DTU27	Beton	2012	7	283427	7842	244	1980	27,30	44,84
DTU28	Nystøbt beton	2012	7	267876	6112	265	1860	22,04	51,69
DTU29	Nystøbt beton	2012	7	243499	6354	351	4930	44,55	66,05
DTU30	Nystøbt beton	2012	7	237665	7181	383	4135	44,43	79,23
DTU31	Nystøbt beton	2012	7	267746	7385	292	1645	33,75	109,56
DTU9	Beton&Tegl	2011	7	254226	13344	278	2290	30,33	65,09
DTU10	Beton&Tegl	2011	7	254141	4472	287	2520	31,10	76,60
DTU11	Beton&Tegl	2011	7	281760	3745	247	1320	28,38	42,51
DTU12	Beton&Tegl	2011	7	258293	4957	285	3350	31,24	84,42
DTU13	Beton&Tegl	2011	7	248187	4521	274	3235	37,28	120,84
DTU18	Beton&Tegl	2012	7	258376	4682	232	4265	37,38	93,61
DTU19	Beton&Tegl	2012	7	266271	4656	231	2590	39,65	145,05
DTU20	Beton&Tegl	2012	7	268314	4596	286	3940	33,71	48,68
DTU22	Beton&Tegl	2012	7	270927	4544	224	3855	35,21	83,15
DTU23	Beton&Tegl	2012	7	279253	6694	241	5525	26,64	66,48
DTU24	Beton&Tegl	2012	7	322835	3370	200	2720	24,41	37,69
DTU25	Beton&Tegl	2012	7	317838	3635	192	2135	24,08	44,29

Røde tal angiver rapporteringsgrænsen for resultater mindre end denne

## Bilag 6. Resultat af analyser for indhold af organiske stoffer (prøver fra 2016/2017)

Prøve nr.	Type	Årstal	mg/kg TS				
			C6-C10	C10-C15	C15-C20	C20-C35	ΣC6-C35
1	Beton	2016	2,5	5	5	26	27
2	Beton	2016	2,5	5	5	44	46
4	Beton	2016	2,5	5	5	23	24
7	Beton	2016	2,5	5	5	95	97
8	Beton	2016	2,5	5	5	34	36
11	Beton	2016	2,5	5	5	17	18
12	Beton	2016	2,5	5	5	56	57
13	Beton	2016	2,5	5	5	33	34
15	Beton	2016	2,5	5	5	10	12
16	Beton	2016	2,5	5	5	19	20
20	Beton	2016	2,5	5	5	84	86
21	Beton	2016	2,5	5	5	8	9
22	Beton	2016	2,5	5	5	5	5
23	Beton	2016	2,5	5	5	13	14
26	Beton	2016	2,5	5	5	70	73
27	Beton	2016	2,5	5	5	61	62
28	Beton	2016	2,5	5	5	9	10
29	Beton	2016	2,5	5	5	37	40
30	Beton	2016	2,5	5	5	5	6
31	Beton	2016	2,5	5	5	9	9
32	Beton	2016	2,5	5	5	15	16
33	Beton	2017	2,5	5	5	5	5
34	Beton	2017	2,5	5	5	11	11
35	Beton	2017	2,5	5	9	47	57
38	Beton	2017	2,5	5	5	17	18
39	Beton	2017	2,5	5	5	28	32
40	Beton	2017	2,5	5	7	73	81
41	Beton	2017	2,5	5	12	140	150
42	Beton	2017	2,5	5	8	110	110
43	Beton	2017	2,5	5	15	170	180
45	Beton	2017	2,5	5	5	55	57
36	Tegl	2017	2,5	5	5	24	28
37	Tegl	2017	2,5	5	12	19	34
44	Tegl	2017	2,5	5	8	100	110
3	Beton&Tegl	2016	2,5	5	5	63	67
5	Beton&Tegl	2016	2,5	5	5	84	88
9	Beton&Tegl	2016	2,5	5	5	46	49
14	Beton&Tegl	2016	2,5	5	5	32	33
17	Beton&Tegl	2016	2,5	5	5	9	10
18	Beton&Tegl	2016	2,5	5	5	87	96
24	Beton&Tegl	2016	2,5	5	5	130	130

Røde tal angiver rapporteringsgrænsen for resultater mindre end denne

Prøve nr.	Type	Årstal	Benz(a)pyren	Dibenz(a,h)anthracen	Indeno(1,2,3-c)pyren	Benz(b)k)flouranthren	Flouranthren	Naphtalen	Acenaphthylene	Acenaphthen	Fluorene	Phenanthrene	Anthracene	Pyrene	Benz(a)anthracen/Chrysen	Benzo(g,h,i)perylene	MST PAH7
			mg/kg TS														
1	Beton	2016	0,05	0,01	0,03	0,09	0,12	0,01	0,01	0,01	0,01	0,07	0,02	0,1	0,11	0,03	0,66
2	Beton	2016	0,06	0,01	0,04	0,11	0,17	0,04	0,01	0,03	0,02	0,15	0,03	0,15	0,12	0,05	0,98
4	Beton	2016	0,02	0,01	0,02	0,04	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,04	0,04	0,02	0,3
7	Beton	2016	0,09	0,02	0,06	0,16	0,14	0,02	0,02	0,01	0,01	0,09	0,04	0,13	0,15	0,06	0,99
8	Beton	2016	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
11	Beton	2016	0,03	0,01	0,01	0,05	0,09	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,02	0,07	0,06	0,01	0,4
12	Beton	2016	0,04	0,01	0,02	0,07	0,2	0,01	0,01	0,02	0,01	0,12	0,04	0,15	0,11	0,02	0,8
13	Beton	2016	0,04	0,01	0,03	0,09	0,16	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06	0,03	0,13	0,12	0,03	0,71
15	Beton	2016	0,29	0,05	0,2	0,5	1	0,35	0,12	0,04	0,13	1	0,32	0,84	0,62	0,24	5,8
16	Beton	2016	0,07	0,01	0,04	0,14	0,26	0,05	0,02	0,02	0,02	0,26	0,08	0,2	0,18	0,04	1,4
20	Beton	2016	0,06	0,01	0,04	0,09	0,14	0,03	0,02	0,01	0,02	0,1	0,05	0,11	0,12	0,05	0,84
21	Beton	2016	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,11
22	Beton	2016	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1
23	Beton	2016	0,09	0,01	0,06	0,16	0,26	0,01	0,03	0,01	0,01	0,15	0,05	0,23	0,17	0,07	1,3
26	Beton	2016	0,2	0,04	0,11	0,36	0,58	0,02	0,09	0,02	0,05	0,48	0,19	0,48	0,45	0,13	3,2
27	Beton	2016	0,03	0,01	0,02	0,06	0,09	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,02	0,08	0,07	0,03	0,47
28	Beton	2016	0,03	0,01	0,03	0,05	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,14	0,02	0,07	0,07	0,04	0,21
29	Beton	2016	0,02	0,01	0,01	0,05	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,04	0,02	0,26
30	Beton	2016	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
31	Beton	2016	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
32	Beton	2016	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
33	Beton	2017	0,04	0,01	0,03	0,06	0,06	0,01	0,02	0,01	0,01	0,04	0,02	0,05	0,06	0,04	0,2
34	Beton	2017	0,13	0,03	0,12	0,2	0,39	0,01	0,03	0,01	0,02	0,22	0,13	0,33	0,36	0,15	0,87
35	Beton	2017	0,05	0,01	0,04	0,08	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06	0,03	0,08	0,1	0,05	0,28
38	Beton	2017	0,23	0,05	0,2	0,36	0,72	0,01	0,08	0,01	0,06	0,61	0,31	0,57	0,27	0,23	1,6
39	Beton	2017	0,05	0,01	0,04	0,08	0,13	0,01	0,01	0,01	0,01	0,07	0,02	0,1	0,06	0,05	0,31
40	Beton	2017	0,07	0,02	0,06	0,12	0,19	0,01	0,02	0,01	0,02	0,15	0,03	0,14	0,08	0,06	0,45
41	Beton	2017	0,72	0,15	0,3	1,5	1,8	0,03	0,03	0,09	0,15	1,6	0,53	1,3	2,3	0,28	11
42	Beton	2017	0,14	0,02	0,07	0,27	0,64	0,03	0,07	0,05	0,08	0,59	0,1	0,42	0,39	0,07	3
43	Beton	2017	0,29	0,04	0,13	0,6	1,3	0,03	0,12	0,08	0,17	1,6	0,27	0,9	0,76	0,13	6,4
45	Beton	2017	0,26	0,05	0,14	0,51	0,67	0,02	0,13	0,02	0,03	0,41	0,15	0,53	0,6	0,14	3,7
36	Tegl	2017	0,21	0,05	0,18	0,34	0,56	0,04	0,06	0,02	0,02	0,26	0,11	0,43	0,52	0,2	1,3
37	Tegl	2017	0,15	0,02	0,08	0,25	0,44	0,03	0,05	0,01	0,04	0,31	0,09	0,34	0,3	0,09	0,93
44	Tegl	2017	0,51	0,1	0,26	1,1	1,6	0,03	0,08	0,13	0,17	1,4	0,3	1,1	1,3	0,26	8,3
3	Beton&Tegl	2016	0,4	0,07	0,23	0,73	1,3	0,14	0,06	0,15	0,15	1,3	0,31	1,1	0,92	0,27	7,1
5	Beton&Tegl	2016	0,37	0,07	0,24	0,67	1,1	0,14	0,09	0,05	0,07	0,73	0,2	0,87	0,83	0,27	5,7
9	Beton&Tegl	2016	0,05	0,01	0,03	0,1	0,3	0,05	0,01	0,06	0,03	0,48	0,05	0,18	0,14	0,03	1,5
14	Beton&Tegl	2016	0,14	0,03	0,08	0,24	0,31	0,04	0,04	0,01	0,03	0,21	0,09	0,26	0,28	0,1	1,9
17	Beton&Tegl	2016	0,13	0,02	0,08	0,23	0,28	0,01	0,02	0,01	0,01	0,1	0,05	0,25	0,24	0,09	1,5
18	Beton&Tegl	2016	0,29	0,05	0,17	0,51	0,87	0,04	0,06	0,06	0,07	0,66	0,22	0,71	0,66	0,2	4,6
24	Beton&Tegl	2016	0,27	0,05	0,16	0,47	0,76	0,05	0,06	0,03	0,04	0,44	0,17	0,61	0,6	0,19	3,9

			PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 118	PCB 138	PCB 153	PCB 180
Prøve nr.	Type	Årstal	mg/kg TS						
1	Beton	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
2	Beton	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
4	Beton	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
7	Beton	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
8	Beton	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
11	Beton	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
12	Beton	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
13	Beton	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
15	Beton	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
16	Beton	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
20	Beton	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
21	Beton	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
22	Beton	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
23	Beton	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
26	Beton	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
27	Beton	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
28	Beton	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
29	Beton	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
30	Beton	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
31	Beton	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
32	Beton	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
33	Beton	2017	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
34	Beton	2017	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
35	Beton	2017	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
38	Beton	2017	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
39	Beton	2017	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
40	Beton	2017	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
41	Beton	2017	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
42	Beton	2017	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
43	Beton	2017	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
45	Beton	2017	0,005	0,006	0,035	0,026	0,041	0,03	0,04
36	Tegl	2017	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
37	Tegl	2017	0,03	0,03	0,03	0,03	0,009	0,005	0,03
44	Tegl	2017	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
3	Beton&Tegl	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,007	0,005	0,005
5	Beton&Tegl	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,005	0,005
9	Beton&Tegl	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
14	Beton&Tegl	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
17	Beton&Tegl	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
18	Beton&Tegl	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,012	0,008	0,005
24	Beton&Tegl	2016	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005

			Kortkædede KP (C10-C13)	Mellemkædede KP (C14-C17)	Langkædede KP (C18-C20)
Prøve nr.	Type	Årstal	%	%	%
1	Beton	2016	i.d.	i.d.	i.d.
2	Beton	2016	i.d.	i.d.	i.d.
4	Beton	2016	i.d.	i.d.	i.d.
7	Beton	2016	i.d.	i.d.	i.d.
8	Beton	2016	i.d.	i.d.	i.d.
11	Beton	2016	i.d.	i.d.	i.d.
12	Beton	2016	i.d.	i.d.	i.d.
13	Beton	2016	i.d.	i.d.	i.d.
15	Beton	2016	i.d.	i.d.	i.d.
16	Beton	2016	i.d.	i.d.	i.d.
20	Beton	2016	i.d.	i.d.	i.d.
21	Beton	2016	i.d.	i.d.	i.d.
22	Beton	2016	i.d.	i.d.	i.d.
23	Beton	2016	i.d.	i.d.	i.d.
26	Beton	2016	i.d.	i.d.	i.d.
27	Beton	2016	i.d.	i.d.	i.d.
28	Beton	2016	i.d.	i.d.	i.d.
29	Beton	2016	i.d.	i.d.	i.d.
30	Beton	2016	i.d.	i.d.	i.d.
31	Beton	2016	i.d.	i.d.	i.d.
32	Beton	2016	i.d.	i.d.	i.d.
33	Beton	2017	i.d.	i.d.	i.d.
34	Beton	2017	i.d.	i.d.	i.d.
35	Beton	2017	i.d.	i.d.	i.d.
38	Beton	2017	i.d.	i.d.	i.d.
39	Beton	2017	i.d.	i.d.	i.d.
40	Beton	2017	i.d.	i.d.	i.d.
41	Beton	2017	-	-	-
42	Beton	2017	-	-	-
43	Beton	2017	-	-	-
45	Beton	2017	-	-	-
36	Tegl	2017	i.d.	i.d.	i.d.
37	Tegl	2017	i.d.	i.d.	i.d.
44	Tegl	2017	-	-	-
3	Beton&Tegl	2016	i.d.	i.d.	i.d.
5	Beton&Tegl	2016	i.d.	i.d.	i.d.
9	Beton&Tegl	2016	i.d.	i.d.	i.d.
14	Beton&Tegl	2016	i.d.	i.d.	i.d.
17	Beton&Tegl	2016	i.d.	i.d.	i.d.
18	Beton&Tegl	2016	i.d.	i.d.	i.d.
24	Beton&Tegl	2016	i.d.	i.d.	i.d.

## Bilag 7. Resultat af analyser for indhold af organiske stoffer (prøver fra 2011/2012)

Prøve nr.	Type	Årstal	Benzo(a)pyrene	Indeno (g,h,i)perylene + Dibenzo(a,h)anthracene	Benzo(b)fluoranthene	Benzo(k)fluoranthene	Fluoranthene	Naphthalene	Acenaphthylene	Fluorene	Phenanthrene	Anthracene	Pyrene	Benzo(a)anthracene	Benzo(g,h,i)perylene	Chrysene	Acenaphthene
			mg/kg TS														
DTU1	Beton	2011	0.02	0.06	0.04	0.06	0.05	0.01	0.01	0.01	0.07	0.01	0.06	0.03	0.04	0.03	0.01
DTU2	Beton	2011	0.03	0.08	0.05	0.09	0.10	0.01	0.01	0.01	0.09	0.01	0.10	0.06	0.04	0.06	0.01
DTU3	Beton	2011	0.03	0.08	0.05	0.10	0.14	0.02	0.01	0.01	0.08	0.01	0.10	0.06	0.04	0.07	0.01
DTU4	Beton	2011	0.10	0.31	0.20	0.29	0.34	0.02	0.02	0.01	0.15	0.03	0.34	0.20	0.17	0.19	0.01
DTU5	Beton	2011	0.03	0.09	0.06	0.09	0.08	0.02	0.01	0.01	0.08	0.01	0.09	0.05	0.05	0.06	0.01
DTU6	Beton	2011	0.07	0.22	0.15	0.21	0.14	0.02	0.02	0.01	0.12	0.02	0.17	0.11	0.12	0.14	0.01
DTU7	Beton	2011	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.06	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
DTU8	Beton	2011	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01
DTU14	Beton	2012	0.09	0.30	0.18	0.28	0.27	0.03	0.02	0.01	0.19	0.02	0.24	0.11	0.16	0.11	0.01
DTU15	Beton	2012	0.06	0.22	0.13	0.20	0.15	0.02	0.02	0.01	0.13	0.02	0.17	0.12	0.12	0.09	0.01
DTU16	Beton	2012	0.01	0.02	0.01	0.02	0.07	0.01	0.01	0.01	0.08	0.01	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01
DTU17	Beton	2012	0.17	0.58	0.35	0.51	0.46	0.03	0.04	0.01	0.36	0.06	0.44	0.27	0.30	0.25	0.01
DTU21	Beton	2012	0.03	0.09	0.05	0.08	0.11	0.01	0.01	0.01	0.10	0.02	0.09	0.04	0.05	0.04	0.01
DTU26	Beton	2012	0.01	0.04	0.03	0.04	0.05	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01	0.04	0.02	0.02	0.02	0.01
DTU27	Beton	2012	0.02	0.08	0.04	0.06	0.04	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01	0.05	0.03	0.04	0.03	0.01
DTU28	Nystøbt beton	2012	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
DTU29	Nystøbt beton	2012	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
DTU30	Nystøbt beton	2012	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
DTU31	Nystøbt beton	2012	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
DTU9	Beton og tegl	2011	0.04	0.14	0.09	0.13	0.25	0.01	0.01	0.01	0.10	0.01	0.15	0.10	0.08	0.07	0.01
DTU10	Beton og tegl	2011	0.05	0.13	0.09	0.13	0.16	0.02	0.02	0.01	0.10	0.02	0.15	0.09	0.07	0.09	0.01
DTU11	Beton og tegl	2011	0.02	0.04	0.03	0.05	0.06	0.02	0.01	0.01	0.06	0.01	0.06	0.03	0.02	0.03	0.01
DTU12	Beton og tegl	2011	0.03	0.07	0.05	0.08	0.13	0.02	0.02	0.01	0.13	0.02	0.13	0.06	0.04	0.06	0.01
DTU13	Beton og tegl	2011	0.17	0.60	0.40	0.53	0.34	0.02	0.02	0.01	0.24	0.06	0.45	0.30	0.32	0.32	0.01
DTU18	Beton og tegl	2012	0.67	2.22	1.57	2.01	1.97	0.02	0.07	0.04	0.18	2.44	1.50	1.13	1.39	0.01	0.01
DTU19	Beton og tegl	2012	0.14	0.47	0.31	0.46	0.78	0.02	0.02	0.02	0.53	0.06	0.50	0.34	0.24	0.26	0.01
DTU20	Beton og tegl	2012	0.05	0.17	0.10	0.16	0.25	0.02	0.01	0.01	0.14	0.02	0.16	0.09	0.09	0.09	0.01
DTU22	Beton og tegl	2012	0.09	0.26	0.19	0.28	0.42	0.04	0.02	0.02	0.22	0.05	0.32	0.15	0.15	0.15	0.01
DTU23	Beton og tegl	2012	0.05	0.18	0.11	0.15	0.17	0.01	0.01	0.01	0.08	0.02	0.16	0.08	0.10	0.09	0.01
DTU24	Beton og tegl	2012	0.09	0.32	0.20	0.27	0.25	0.02	0.02	0.01	0.09	0.02	0.23	0.12	0.17	0.15	0.01
DTU25	Beton og tegl	2012	0.08	0.32	0.21	0.27	0.25	0.03	0.03	0.01	0.10	0.03	0.23	0.12	0.17	0.16	0.01

Røde tal angiver rapporteringsgrænsen for resultater mindre end denne

			PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 118	PCB 138	PCB 153	PCB 180
Prøve nr.	Type	Årstal	mg/kg TS						
DTU1	Beton	2011	0.000375	0.000898	0.000724	0.000314	0.000347	0.00036	0.0002
DTU2	Beton	2011	0.000682	0.000617	0.00107	0.00054	0.00151	0.00151	0.000917
DTU3	Beton	2011	0.0014	0.0012	0.000881	0.000386	0.000536	0.000562	0.00033
DTU4	Beton	2011	0.000983	0.000701	0.000706	0.000402	0.000683	0.000754	0.000452
DTU5	Beton	2011	0.000142	0.00028	0.000309	0.000173	0.000166	0.000158	0.0000729
DTU6	Beton	2011	0.000219	0.000372	0.00035	0.000206	0.000192	0.000191	0.0000782
DTU7	Beton	2011	0.000181	0.000378	0.00033	0.00014	0.000106	0.0000903	0.0000506
DTU8	Beton	2011	0.0000787	0.000163	0.000205	0.000101	0.0000789	0.0000741	0.0000495
DTU14	Beton	2012	0.000073	0.000155	0.000195	0.000123	0.000151	0.000132	0.0000662
DTU15	Beton	2012	0.000108	0.000202	0.000249	0.000142	0.000154	0.000142	0.0000644
DTU16	Beton	2012	0.0000694	0.000116	0.000171	0.0000667	0.0000853	0.0000943	0.0000476
DTU17	Beton	2012	0.000101	0.000206	0.000311	0.000195	0.000226	0.000201	0.000108
DTU21	Beton	2012	0.000107	0.000429	0.000799	0.000406	0.000927	0.001	0.000615
DTU26	Beton	2012	0.0000725	0.0000889	0.0000996	0.0000484	0.0000683	0.0000831	0.0000688
DTU27	Beton	2012	0.0000678	0.000111	0.000168	0.0000779	0.000155	0.000201	0.000183
DTU28	Nystøbt beton	2012	0.001067	0.000618	0.000236	0.000165	0.000165	0.000165	0.000165
DTU29	Nystøbt beton	2012	0.001462	0.000964	0.000448	0.000196	0.000165	0.000165	0.000165
DTU30	Nystøbt beton	2012	0.000658	0.000441	0.000165	0.000165	0.000165	0.000165	0.000165
DTU31	Nystøbt beton	2012	0.000621	0.000382	0.000165	0.000165	0.000165	0.000165	0.000165
DTU9	Beton og tegl	2011	0.000255	0.000677	0.0012	0.000499	0.00168	0.00182	0.00136
DTU10	Beton og tegl	2011	0.000245	0.000405	0.000848	0.000346	0.00148	0.00148	0.0012
DTU11	Beton og tegl	2011	0.0000827	0.000145	0.000221	0.000106	0.000193	0.000196	0.000138
DTU12	Beton og tegl	2011	0.00107	0.000388	0.000555	0.000303	0.000972	0.000969	0.000781
DTU13	Beton og tegl	2011	0.000173	0.000368	0.000808	0.000514	0.00139	0.00124	0.000951
DTU18	Beton og tegl	2012	0.000283	0.000441	0.000992	0.000508	0.0012	0.00118	0.000713
DTU19	Beton og tegl	2012	0.000173	0.000394	0.00132	0.000512	0.00196	0.00225	0.00162
DTU20	Beton og tegl	2012	0.00117	0.00251	0.00323	0.00197	0.00218	0.00198	0.000786
DTU22	Beton og tegl	2012	0.000218	0.000327	0.000452	0.000368	0.000416	0.000418	0.000194
DTU23	Beton og tegl	2012	0.000416	0.000616	0.000809	0.000342	0.000878	0.000972	0.00073
DTU24	Beton og tegl	2012	0.0000711	0.000304	0.000414	0.00022	0.000335	0.000369	0.000232
DTU25	Beton og tegl	2012	0.0000667	0.00017	0.000253	0.000131	0.000232	0.000253	0.000144

## Bilag 8. Resultat af batchudvaskningstests EN 12457-1 (prøver fra 2016/2017)

EN 12457-1	Prøve nr.	1	2	4	7	8	11	12	13	15	16
	Type	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton
	Årstal	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016
pH	-/-	12,3	12,4	12,5	12,3	12,6	12,3	12,1	12,2	12,6	12,3
Ledn.evne	mS/m	486	721	801	575	823	403	234	319	632	426
Bromid	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluorid	mg/kg TS	0,5	0,8	5,6	1,5	0,86	0,4	0,4	0,44	2,8	0,8
Klorid	mg/kg TS	126	146	2	340	90	76	56	72	104	122
Sulfat	mg/kg TS	2	2	2	2	4,2	130	44	54	2	56
Nitrat	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrit	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrat+Nitrit	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DOC	mg/kg TS	12,6	38	68	30	28	13,8	14,6	16,2	32	24
Al	mg/kg TS	3	1,44	1,34	2,2	1,3	2,2	3,2	2,8	1,42	0,3
As	mg/kg TS	0,00096	0,00142	0,00108	0,00088	0,00078	0,00128	0,00104	0,00062	0,00136	0,00114
B	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ba	mg/kg TS	1,08	2,4	1,88	1,38	4,4	0,42	0,132	0,24	1,12	0,9
Ca	mg/kg TS	740	1000	600	600	1120	660	300	440	1020	580
Cd	mg/kg TS	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00134	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006
Co	mg/kg TS	0,0048	0,0064	0,0108	0,0072	0,008	0,0054	0,006	0,0052	0,007	0,0064
Cr	mg/kg TS	0,026	0,022	0,044	0,028	0,034	0,062	0,126	0,098	0,03	0,1
Cu	mg/kg TS	0,056	0,094	0,096	0,11	0,052	0,08	0,098	0,092	0,086	0,078
Hg	mg/kg TS	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
K	mg/kg TS	178	320	360	300	240	102	88	94	126	184
Mn	mg/kg TS	0,002	0,002	0,002	0,002	0,0046	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Mo	mg/kg TS	0,02	0,024	0,058	0,04	0,0194	0,0082	0,0106	0,0098	0,0146	0,044
Na	mg/kg TS	144	280	980	440	220	110	106	112	138	132
Ni	mg/kg TS	0,0106	0,022	0,028	0,02	0,0106	0,015	0,0152	0,0144	0,03	0,024
Pb	mg/kg TS	0,003	0,0062	0,0038	0,0024	0,012	0,00118	0,0004	0,00068	0,0022	0,00098
Sb	mg/kg TS	0,0004	0,0005	0,00074	0,00062	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,00042	0,0004
Se	mg/kg TS	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Si	mg/kg TS	1,28	0,72	1,04	1,42	0,94	1,66	6,4	2,8	1,02	1,56
Sn	mg/kg TS	0,0002	0,0004	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,00038	0,0002
V	mg/kg TS	0,001	0,001	0,00172	0,0015	0,001	0,001	0,0024	0,001	0,001	0,002
Zn	mg/kg TS	0,006	0,006	0,006	0,006	0,102	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006

Røde tal angiver rapporteringsgrænsen for resultater mindre end denne



EN 12457-1	Prøve nr.	20	21	22	23	26	27	28	29	30	31
	Type	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton
	Årstal	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016
pH	-/-	12,4	12,3	12,3	12,1	12,4	12,4	12,3	12,5	12,6	12,6
Ledn.evne	mS/m	609	339	305	240	540	564	330	734	596	788
Bromid	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluorid	mg/kg TS	3,4	0,96	0,98	1,02	0,74	0,78	0,92	1,58	1,06	0,74
Klorid	mg/kg TS	220	16,6	15,6	94	66	52	32	26	36	19,6
Sulfat	mg/kg TS	2	6,6	7,8	48	4,6	4,2	9,2	3,4	3,8	3,6
Nitrat	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrit	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrat+Nitrit	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DOC	mg/kg TS	46	10,8	8	11,2	22	22	16,2	42	28	17,8
Al	mg/kg TS	1,36	6	5	5,8	2,2	1,82	6,8	1,4	2,6	0,58
As	mg/kg TS	0,0028	0,00076	0,0004	0,00124	0,00096	0,00058	0,00106	0,00058	0,0004	0,00076
B	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ba	mg/kg TS	1,26	1,38	1,4	0,28	3,4	3,6	0,66	4	2,2	4,6
Ca	mg/kg TS	1040	440	420	240	680	740	420	960	780	1240
Cd	mg/kg TS	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	6,4E-05	0,00006	0,00006
Co	mg/kg TS	0,0096	0,0042	0,0034	0,005	0,0094	0,0086	0,0068	0,0138	0,0096	0,0028
Cr	mg/kg TS	0,022	0,088	0,082	0,128	0,05	0,048	0,052	0,032	0,032	0,03
Cu	mg/kg TS	0,134	0,06	0,052	0,08	0,094	0,08	0,04	0,044	0,026	0,0158
Hg	mg/kg TS	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
K	mg/kg TS	120	168	146	172	240	220	154	320	260	220
Mn	mg/kg TS	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Mo	mg/kg TS	0,0096	0,046	0,05	0,056	0,032	0,03	0,0128	0,0124	0,0098	0,0086
Na	mg/kg TS	96	102	66	154	172	156	92	220	164	124
Ni	mg/kg TS	0,046	0,006	0,0058	0,0142	0,0182	0,017	0,0048	0,0032	0,0026	0,0046
Pb	mg/kg TS	0,0015	0,00058	0,00042	0,0004	0,00178	0,00158	0,00094	0,0026	0,0026	0,0022
Sb	mg/kg TS	0,0004	0,00092	0,001	0,00094	0,0006	0,00056	0,00082	0,0004	0,0004	0,0004
Se	mg/kg TS	0,004	0,0056	0,005	0,0094	0,004	0,004	0,0042	0,004	0,004	0,004
Si	mg/kg TS	0,84	2,2	2,2	6,8	0,92	0,82	3,6	0,68	0,94	0,46
Sn	mg/kg TS	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
V	mg/kg TS	0,001	0,0026	0,003	0,0112	0,00136	0,00118	0,0036	0,001	0,001	0,001
Zn	mg/kg TS	0,006	0,006	0,006	0,006	0,0084	0,0078	0,006	0,0118	0,006	0,0066

EN 12457-1	Prøve nr.	32	33	34	35	38	39	40	41	42	43	45
	Type	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton
	Årstal	2016	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017
pH	-/-	12,5	12,2	11,5	12,4	11,6	11,5	12,3	12,4	12,5	12,4	11,9
Ledn.evne	mS/m	738	365	106	554	130	103	514	706	706	710	195
Bromid	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-	2	2	2	2
Fluorid	mg/kg TS	0,86	0,34	0,76	0,42	0,8	0,58	0,34	2	3	2	0,28
Klorid	mg/kg TS	20	156	102	72	122	100	56	64	76	68	48
Sulfat	mg/kg TS	3,2	9,8	136	4,2	106	128	5,4	20	20	20	42
Nitrat	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-	1,86	1,26	1,26	13,4
Nitrit	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-	0,6	0,7	0,7	0,52
Nitrat+Nitrit	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-	2,6	1,96	1,96	14
DOC	mg/kg TS	18	10,6	8	19,6	10,6	9	32	34	40	36	12,2
Al	mg/kg TS	1,02	3,6	1,52	1,98	2,6	1,38	2,8	0,9	0,86	0,96	3,6
As	mg/kg TS	0,00068	0,00112	0,002	0,00102	0,0024	0,00164	0,0016	0,00096	0,0012	0,0011	0,0022
B	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-	0,06	0,06	0,06	0,06
Ba	mg/kg TS	3,4	0,64	0,042	1,24	0,054	0,044	1,14	1,3	1,48	1,34	0,102
Ca	mg/kg TS	1200	600	188	920	194	198	760	1200	1240	1240	280
Cd	mg/kg TS	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006
Co	mg/kg TS	0,0034	0,005	0,006	0,0048	0,0082	0,0042	0,0098	0,008	0,0102	0,0086	0,0028
Cr	mg/kg TS	0,034	0,064	0,2	0,038	0,136	0,134	0,034	0,03	0,03	0,028	0,132
Cu	mg/kg TS	0,0194	0,088	0,05	0,064	0,086	0,04	0,1	0,032	0,028	0,028	0,068
Hg	mg/kg TS	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
K	mg/kg TS	190	102	60	126	86	62	178	128	124	140	56
Mn	mg/kg TS	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Mo	mg/kg TS	0,0088	0,0132	0,026	0,0194	0,038	0,0192	0,024	0,0062	0,0064	0,0058	0,0144
Na	mg/kg TS	108	72	46	90	72	50	142	124	126	150	90
Ni	mg/kg TS	0,0054	0,0172	0,012	0,0148	0,024	0,0098	0,03	0,0114	0,0104	0,0106	0,0122
Pb	mg/kg TS	0,002	0,00132	0,0004	0,00184	0,0004	0,0004	0,0024	0,0046	0,28	0,0052	0,00116
Sb	mg/kg TS	0,0004	0,00048	0,00122	0,0004	0,0019	0,00136	0,00056	0,0004	0,0004	0,0004	0,00078
Se	mg/kg TS	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Si	mg/kg TS	0,48	2,2	36	0,94	28	40	1,2	0,6	0,6	0,58	9,4
Sn	mg/kg TS	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
V	mg/kg TS	0,001	0,00132	0,044	0,001	0,036	0,044	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0044
Zn	mg/kg TS	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006

EN 12457-1	Prøve nr.	3	5	9	14	17	18	24
	Type	Beton&Tegl	Beton&Tegl	Beton&Tegl	Beton&Tegl	Beton&Tegl	Beton&Tegl	Beton&Tegl
	Årstal	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016
pH	-/-	11,4	11,4	12,4	11,2	11,8	12	11,8
Ledn.evne	mS/m	201	160	623	146	177	220	155
Bromid	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-
Fluorid	mg/kg TS	0,5	0,68	1,4	0,8	2,2	0,74	0,54
Klorid	mg/kg TS	480	300	100	156	120	134	182
Sulfat	mg/kg TS	760	560	2	940	178	86	174
Nitrat	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-
Nitrit	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-
Nitrat+Nitrit	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-
DOC	mg/kg TS	44	22	22	30	16	40	32
Al	mg/kg TS	0,6	0,7	1,2	0,28	5	5,4	2
As	mg/kg TS	0,0056	0,0044	0,0004	0,0064	0,0032	0,0056	0,008
B	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-
Ba	mg/kg TS	0,106	0,054	2,8	0,09	0,054	0,42	0,078
Ca	mg/kg TS	400	360	1000	480	158	260	320
Cd	mg/kg TS	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006
Co	mg/kg TS	0,0054	0,0042	0,005	0,004	0,0058	0,018	0,0048
Cr	mg/kg TS	0,182	0,084	0,028	0,13	0,186	0,28	0,092
Cu	mg/kg TS	0,094	0,042	0,038	0,044	0,068	0,38	0,12
Hg	mg/kg TS	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
K	mg/kg TS	90	64	138	36	138	140	42
Mn	mg/kg TS	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Mo	mg/kg TS	0,072	0,034	0,0164	0,044	0,058	0,068	0,058
Na	mg/kg TS	320	182	112	90	200	156	92
Ni	mg/kg TS	0,024	0,0128	0,0092	0,009	0,0144	0,07	0,022
Pb	mg/kg TS	0,00052	0,00046	0,0024	0,0004	0,0004	0,00092	0,00056
Sb	mg/kg TS	0,0012	0,00192	0,0004	0,00084	0,00166	0,00198	0,0118
Se	mg/kg TS	0,004	0,004	0,004	0,007	0,0054	0,004	0,02
Si	mg/kg TS	38	42	1,02	50	22	9	22
Sn	mg/kg TS	0,0002	0,0002	0,00036	0,0002	0,00028	0,0002	0,0002
V	mg/kg TS	0,092	0,096	0,001	0,14	0,06	0,0198	0,042
Zn	mg/kg TS	0,006	0,006	0,006	0,0096	0,006	0,006	0,006

EN 12457-1	Prøve nr.	36	37	44
	Type	Tegl	Tegl	Tegl
	Årstal	2017	2017	2017
pH	-/-	11,5	11,7	11,4
Ledn.evne	mS/m	112	141	146
Bromid	mg/kg TS	-	-	2
Fluorid	mg/kg TS	0,68	0,72	0,5
Klorid	mg/kg TS	76	68	360
Sulfat	mg/kg TS	220	170	340
Nitrat	mg/kg TS	-	-	8,6
Nitrit	mg/kg TS	-	-	0,48
Nitrat+Nitrit	mg/kg TS	-	-	9
DOC	mg/kg TS	12,8	11,6	12,2
Al	mg/kg TS	2,2	3,8	0,48
As	mg/kg TS	0,0026	0,0026	0,0024
B	mg/kg TS	-	-	0,3
Ba	mg/kg TS	0,054	0,072	0,06
Ca	mg/kg TS	194	220	300
Cd	mg/kg TS	0,00006	0,00006	0,00006
Co	mg/kg TS	0,0084	0,0068	0,0032
Cr	mg/kg TS	0,198	0,19	0,102
Cu	mg/kg TS	0,062	0,078	0,04
Hg	mg/kg TS	0,0002	0,0002	0,0002
K	mg/kg TS	80	84	70
Mn	mg/kg TS	0,002	0,002	0,002
Mo	mg/kg TS	0,034	0,034	0,022
Na	mg/kg TS	66	58	170
Ni	mg/kg TS	0,0118	0,0108	0,011
Pb	mg/kg TS	0,0004	0,0004	0,0004
Sb	mg/kg TS	0,00118	0,00104	0,00124
Se	mg/kg TS	0,004	0,004	0,004
Si	mg/kg TS	30	19,4	62
Sn	mg/kg TS	0,0002	0,0002	0,0002
V	mg/kg TS	0,106	0,066	0,116
Zn	mg/kg TS	0,006	0,006	0,006

## Bilag 9. Resultat af batchudvaskningstests EN 12457-1 (prøver fra 2011/2012)

EN 12457-1	Prøve nr.	DTU1	DTU2	DTU3	DTU4	DTU5	DTU6	DTU7	DTU8
	Type	Beton							
	Årstal	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2012
pH	-/-	12,2	12,2	12,3	12,2	12,4	12,4	12,3	12,2
Ledn.evne	mS/m	511	497	496	407	682	687	454	407
Klorid	mg/kg	87,7	117,7	95,4	114,5	100,1	132,4	45,1	51,7
Sulfat	mg/kg	14,9	16,8	15,5	21,5	12,3	12,6	10,9	12,9
DOC	mg/kg	30,7	27,7	23,3	32,6	41,2	60,0	23,1	30,3
Al	mg/kg	4,920	3,540	2,158	5,453	2,490	0,230	8,142	8,522
As	mg/kg	0,049	0,014	0,039	0,014	0,020	0,024	0,054	0,025
Ba	mg/kg	1,679	0,835	0,969	0,680	2,009	2,011	2,157	2,085
Ca	mg/kg	996	465	508	659	1250	1312	695	663
Cd	mg/kg	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Co	mg/kg	0,019	0,015	0,015	0,016	0,016	0,013	0,013	0,016
Cr	mg/kg	0,072	0,035	0,034	0,058	0,040	0,047	0,067	0,095
Cr(VI)	mg/kg	0,029	0,017	0,013	0,025	0,021	0,024	0,030	0,038
Cu	mg/kg	0,086	0,069	0,063	0,077	0,059	0,075	0,110	0,082
Fe	mg/kg	0,129	0,068	0,068	0,103	0,068	0,068	0,233	0,249
K	mg/kg	544	202	178	173	244	235	258	272
Li	mg/kg	0,301	0,228	0,188	0,187	0,324	0,313	0,709	0,651
Mg	mg/kg	0,049	0,064	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014
Mn	mg/kg	0,011	0,007	0,007	0,008	0,007	0,007	0,007	0,015
Mo	mg/kg	0,021	0,022	0,018	0,018	0,021	0,026	0,042	0,037
Na	mg/kg	142	214	187	201	228	248	202	200
Ni	mg/kg	0,030	0,016	0,021	0,026	0,033	0,034	0,020	0,026
P	mg/kg	0,169	0,120	0,180	0,089	0,160	0,153	0,104	0,076
Pb	mg/kg	0,053	0,007	0,007	0,024	0,032	0,017	0,046	0,041
S	mg/kg	4,95	5,61	5,17	7,18	4,10	4,21	3,62	4,31
Sb	mg/kg	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070
Se	mg/kg	0,014	0,039	0,068	0,088	0,027	0,014	0,014	0,014
Si	mg/kg	1,635	1,067	0,888	2,078	0,941	0,498	1,623	1,929
Sr	mg/kg	15,24	11,53	12,36	10,66	19,53	21,41	17,75	16,91
V	mg/kg	0,023	0,019	0,022	0,042	0,032	0,034	0,024	0,027
Zn	mg/kg	0,046	0,014	0,051	0,014	0,014	0,014	0,076	0,017

Røde tal angiver rapporteringsgrænsen for resultater mindre end denne

EN 12457-1	Prøve nr.	DTU14	DTU15	DTU16	DTU17	DTU21	DTU26	DTU27
	Type	Beton						
	Årstal	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
pH	-/-	12,1	12,2	12,2	12,0	11,8	12,5	12,2
Ledn.evne	mS/m	755	662	969	575	192	781	676
Klorid	mg/kg	72,2	67,5	36,1	53,2	241,2	190,2	140,5
Sulfat	mg/kg	15,4	14,1	12,2	20,9	82,2	20,5	19,8
DOC	mg/kg	41,5	45,9	42,9	50,1	21,2	44,3	51,6
Al	mg/kg	3,616	2,898	1,896	3,503	5,588	0,563	3,995
As	mg/kg	0,018	0,028	0,023	0,046	0,068	0,098	0,056
Ba	mg/kg	1,297	1,536	4,178	1,021	0,088	2,368	1,836
Ca	mg/kg	1195	1340	1449	826	319	1639	976
Cd	mg/kg	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Co	mg/kg	0,021	0,024	0,025	0,029	0,019	0,020	0,037
Cr	mg/kg	0,058	0,048	0,052	0,070	0,175	0,219	0,119
Cr(VI)	mg/kg	0,034	0,016	0,030	0,041	0,129	0,057	0,062
Cu	mg/kg	0,106	0,102	0,115	0,144	0,093	0,086	0,127
Fe	mg/kg	0,408	0,097	0,077	0,229	0,105	0,070	0,160
K	mg/kg	313	322	459	323	127	366	283
Li	mg/kg	0,226	0,242	0,789	0,206	0,084	0,496	0,323
Mg	mg/kg	0,246	0,015	0,120	0,027	0,087	0,025	0,030
Mn	mg/kg	0,072	0,010	0,010	0,008	0,008	0,010	0,010
Mo	mg/kg	0,027	0,028	0,014	0,020	0,026	0,044	0,060
Na	mg/kg	186	172	267	187	153	230	188
Ni	mg/kg	0,047	0,045	0,051	0,066	0,037	0,046	0,061
P	mg/kg	0,205	0,068	0,163	0,078	0,074	0,124	0,247
Pb	mg/kg	0,018	0,014	0,014	0,027	0,020	0,014	0,014
S	mg/kg	5,12	4,70	4,06	6,98	27,39	6,83	6,59
Sb	mg/kg	0,083	0,091	0,094	0,099	0,083	0,113	0,074
Se	mg/kg	0,095	0,144	0,089	0,076	0,058	0,027	0,073
Si	mg/kg	1,003	0,797	0,234	0,919	13,062	0,141	0,927
Sr	mg/kg	19,54	21,02	29,36	16,19	2,79	25,41	18,04
V	mg/kg	0,019	0,017	0,017	0,020	0,023	0,021	0,021
Zn	mg/kg	0,039	0,022	0,019	0,026	0,015	0,022	0,039

EN 12457-1	Prøve nr.	DTU28	DTU29	DTU30	DTU31
	Type	Nystøbt beton			
	Årstal	2012	2012	2012	2012
pH	-/-	13,1	13,1	13,1	13,1
Ledn.evne	mS/m	915	920	957	1067
Klorid	mg/kg	22,0	41,8	55,0	12,2
Sulfat	mg/kg	9,5	8,2	12,8	13,9
DOC	mg/kg	24,0	19,3	24,3	20,7
Al	mg/kg	0,668	0,494	0,375	0,443
As	mg/kg	0,009	0,013	0,010	0,007
Ba	mg/kg	5,434	6,142	5,347	7,633
Ca	mg/kg	1575	1556	1457	1631
Cd	mg/kg	0,001	0,002	0,002	0,001
Co	mg/kg	0,010	0,007	0,007	0,008
Cr	mg/kg	0,057	0,066	0,061	0,041
Cr(VI)	mg/kg	0,028	0,048	0,056	0,039
Cu	mg/kg	0,027	0,030	0,045	0,060
Fe	mg/kg	0,210	0,232	0,178	0,075
K	mg/kg	345	321	453	636
Li	mg/kg	1,283	1,082	1,368	2,025
Mg	mg/kg	0,029	0,013	0,020	0,012
Mn	mg/kg	0,007	0,007	0,007	0,007
Mo	mg/kg	0,009	0,007	0,009	0,012
Na	mg/kg	204	227	324	296
Ni	mg/kg	0,004	0,010	0,013	0,014
P	mg/kg	0,020	0,017	0,007	0,021
Pb	mg/kg	0,017	0,025	0,043	0,029
S	mg/kg	3,15	2,74	4,26	4,63
Sb	mg/kg	0,024	0,060	0,009	0,019
Se	mg/kg	0,018	0,014	0,014	0,016
Si	mg/kg	0,700	0,679	0,728	0,571
Sr	mg/kg	39,10	46,23	43,15	50,62
V	mg/kg	0,021	0,021	0,017	0,024
Zn	mg/kg	0,018	0,014	0,014	0,015

EN 12457-1	Prøve nr.	DTU9	DTU10	DTU11	DTU12	DTU13	DTU18
	Type	Beton&Tegl					
	Årstal	2011	2011	2011	2011	2011	2012
pH	-/-	11,4	11,3	11,7	11,6	10,5	11,2
Ledn.evne	mS/m	278	177	265	168	82	139
Klorid	mg/kg	191,8	222,1	284,2	152,5	98,9	184,9
Sulfat	mg/kg	1876,9	243,9	74,9	181,2	317,2	227,9
DOC	mg/kg	26,7	26,2	12,8	21,3	16,4	38,5
Al	mg/kg	0,606	4,772	5,700	5,262	0,447	3,215
As	mg/kg	0,018	0,030	0,022	0,027	0,039	0,069
Ba	mg/kg	0,166	0,065	0,160	0,079	0,021	0,062
Ca	mg/kg	781	242	430	262	243	231
Cd	mg/kg	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Co	mg/kg	0,019	0,023	0,011	0,020	0,013	0,033
Cr	mg/kg	0,357	0,189	0,199	0,240	0,124	0,186
Cr(VI)	mg/kg	0,313	0,159	0,181	0,214	0,094	0,150
Cu	mg/kg	0,116	0,098	0,057	0,093	0,044	0,220
Fe	mg/kg	0,321	0,481	0,070	0,070	0,111	0,610
K	mg/kg	188	190	131	201	92	208
Li	mg/kg	0,125	0,079	0,060	0,117	0,047	0,117
Mg	mg/kg	0,265	0,326	0,020	0,037	0,160	0,135
Mn	mg/kg	0,016	0,018	0,008	0,010	0,010	0,011
Mo	mg/kg	0,048	0,030	0,033	0,044	0,028	0,038
Na	mg/kg	175	164	123	157	52	183
Ni	mg/kg	0,038	0,029	0,017	0,022	0,008	0,057
P	mg/kg	0,097	0,111	0,054	0,073	0,071	0,134
Pb	mg/kg	0,018	0,023	0,025	0,025	0,024	0,014
S	mg/kg	625,63	81,31	24,96	60,41	105,73	75,95
Sb	mg/kg	0,103	0,098	0,110	0,093	0,101	0,093
Se	mg/kg	0,077	0,080	0,090	0,079	0,093	0,089
Si	mg/kg	18,325	19,310	7,206	13,728	49,574	49,574
Sr	mg/kg	6,17	2,32	3,83	2,82	1,36	2,00
V	mg/kg	0,042	0,050	0,019	0,027	0,132	0,093
Zn	mg/kg	0,036	0,161	0,045	0,033	0,093	0,027



EN 12457-1	Prøve nr.	DTU19	DTU20	DTU22	DTU23	DTU24	DTU25
	Type	Beton&Tegl					
	Årstal	2012	2012	2012	2012	2012	2012
pH	-/-	11,3	11,9	11,1	11,0	12,2	12,0
Ledn.evne	mS/m	133	341	135	130	449	428
Klorid	mg/kg	148,8	341,8	132,3	73,0	59,7	80,9
Sulfat	mg/kg	230,6	57,2	281,2	679,5	14,1	19,7
DOC	mg/kg	38,2	97,0	32,4	15,9	46,2	45,0
Al	mg/kg	2,220	8,093	0,931	1,911	6,152	3,898
As	mg/kg	0,018	0,014	0,029	0,073	0,025	0,014
Ba	mg/kg	0,038	0,277	0,044	0,031	1,677	1,861
Ca	mg/kg	239	476	254	235	811	950
Cd	mg/kg	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Co	mg/kg	0,027	0,031	0,020	0,017	0,033	0,023
Cr	mg/kg	0,168	0,142	0,162	0,208	0,094	0,113
Cr(VI)	mg/kg	0,152	0,053	0,113	0,182	0,071	0,099
Cu	mg/kg	0,158	0,235	0,095	0,077	0,432	0,133
Fe	mg/kg	0,070	0,341	0,136	0,070	0,183	0,140
K	mg/kg	169	190	117	137	185	279
Li	mg/kg	0,087	0,104	0,057	0,082	0,204	0,323
Mg	mg/kg	0,048	0,024	0,110	0,068	0,028	0,016
Mn	mg/kg	0,012	0,009	0,041	0,010	0,010	0,011
Mo	mg/kg	0,035	0,033	0,036	0,029	0,056	0,064
Na	mg/kg	157	271	136	122	157	183
Ni	mg/kg	0,025	0,068	0,022	0,019	1,327	0,074
P	mg/kg	0,093	0,063	0,136	0,040	0,265	0,373
Pb	mg/kg	0,021	0,023	0,014	0,014	0,014	0,014
S	mg/kg	76,86	19,07	93,73	226,50	4,71	6,57
Sb	mg/kg	0,095	0,098	0,098	0,087	0,079	0,091
Se	mg/kg	0,107	0,079	0,153	0,031	0,065	0,142
Si	mg/kg	49,574	4,302	49,574	49,574	1,124	0,892
Sr	mg/kg	1,74	5,66	1,66	1,90	16,27	17,75
V	mg/kg	0,093	0,018	0,124	0,061	0,013	0,023
Zn	mg/kg	0,015	0,014	0,014	0,021	0,659	0,039

## Bilag 10. Resultater af kolonneudvaskningstests (prøver fra 2016/2017)

Prøve nr. 2 (Beton): Sammensætning af eluat								
L/S	l/kg	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	0,5-1	1-2	2-5	5-10
pH	-/-	12,5	12,4	12,5	12,5	12,3	12,3	12,4
Ledn.evne	mS/m	1204	1020	812	553	559	486	353
Fluorid	mg/l	0,47	0,49	0,26	0,23	0,27	0,24	0,22
Klorid	mg/l	350	280	180	74	57	28	9,6
Sulfat	mg/l	29	14	5,7	1	1,6	2,2	2,8
DOC	mg/l	150	110	57	9	6,1	3,5	1,8
Al	mg/l	8,7	4,6	0,61	0,65	0,69	0,82	1,3
As	mg/l	0,004	0,0026	0,0012	0,0002	0,00026	0,0002	0,0002
Ba	mg/l	0,34	0,46	0,81	1,1	1,1	0,99	0,61
Ca	mg/l	57	76	220	490	510	450	300
Cd	mg/l	3E-05	0,000049	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003
Co	mg/l	0,033	0,027	0,014	0,0033	0,0021	0,0011	0,00076
Cr	mg/l	0,076	0,059	0,033	0,012	0,011	0,0091	0,013
Cu	mg/l	0,44	0,35	0,18	0,028	0,021	0,012	0,0099
Hg	mg/l	2E-04	0,00018	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
K	mg/l	770	670	420	82	34	14	7,2
Mn	mg/l	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Mo	mg/l	0,06	0,049	0,029	0,011	0,0099	0,0085	0,01
Na	mg/l	860	680	370	32	19	7,2	3,9
Ni	mg/l	0,11	0,086	0,044	0,0071	0,0047	0,0025	0,0016
Pb	mg/l	0,006	0,0065	0,0054	0,0059	0,0038	0,0027	0,00099
Sb	mg/l	0,001	0,0007	0,00028	0,0002	0,0002	0,0002	0,00021
Se	mg/l	0,01	0,0037	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Si	mg/l	7,6	4,4	2,8	0,56	0,4	0,41	0,58
Sn	mg/l	2E-04	0,0001	0,00014	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
V	mg/l	0,016	0,0072	0,003	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Zn	mg/l	0,003	0,003	0,0042	0,003	0,003	0,003	0,003

Røde tal angiver rapporteringsgrænsen for resultater mindre end denne

Prøve nr. 2 (Beton): Akkumulerede udvaskede stofmængder								
Akk. L/S	l/kg	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10
pH	-/-	12,5	12,4	12,5	12,5	12,3	12,3	12,4
Ledn.evne	mS/m	1204	1020	812	553	559	486	353
Fluorid	mg/kg TS	0,047	0,096	0,174	0,289	0,559	1,279	2,379
Klorid	mg/kg TS	35	63	117	154	211	295	343
Sulfat	mg/kg TS	2,9	4,3	6,01	6,51	8,11	14,71	28,71
DOC	mg/kg TS	15	26	43,1	47,6	53,7	64,2	73,2
Al	mg/kg TS	0,87	1,33	1,513	1,838	2,528	4,988	11,488
As	mg/kg TS	4E-04	0,00064	0,001	0,0011	0,00136	0,00196	0,00296
Ba	mg/kg TS	0,034	0,08	0,323	0,873	1,973	4,943	7,993
Ca	mg/kg TS	5,7	13,3	79,3	324,3	834,3	2184,3	3684,3
Cd	mg/kg TS	3E-06	0,000008	0,000017	0,000032	0,000062	0,000152	0,000302
Co	mg/kg TS	0,003	0,006	0,0102	0,01185	0,01395	0,01725	0,02105
Cr	mg/kg TS	0,008	0,0135	0,0234	0,0294	0,0404	0,0677	0,1327
Cu	mg/kg TS	0,044	0,079	0,133	0,147	0,168	0,204	0,2535
Hg	mg/kg TS	2E-05	0,000038	0,000068	0,000118	0,000218	0,000518	0,001018
K	mg/kg TS	77	144	270	311	345	387	423
Mn	mg/kg TS	1E-04	0,0002	0,0005	0,001	0,002	0,005	0,01
Mo	mg/kg TS	0,006	0,0109	0,0196	0,0251	0,035	0,0605	0,1105
Na	mg/kg TS	86	154	265	281	300	321,6	341,1
Ni	mg/kg TS	0,011	0,0196	0,0328	0,03635	0,04105	0,04855	0,05655
Pb	mg/kg TS	6E-04	0,00121	0,00283	0,00578	0,00958	0,01768	0,02263
Sb	mg/kg TS	1E-04	0,00018	0,000264	0,000364	0,000564	0,001164	0,002214
Se	mg/kg TS	0,001	0,00137	0,00197	0,00297	0,00497	0,01097	0,02097
Si	mg/kg TS	0,76	1,2	2,04	2,32	2,72	3,95	6,85
Sn	mg/kg TS	2E-05	0,000027	0,000069	0,000119	0,000219	0,000519	0,001019
V	mg/kg TS	0,002	0,00232	0,00322	0,00347	0,00397	0,00547	0,00797
Zn	mg/kg TS	3E-04	0,0006	0,00186	0,00336	0,00636	0,01536	0,03036

Prøve nr. 3 (Beton&Tegl): Sammensætning af eluat								
L/S	l/kg	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	0,5-1	1-2	2-5	5-10
pH	-/-	10	10,4	10,7	11,5	11,08	11,3	11,3
Ledn.evne	mS/m	788	509	308	130	70,1	56,5	50
Fluorid	mg/l	0,12	0,18	0,3	0,47	0,32	0,25	0,23
Klorid	mg/l	1800	1100	520	39	14	2,8	1,3
Sulfat	mg/l	810	730	570	200	110	42	23
DOC	mg/l	120	81	50	11	7,1	3,5	2,2
Al	mg/l	0,061	0,12	0,17	0,45	0,28	0,31	0,23
As	mg/l	0,019	0,011	0,0064	0,0013	0,00075	0,00086	0,00072
Ba	mg/l	0,12	0,065	0,04	0,017	0,017	0,017	0,015
Ca	mg/l	530	290	150	51	54	61	62
Cd	mg/l	0,000039	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003
Co	mg/l	0,018	0,012	0,0072	0,0014	0,0008	0,00039	0,00023
Cr	mg/l	0,46	0,35	0,21	0,041	0,028	0,012	0,0078
Cu	mg/l	0,17	0,14	0,098	0,03	0,02	0,01	0,0056
Hg	mg/l	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
K	mg/l	220	150	110	50	40	27	15
Mn	mg/l	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Mo	mg/l	0,18	0,13	0,079	0,012	0,0089	0,0032	0,0019
Na	mg/l	1100	720	430	140	43	9,5	2,6
Ni	mg/l	0,055	0,04	0,026	0,0055	0,0036	0,0018	0,00068
Pb	mg/l	0,00024	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Sb	mg/l	0,0013	0,001	0,00083	0,00071	0,00077	0,001	0,0014
Se	mg/l	0,018	0,013	0,0065	0,002	0,002	0,002	0,002
Si	mg/l	19	23	30	37	33	35	36
Sn	mg/l	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
V	mg/l	0,083	0,098	0,099	0,098	0,067	0,074	0,054
Zn	mg/l	0,0047	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003

Prøve nr. 3 (Beton&Tegl): Akkumulerede udvaskede stofmængder								
Akk. L/S	l/kg	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10
pH	-/-	10	10,4	10,7	11,5	11,08	11,3	11,3
Ledn.evne	mS/m	788	509	308	130	70,1	56,5	50
Fluorid	mg/kg TS	0,012	0,03	0,12	0,355	0,675	1,425	2,575
Klorid	mg/kg TS	180	290	446	465,5	479,5	487,9	494,4
Sulfat	mg/kg TS	81	154	325	425	535	661	776
DOC	mg/kg TS	12	20,1	35,1	40,6	47,7	58,2	69,2
Al	mg/kg TS	0,0061	0,0181	0,0691	0,2941	0,5741	1,5041	2,6541
As	mg/kg TS	0,0019	0,003	0,00492	0,00557	0,00632	0,0089	0,0125
Ba	mg/kg TS	0,012	0,0185	0,0305	0,039	0,056	0,107	0,182
Ca	mg/kg TS	53	82	127	152,5	206,5	389,5	699,5
Cd	mg/kg TS	0,0000039	0,0000069	0,0000159	0,0000309	0,0000609	0,0001509	0,0003009
Co	mg/kg TS	0,0018	0,003	0,00516	0,00586	0,00666	0,00783	0,00898
Cr	mg/kg TS	0,046	0,081	0,144	0,1645	0,1925	0,2285	0,2675
Cu	mg/kg TS	0,017	0,031	0,0604	0,0754	0,0954	0,1254	0,1534
Hg	mg/kg TS	0,00001	0,00002	0,00005	0,0001	0,0002	0,0005	0,001
K	mg/kg TS	22	37	70	95	135	216	291
Mn	mg/kg TS	0,0001	0,0002	0,0005	0,001	0,002	0,005	0,01
Mo	mg/kg TS	0,018	0,031	0,0547	0,0607	0,0696	0,0792	0,0887
Na	mg/kg TS	110	182	311	381	424	452,5	465,5
Ni	mg/kg TS	0,0055	0,0095	0,0173	0,02005	0,02365	0,02905	0,03245
Pb	mg/kg TS	0,000024	0,000044	0,000104	0,000204	0,000404	0,001004	0,002004
Sb	mg/kg TS	0,00013	0,00023	0,000479	0,000834	0,001604	0,004604	0,011604
Se	mg/kg TS	0,0018	0,0031	0,00505	0,00605	0,00805	0,01405	0,02405
Si	mg/kg TS	1,9	4,2	13,2	31,7	64,7	169,7	349,7
Sn	mg/kg TS	0,00001	0,00002	0,00005	0,0001	0,0002	0,0005	0,001
V	mg/kg TS	0,0083	0,0181	0,0478	0,0968	0,1638	0,3858	0,6558
Zn	mg/kg TS	0,00047	0,00077	0,00167	0,00317	0,00617	0,01517	0,03017

Prøve nr. 8 (Beton): Sammensætning af eluat								
L/S	l/kg	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	0,5-1	1-2	2-5	5-10
pH	-/-	12,7	12,6	12,42	12,42	12,4	12,5	12,4
Ledn.evne	m S/m	1820	1480	859	712	691	673	500
Fluorid	mg/l	1	0,39	2,7	0,74	0,31	0,32	0,22
Klorid	mg/l	170	130	63	58	48	29	9,4
Sulfat	mg/l	16	9,2	2,4	1,6	1,6	1,3	1,1
DOC	mg/l	170	83	21	6,8	6,8	3	1,3
Al	mg/l	3,3	1,6	0,73	0,44	0,37	0,38	0,59
As	mg/l	0,0037	0,0016	0,0004	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Ba	mg/l	0,76	1,1	2,5	3,1	3	2,6	1,1
Ca	mg/l	110	160	450	630	640	640	480
Cd	mg/l	0,000031	0,000039	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003
Co	mg/l	0,046	0,022	0,0082	0,0042	0,0029	0,0016	0,00053
Cr	mg/l	0,15	0,087	0,032	0,02	0,018	0,019	0,015
Cu	mg/l	0,38	0,17	0,043	0,016	0,012	0,0089	0,0041
Hg	mg/l	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
K	mg/l	1100	880	320	51	28	13	6,8
Mn	mg/l	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Mo	mg/l	0,071	0,042	0,016	0,0096	0,01	0,0096	0,0074
Na	mg/l	1200	830	190	21	15	6,9	3,4
Ni	mg/l	0,08	0,036	0,0087	0,0038	0,0027	0,0018	0,00082
Pb	mg/l	0,0084	0,0068	0,0045	0,0032	0,0032	0,003	0,0014
Sb	mg/l	0,00078	0,00043	0,00024	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Se	mg/l	0,0078	0,0042	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Si	mg/l	1,9	0,97	0,39	0,27	0,25	0,23	0,33
Sn	mg/l	0,00013	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
V	mg/l	0,0035	0,0014	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Zn	mg/l	0,00105	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003

Prøve nr. 8 (Beton): Akkumulerede udvaskede stofmængder								
Akk. L/S	l/kg	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10
pH	-/-	12,7	12,6	12,42	12,42	12,4	12,5	12,4
Ledn.evne	m S/m	1820	1480	859	712	691	673	500
Fluorid	mg/kg TS	0,1	0,139	0,949	1,319	1,629	2,589	3,689
Klorid	mg/kg TS	17	30	48,9	77,9	125,9	212,9	259,9
Sulfat	mg/kg TS	1,6	2,52	3,24	4,04	5,64	9,54	15,04
DOC	mg/kg TS	17	25,3	31,6	35	41,8	50,8	57,3
Al	mg/kg TS	0,33	0,49	0,709	0,929	1,299	2,439	5,389
As	mg/kg TS	0,00037	0,00053	0,00065	0,00075	0,00095	0,00155	0,00255
Ba	mg/kg TS	0,076	0,186	0,936	2,486	5,486	13,286	18,786
Ca	mg/kg TS	11	27	162	477	1117	3037	5437
Cd	mg/kg TS	0,0000031	0,000007	0,000016	0,000031	0,000061	0,000151	0,000301
Co	mg/kg TS	0,0046	0,0068	0,00926	0,01136	0,01426	0,01906	0,02171
Cr	mg/kg TS	0,015	0,0237	0,0333	0,0433	0,0613	0,1183	0,1933
Cu	mg/kg TS	0,038	0,055	0,0679	0,0759	0,0879	0,1146	0,1351
Hg	mg/kg TS	0,00001	0,00002	0,00005	0,0001	0,0002	0,0005	0,001
K	mg/kg TS	110	198	294	319,5	347,5	386,5	420,5
Mn	mg/kg TS	0,0001	0,0002	0,0005	0,001	0,002	0,005	0,01
Mo	mg/kg TS	0,0071	0,0113	0,0161	0,0209	0,0309	0,0597	0,0967
Na	mg/kg TS	120	203	260	270,5	285,5	306,2	323,2
Ni	mg/kg TS	0,008	0,0116	0,01421	0,01611	0,01881	0,02421	0,02831
Pb	mg/kg TS	0,00084	0,00152	0,00287	0,00447	0,00767	0,01667	0,02367
Sb	mg/kg TS	0,000078	0,000121	0,000193	0,000293	0,000493	0,001093	0,002093
Se	mg/kg TS	0,00078	0,0012	0,0018	0,0028	0,0048	0,0108	0,0208
Si	mg/kg TS	0,19	0,287	0,404	0,539	0,789	1,479	3,129
Sn	mg/kg TS	0,000013	0,000023	0,000053	0,000103	0,000203	0,000503	0,001003
V	mg/kg TS	0,00035	0,00049	0,00064	0,00089	0,00139	0,00289	0,00539
Zn	mg/kg TS	0,000105	0,000405	0,001305	0,002805	0,005805	0,014805	0,029805

Prøve nr. 9 (Beton&Tegl): Sammensætning af eluat								
L/S	l/kg	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	0,5-1	1-2	2-5	5-10
pH	-/-	12,4	12,31	12,3	12,4	12,3	12,2	12,3
Ledn.evne	mS/m	702	649	698	583	540	444	360
Fluorid	mg/l	0,28	0,13	0,22	0,18	0,16	0,23	0,19
Klorid	mg/l	140	130	100	56	46	26	9,2
Sulfat	mg/l	5,2	4,7	3,6	1,9	2,1	2,5	2,8
DOC	mg/l	42	36	21	7,9	4,8	2,3	1,4
Al	mg/l	2,2	1,5	1,3	0,99	0,99	1	1,5
As	mg/l	0,00069	0,00057	0,00065	0,00022	0,00026	0,0002	0,00031
Ba	mg/l	1,2	1,2	1,6	1,7	1,8	1,4	0,81
Ca	mg/l	250	230	330	470	460	400	310
Cd	mg/l	0,000061	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003
Co	mg/l	0,015	0,016	0,013	0,0055	0,0033	0,0013	0,00088
Cr	mg/l	0,042	0,038	0,033	0,021	0,02	0,017	0,022
Cu	mg/l	0,12	0,13	0,11	0,042	0,03	0,011	0,0099
Hg	mg/l	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
K	mg/l	370	330	260	88	36	10	6,4
Mn	mg/l	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Mo	mg/l	0,02	0,018	0,016	0,011	0,0097	0,0083	0,0089
Na	mg/l	270	270	210	50	18	4,8	3
Ni	mg/l	0,028	0,029	0,026	0,011	0,0059	0,0022	0,0016
Pb	mg/l	0,002	0,0019	0,0026	0,002	0,0016	0,0011	0,00062
Sb	mg/l	0,00029	0,00021	0,00021	0,0002	0,0002	0,0002	0,00021
Se	mg/l	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Si	mg/l	0,84	0,69	0,6	0,45	0,36	0,43	0,61
Sn	mg/l	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
V	mg/l	0,00053	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Zn	mg/l	0,003	0,003	0,0056	0,0034	0,003	0,003	0,003



Prøve nr. 9 (Beton&Tegl): Akkumulerede udvaskede stofmængder								
Akk. L/S	l/kg	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10
pH	-/-	12,4	12,31	12,3	12,4	12,3	12,2	12,3
Ledn.evne	mS/m	702	649	698	583	540	444	360
Fluorid	mg/kg TS	0,028	0,041	0,107	0,197	0,357	1,047	1,997
Klorid	mg/kg TS	14	27	57	85	131	209	255
Sulfat	mg/kg TS	0,52	0,99	2,07	3,02	5,12	12,62	26,62
DOC	mg/kg TS	4,2	7,8	14,1	18,05	22,85	29,75	36,75
Al	mg/kg TS	0,22	0,37	0,76	1,255	2,245	5,245	12,745
As	mg/kg TS	0,000069	0,000126	0,000321	0,000431	0,000691	0,001291	0,002841
Ba	mg/kg TS	0,12	0,24	0,72	1,57	3,37	7,57	11,62
Ca	mg/kg TS	25	48	147	382	842	2042	3592
Cd	mg/kg TS	6,1E-06	9,1E-06	1,81E-05	3,31E-05	6,31E-05	0,000153	0,0003031
Co	mg/kg TS	0,0015	0,0031	0,007	0,00975	0,01305	0,01695	0,02135
Cr	mg/kg TS	0,0042	0,008	0,0179	0,0284	0,0484	0,0994	0,2094
Cu	mg/kg TS	0,012	0,025	0,058	0,079	0,109	0,142	0,1915
Hg	mg/kg TS	0,00001	0,00002	0,00005	0,0001	0,0002	0,0005	0,001
K	mg/kg TS	37	70	148	192	228	258	290
Mn	mg/kg TS	0,0001	0,0002	0,0005	0,001	0,002	0,005	0,01
Mo	mg/kg TS	0,002	0,0038	0,0086	0,0141	0,0238	0,0487	0,0932
Na	mg/kg TS	27	54	117	142	160	174,4	189,4
Ni	mg/kg TS	0,0028	0,0057	0,0135	0,019	0,0249	0,0315	0,0395
Pb	mg/kg TS	0,0002	0,00039	0,00117	0,00217	0,00377	0,00707	0,01017
Sb	mg/kg TS	0,000029	0,00005	0,000113	0,000213	0,000413	0,001013	0,002063
Se	mg/kg TS	0,0002	0,0004	0,001	0,002	0,004	0,01	0,02
Si	mg/kg TS	0,084	0,153	0,333	0,558	0,918	2,208	5,258
Sn	mg/kg TS	0,00001	0,00002	0,00005	0,0001	0,0002	0,0005	0,001
V	mg/kg TS	0,000053	0,000103	0,000253	0,000503	0,001003	0,002503	0,005003
Zn	mg/kg TS	0,0003	0,0006	0,00228	0,00398	0,00698	0,01598	0,03098

Prøve nr. 18 (Beton&Tegl): Sammensætning af eluat								
L/S	l/kg	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	0,5-1	1-2	2-5	5-10
pH	-/-	11,8	11,7	11,8	11,9	11,8	11,7	11,8
Ledn.evne	mS/m	290	258	284	253	178	128	123
Fluorid	mg/l	0,52	0,44	0,33	0,37	0,35	0,29	0,27
Klorid	mg/l	180	190	170	93	18	3,7	1,6
Sulfat	mg/l	100	82	66	60	38	30	27
DOC	mg/l	51	50	39	25	8,5	3,9	3
Al	mg/l	5,8	4,8	3,6	3,5	2,8	2	2,1
As	mg/l	0,0061	0,0059	0,0065	0,0038	0,0012	0,00041	0,00027
Ba	mg/l	0,065	0,1	0,14	0,12	0,12	0,12	0,12
Ca	mg/l	34	37	91	94	99	100	110
Cd	mg/l	0,000037	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003
Co	mg/l	0,026	0,022	0,023	0,014	0,0039	0,0015	0,0012
Cr	mg/l	0,4	0,28	0,24	0,18	0,095	0,045	0,027
Cu	mg/l	0,37	0,31	0,3	0,19	0,068	0,033	0,024
Hg	mg/l	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
K	mg/l	200	200	170	130	79	23	9,3
Mn	mg/l	0,001	0,0013	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Mo	mg/l	0,11	0,083	0,074	0,049	0,021	0,0091	0,0045
Na	mg/l	260	200	170	120	36	5,4	2,4
Ni	mg/l	0,076	0,064	0,066	0,04	0,012	0,0047	0,0035
Pb	mg/l	0,00038	0,00039	0,00051	0,0015	0,00059	0,00031	0,00023
Sb	mg/l	0,0016	0,0014	0,0011	0,00086	0,00063	0,00059	0,00054
Se	mg/l	0,009	0,0066	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002
Si	mg/l	9,5	8,3	6,2	6	5,8	4,9	5,7
Sn	mg/l	0,00014	0,00011	0,00014	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
V	mg/l	0,038	0,025	0,017	0,015	0,013	0,011	0,014
Zn	mg/l	0,003	0,003	0,0054	0,003	0,003	0,003	0,003

Prøve nr. 18 (Beton&Tegl): Akkumulerede udvaskede stofmængder								
Akk. L/S	l/kg	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10
pH	-/-	11,8	11,7	11,8	11,9	11,8	11,7	11,8
Ledn.evne	mS/m	290	258	284	253	178	128	123
Fluorid	mg/kg TS	0,052	0,096	0,195	0,38	0,73	1,6	2,95
Klorid	mg/kg TS	18	37	88	134,5	152,5	163,6	171,6
Sulfat	mg/kg TS	10	18,2	38	68	106	196	331
DOC	mg/kg TS	5,1	10,1	21,8	34,3	42,8	54,5	69,5
Al	mg/kg TS	0,58	1,06	2,14	3,89	6,69	12,69	23,19
As	mg/kg TS	0,00061	0,0012	0,00315	0,00505	0,00625	0,00748	0,00883
Ba	mg/kg TS	0,0065	0,0165	0,0585	0,1185	0,2385	0,5985	1,1985
Ca	mg/kg TS	3,4	7,1	34,4	81,4	180,4	480,4	1030,4
Cd	mg/kg TS	0,0000037	0,000067	0,000157	0,000307	0,000607	0,001507	0,003007
Co	mg/kg TS	0,0026	0,0048	0,0117	0,0187	0,0226	0,0271	0,0331
Cr	mg/kg TS	0,04	0,068	0,14	0,23	0,325	0,46	0,595
Cu	mg/kg TS	0,037	0,068	0,158	0,253	0,321	0,42	0,54
Hg	mg/kg TS	0,00001	0,00002	0,00005	0,0001	0,0002	0,0005	0,001
K	mg/kg TS	20	40	91	156	235	304	350,5
Mn	mg/kg TS	0,0001	0,00023	0,00053	0,00103	0,00203	0,00503	0,01003
Mo	mg/kg TS	0,011	0,0193	0,0415	0,066	0,087	0,1143	0,1368
Na	mg/kg TS	26	46	97	157	193	209,2	221,2
Ni	mg/kg TS	0,0076	0,014	0,0338	0,0538	0,0658	0,0799	0,0974
Pb	mg/kg TS	0,000038	0,000077	0,00023	0,00098	0,00157	0,0025	0,00365
Sb	mg/kg TS	0,00016	0,0003	0,00063	0,00106	0,00169	0,00346	0,00616
Se	mg/kg TS	0,0009	0,00156	0,00246	0,00396	0,00596	0,01196	0,02196
Si	mg/kg TS	0,95	1,78	3,64	6,64	12,44	27,14	55,64
Sn	mg/kg TS	0,000014	0,000025	0,000067	0,000117	0,000217	0,000517	0,001017
V	mg/kg TS	0,0038	0,0063	0,0114	0,0189	0,0319	0,0649	0,1349
Zn	mg/kg TS	0,0003	0,0006	0,00222	0,00372	0,00672	0,01572	0,03072

Prøve nr. 23 (Beton): Sammensætning af eluat								
L/S	l/kg	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	0,5-1	1-2	2-5	5-10
pH	-/-	12,2	12,2	12,1	12,1	12	12	12
Ledn.evne	mS/m	558	539	433	265	208	200	186
Fluorid	mg/l	0,7	0,8	0,81	0,58	0,47	0,41	0,41
Klorid	mg/l	370	250	100	36	19	7,3	2,6
Sulfat	mg/l	51	51	33	13	9,5	8,7	14
DOC	mg/l	50	31	8,1	2,4	1,9	1,5	1,3
Al	mg/l	6,6	7,6	6,2	4	3,1	3,2	3,2
As	mg/l	0,0057	0,0022	0,00062	0,00037	0,00025	0,0002	0,0002
Ba	mg/l	0,1	0,084	0,13	0,18	0,19	0,21	0,17
Ca	mg/l	37	28	55	130	150	170	160
Cd	mg/l	0,000038	0,000045	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003
Co	mg/l	0,028	0,015	0,0052	0,0016	0,0012	0,00092	0,00054
Cr	mg/l	0,22	0,22	0,13	0,045	0,037	0,045	0,038
Cu	mg/l	0,3	0,17	0,056	0,014	0,014	0,013	0,0084
Hg	mg/l	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
K	mg/l	340	310	300	140	48	18	7,7
Mn	mg/l	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Mo	mg/l	0,11	0,11	0,061	0,02	0,018	0,018	0,009
Na	mg/l	470	420	220	36	12	5,9	3
Ni	mg/l	0,064	0,034	0,01	0,0025	0,0021	0,0017	0,0011
Pb	mg/l	0,00052	0,0011	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Sb	mg/l	0,00084	0,00068	0,00056	0,00037	0,00031	0,00038	0,0002
Se	mg/l	0,013	0,011	0,0058	0,002	0,002	0,002	0,002
Si	mg/l	8,8	8,1	5,2	2,8	2,4	2,2	2,2
Sn	mg/l	0,00048	0,00038	0,00027	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
V	mg/l	0,019	0,018	0,011	0,004	0,0031	0,0027	0,0032
Zn	mg/l	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003

Prøve nr. 23 (Beton): Akkumulerede udvaskede stofmængder								
Akk. L/S	l/kg	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10
pH	-/-	12,2	12,2	12,1	12,1	12	12	12
Ledn.evne	mS/m	558	539	433	265	208	200	186
Fluorid	mg/kg TS	0,07	0,15	0,393	0,683	1,153	2,383	4,433
Klorid	mg/kg TS	37	62	92	110	129	150,9	163,9
Sulfat	mg/kg TS	5,1	10,2	20,1	26,6	36,1	62,2	132,2
DOC	mg/kg TS	5	8,1	10,53	11,73	13,63	18,13	24,63
Al	mg/kg TS	0,66	1,42	3,28	5,28	8,38	17,98	33,98
As	mg/kg TS	0,00057	0,00079	0,000976	0,001161	0,001411	0,002011	0,003011
Ba	mg/kg TS	0,01	0,0184	0,0574	0,1474	0,3374	0,9674	1,8174
Ca	mg/kg TS	3,7	6,5	23	88	238	748	1548
Cd	mg/kg TS	3,8E-06	8,3E-06	1,73E-05	3,23E-05	6,23E-05	0,000152	0,0003023
Co	mg/kg TS	0,0028	0,0043	0,00586	0,00666	0,00786	0,01062	0,01332
Cr	mg/kg TS	0,022	0,044	0,083	0,1055	0,1425	0,2775	0,4675
Cu	mg/kg TS	0,03	0,047	0,0638	0,0708	0,0848	0,1238	0,1658
Hg	mg/kg TS	0,00001	0,00002	0,00005	0,0001	0,0002	0,0005	0,001
K	mg/kg TS	34	65	155	225	273	327	365,5
Mn	mg/kg TS	0,0001	0,0002	0,0005	0,001	0,002	0,005	0,01
Mo	mg/kg TS	0,011	0,022	0,0403	0,0503	0,0683	0,1223	0,1673
Na	mg/kg TS	47	89	155	173	185	202,7	217,7
Ni	mg/kg TS	0,0064	0,0098	0,0128	0,01405	0,01615	0,02125	0,02675
Pb	mg/kg TS	0,000052	0,000162	0,000252	0,000352	0,000552	0,001152	0,002152
Sb	mg/kg TS	0,000084	0,000152	0,00032	0,000505	0,000815	0,001955	0,002955
Se	mg/kg TS	0,0013	0,0024	0,00414	0,00514	0,00714	0,01314	0,02314
Si	mg/kg TS	0,88	1,69	3,25	4,65	7,05	13,65	24,65
Sn	mg/kg TS	0,000048	0,000086	0,000167	0,000217	0,000317	0,000617	0,001117
V	mg/kg TS	0,0019	0,0037	0,007	0,009	0,0121	0,0202	0,0362
Zn	mg/kg TS	0,0003	0,0006	0,0015	0,003	0,006	0,015	0,03

Prøve nr. 33 (Beton): Sammensætning af eluat								
L/S	l/kg	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	0,5-1	1-2	2-5	5-10
pH	-/-	12,2	12,1	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2
Ledn.evne	mS/m	561	476	474	396	367	330	269
Fluorid	mg/l	0,1	0,12	0,12	0,14	0,13	0,13	0,14
Klorid	mg/l	370	260	180	74	41	14	4,4
Sulfat	mg/l	5,2	4,5	3,2	2,9	3,2	3,6	5
DOC	mg/l	40	24	13	5,3	3,8	2	1,6
Al	mg/l	2,3	2,2	2,4	1,9	1,9	2,1	2
As	mg/l	0,0043	0,0017	0,0013	0,00041	0,00038	0,0002	0,0002
Ba	mg/l	0,5	0,5	0,5	0,42	0,39	0,34	0,23
Ca	mg/l	260	270	310	330	310	300	250
Cd	mg/l	0,000034	0,000031	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003
Co	mg/l	0,016	0,0098	0,0074	0,0036	0,0024	0,0013	0,00089
Cr	mg/l	0,061	0,051	0,041	0,032	0,029	0,03	0,038
Cu	mg/l	0,25	0,16	0,12	0,052	0,043	0,024	0,018
Hg	mg/l	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
K	mg/l	310	240	170	68	36	11	7,1
Mn	mg/l	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Mo	mg/l	0,013	0,01	0,009	0,0068	0,0061	0,006	0,0056
Na	mg/l	280	160	100	24	11	3,1	2,4
Ni	mg/l	0,057	0,034	0,025	0,011	0,0068	0,0036	0,0024
Pb	mg/l	0,0012	0,0011	0,0012	0,00098	0,00088	0,00072	0,0005
Sb	mg/l	0,00073	0,00046	0,0004	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Se	mg/l	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Si	mg/l	1,3	1,1	0,96	0,81	0,72	0,79	0,97
Sn	mg/l	0,00022	0,00052	0,00023	0,00031	0,0001	0,0001	0,0001
V	mg/l	0,00071	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,00052
Zn	mg/l	0,003	0,003	0,0081	0,003	0,003	0,003	0,003

Prøve nr. 33 (Beton): Akkumulerede udvaskede stofmængder								
Akk. L/S	l/kg	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10
pH	-/-	12,2	12,1	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2
Ledn.evne	mS/m	561	476	474	396	367	330	269
Fluorid	mg/kg TS	0,01	0,022	0,058	0,128	0,258	0,648	1,348
Klorid	mg/kg TS	37	63	117	154	195	237	259
Sulfat	mg/kg TS	0,52	0,97	1,93	3,38	6,58	17,38	42,38
DOC	mg/kg TS	4	6,4	10,3	12,95	16,75	22,75	30,75
Al	mg/kg TS	0,23	0,45	1,17	2,12	4,02	10,32	20,32
As	mg/kg TS	0,00043	0,0006	0,00099	0,001195	0,001575	0,002175	0,003175
Ba	mg/kg TS	0,05	0,1	0,25	0,46	0,85	1,87	3,02
Ca	mg/kg TS	26	53	146	311	621	1521	2771
Cd	mg/kg TS	0,0000034	0,0000065	0,0000155	0,0000305	0,0000605	0,0001505	0,0003005
Co	mg/kg TS	0,0016	0,00258	0,0048	0,0066	0,009	0,0129	0,01735
Cr	mg/kg TS	0,0061	0,0112	0,0235	0,0395	0,0685	0,1585	0,3485
Cu	mg/kg TS	0,025	0,041	0,077	0,103	0,146	0,218	0,308
Hg	mg/kg TS	0,00001	0,00002	0,00005	0,0001	0,0002	0,0005	0,001
K	mg/kg TS	31	55	106	140	176	209	244,5
Mn	mg/kg TS	0,0001	0,0002	0,0005	0,001	0,002	0,005	0,01
Mo	mg/kg TS	0,0013	0,0023	0,005	0,0084	0,0145	0,0325	0,0605
Na	mg/kg TS	28	44	74	86	97	106,3	118,3
Ni	mg/kg TS	0,0057	0,0091	0,0166	0,0221	0,0289	0,0397	0,0517
Pb	mg/kg TS	0,00012	0,00023	0,00059	0,00108	0,00196	0,00412	0,00662
Sb	mg/kg TS	0,000073	0,000119	0,000239	0,000339	0,000539	0,001139	0,002139
Se	mg/kg TS	0,0002	0,0004	0,001	0,002	0,004	0,01	0,02
Si	mg/kg TS	0,13	0,24	0,528	0,933	1,653	4,023	8,873
Sn	mg/kg TS	0,000022	0,000074	0,000143	0,000298	0,000398	0,000698	0,001198
V	mg/kg TS	0,000071	0,000121	0,000271	0,000521	0,001021	0,002521	0,005121
Zn	mg/kg TS	0,0003	0,0006	0,00303	0,00453	0,00753	0,01653	0,03153

Prøve nr. 35 (Beton): Sammensætning af eluat								
L/S	l/kg	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	0,5-1	1-2	2-5	5-10
pH	-/-	12,3	12,3	12,3	12,4	12,3	12,2	12,2
Ledn.evne	mS/m	695	632	576	519	492	420	284
Fluorid	mg/l	0,16	0,13	0,13	0,14	0,16	0,24	0,15
Klorid	mg/l	140	120	72	37	34	12	3,4
Sulfat	mg/l	6,4	4	2,4	1,5	2,3	3,2	5,4
DOC	mg/l	50	37	14	6	6,2	2,5	1,8
Al	mg/l	2,8	2	1,5	1,2	1,1	1,1	1,6
As	mg/l	0,0049	0,0026	0,0012	0,00041	0,00031	0,0002	0,0002
Ba	mg/l	0,52	0,67	0,76	0,67	0,58	0,53	0,32
Ca	mg/l	180	260	360	430	420	370	250
Cd	mg/l	0,000046	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003
Co	mg/l	0,018	0,012	0,0068	0,0034	0,0021	0,0013	0,001
Cr	mg/l	0,055	0,042	0,028	0,02	0,017	0,017	0,044
Cu	mg/l	0,34	0,22	0,12	0,055	0,032	0,021	0,017
Hg	mg/l	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
K	mg/l	390	300	180	71	27	12	6,7
Mn	mg/l	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Mo	mg/l	0,024	0,019	0,014	0,01	0,0088	0,0093	0,013
Na	mg/l	340	220	100	28	10	4,9	2,8
Ni	mg/l	0,075	0,05	0,027	0,012	0,0063	0,0037	0,0028
Pb	mg/l	0,0013	0,0011	0,0011	0,0011	0,00077	0,00063	0,0003
Sb	mg/l	0,00065	0,00049	0,00031	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Se	mg/l	0,0029	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Si	mg/l	1,6	0,91	0,64	0,47	0,43	0,48	0,73
Sn	mg/l	0,0001	0,0001	0,00015	0,00011	0,0001	0,0001	0,0001
V	mg/l	0,00089	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Zn	mg/l	0,003	0,0032	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003



Prøve nr. 35 (Beton): Akkumulerede udvaskede stofmængder								
Akk. L/S	l/kg	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10
pH	-/-	12,3	12,3	12,3	12,4	12,3	12,2	12,2
Ledn.evne	mS/m	695	632	576	519	492	420	284
Fluorid	mg/kg TS	0,016	0,029	0,068	0,138	0,298	1,018	1,768
Klorid	mg/kg TS	14	26	47,6	66,1	100,1	136,1	153,1
Sulfat	mg/kg TS	0,64	1,04	1,76	2,51	4,81	14,41	41,41
DOC	mg/kg TS	5	8,7	12,9	15,9	22,1	29,6	38,6
Al	mg/kg TS	0,28	0,48	0,93	1,53	2,63	5,93	13,93
As	mg/kg TS	0,00049	0,00075	0,00111	0,001315	0,001625	0,002225	0,003225
Ba	mg/kg TS	0,052	0,119	0,347	0,682	1,262	2,852	4,452
Ca	mg/kg TS	18	44	152	367	787	1897	3147
Cd	mg/kg TS	0,0000046	0,0000076	0,0000166	0,0000316	0,0000616	0,0001516	0,0003016
Co	mg/kg TS	0,0018	0,003	0,00504	0,00674	0,00884	0,01274	0,01774
Cr	mg/kg TS	0,0055	0,0097	0,0181	0,0281	0,0451	0,0961	0,3161
Cu	mg/kg TS	0,034	0,056	0,092	0,1195	0,1515	0,2145	0,2995
Hg	mg/kg TS	0,00001	0,00002	0,00005	0,0001	0,0002	0,0005	0,001
K	mg/kg TS	39	69	123	158,5	185,5	221,5	255
Mn	mg/kg TS	0,0001	0,0002	0,0005	0,001	0,002	0,005	0,01
Mo	mg/kg TS	0,0024	0,0043	0,0085	0,0135	0,0223	0,0502	0,1152
Na	mg/kg TS	34	56	86	100	110	124,7	138,7
Ni	mg/kg TS	0,0075	0,0125	0,0206	0,0266	0,0329	0,044	0,058
Pb	mg/kg TS	0,00013	0,00024	0,00057	0,00112	0,00189	0,00378	0,00528
Sb	mg/kg TS	0,000065	0,000114	0,000207	0,000307	0,000507	0,001107	0,002107
Se	mg/kg TS	0,00029	0,00049	0,00109	0,00209	0,00409	0,01009	0,02009
Si	mg/kg TS	0,16	0,251	0,443	0,678	1,108	2,548	6,198
Sn	mg/kg TS	0,00001	0,00002	0,000065	0,00012	0,00022	0,00052	0,00102
V	mg/kg TS	0,000089	0,000139	0,000289	0,000539	0,001039	0,002539	0,005039
Zn	mg/kg TS	0,0003	0,00062	0,00152	0,00302	0,00602	0,01502	0,03002

Prøve nr. 37 (Tegl): Sammensætning af eluat								
L/S	l/kg	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	0,5-1	1-2	2-5	5-10
pH	-/-	10,8	10,9	11,5	11,7	11,3	11,4	11,3
Ledn.evne	mS/m	170	130	125	107	69,8	63,7	49,9
Fluorid	mg/l	0,3	0,35	0,45	0,41	0,33	0,32	0,23
Klorid	mg/l	240	140	54	5,8	2,5	1,4	1
Sulfat	mg/l	140	120	83	38	33	33	18
DOC	mg/l	42	31	16	5,2	3,1	2,1	1,7
Al	mg/l	0,91	1,5	2	1,8	1,3	1,2	0,98
As	mg/l	0,0056	0,0044	0,0028	0,0016	0,00097	0,00093	0,0008
Ba	mg/l	0,029	0,017	0,013	0,014	0,016	0,018	0,013
Ca	mg/l	77	38	27	33	42	56	53
Cd	mg/l	0,00003	0,000033	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003
Co	mg/l	0,026	0,019	0,0096	0,0023	0,0012	0,00081	0,00052
Cr	mg/l	0,44	0,38	0,23	0,054	0,033	0,018	0,012
Cu	mg/l	0,15	0,12	0,075	0,023	0,014	0,0087	0,0063
Hg	mg/l	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
K	mg/l	150	120	110	90	56	21	10
Mn	mg/l	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0016	0,001
Mo	mg/l	0,082	0,065	0,038	0,0071	0,0045	0,0026	0,0017
Na	mg/l	160	130	97	40	9,7	2,9	1,4
Ni	mg/l	0,03	0,023	0,013	0,0031	0,0016	0,001	0,00069
Pb	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Sb	mg/l	0,001	0,00082	0,00078	0,00062	0,00049	0,00045	0,00052
Se	mg/l	0,008	0,0075	0,0031	0,002	0,002	0,002	0,002
Si	mg/l	15	18	22	20	17	16	17
Sn	mg/l	0,0001	0,0001	0,00013	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
V	mg/l	0,12	0,13	0,15	0,11	0,074	0,06	0,067
Zn	mg/l	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003

Prøve nr. 37 (Tegl): Akkumulerede udvaskede stofmængder								
Akk. L/S	l/kg	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10
pH	-/-	10,8	10,9	11,5	11,7	11,3	11,4	11,3
Ledn.evne	mS/m	170	130	125	107	69,8	63,7	49,9
Fluorid	mg/kg TS	0,03	0,065	0,2	0,405	0,735	1,695	2,845
Klorid	mg/kg TS	24	38	54,2	57,1	59,6	63,8	68,8
Sulfat	mg/kg TS	14	26	50,9	69,9	102,9	201,9	291,9
DOC	mg/kg TS	4,2	7,3	12,1	14,7	17,8	24,1	32,6
Al	mg/kg TS	0,091	0,241	0,841	1,741	3,041	6,641	11,541
As	mg/kg TS	0,00056	0,001	0,00184	0,00264	0,00361	0,0064	0,0104
Ba	mg/kg TS	0,0029	0,0046	0,0085	0,0155	0,0315	0,0855	0,1505
Ca	mg/kg TS	7,7	11,5	19,6	36,1	78,1	246,1	511,1
Cd	mg/kg TS	0,000003	0,0000063	0,0000153	0,0000303	0,0000603	0,0001503	0,0003003
Co	mg/kg TS	0,0026	0,0045	0,00738	0,00853	0,00973	0,01216	0,01476
Cr	mg/kg TS	0,044	0,082	0,151	0,178	0,211	0,265	0,325
Cu	mg/kg TS	0,015	0,027	0,0495	0,061	0,075	0,1011	0,1326
Hg	mg/kg TS	0,00001	0,00002	0,00005	0,0001	0,0002	0,0005	0,001
K	mg/kg TS	15	27	60	105	161	224	274
Mn	mg/kg TS	0,0001	0,0002	0,0005	0,001	0,002	0,0068	0,0118
Mo	mg/kg TS	0,0082	0,0147	0,0261	0,02965	0,03415	0,04195	0,05045
Na	mg/kg TS	16	29	58,1	78,1	87,8	96,5	103,5
Ni	mg/kg TS	0,003	0,0053	0,0092	0,01075	0,01235	0,01535	0,0188
Pb	mg/kg TS	0,00002	0,00004	0,0001	0,0002	0,0004	0,001	0,002
Sb	mg/kg TS	0,0001	0,000182	0,000416	0,000726	0,001216	0,002566	0,005166
Se	mg/kg TS	0,0008	0,00155	0,00248	0,00348	0,00548	0,01148	0,02148
Si	mg/kg TS	1,5	3,3	9,9	19,9	36,9	84,9	169,9
Sn	mg/kg TS	0,00001	0,00002	0,000059	0,000109	0,000209	0,000509	0,001009
V	mg/kg TS	0,012	0,025	0,07	0,125	0,199	0,379	0,714
Zn	mg/kg TS	0,0003	0,0006	0,0015	0,003	0,006	0,015	0,03

Prøve nr. 40 (Beton): Sammensætning af eluat								
L/S	l/kg	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	0,5-1	1-2	2-5	5-10
pH	-/-	12,38	12,2	12,3	12,3	12,3	12,3	12,2
Ledn.evne	mS/m	887	700	532	469	406	371	284
Fluorid	mg/l	0,45	0,65	0,19	0,16	0,17	0,16	0,18
Klorid	mg/l	210	140	72	40	31	11	4,2
Sulfat	mg/l	37	23	4,4	2,4	3,1	3,2	4,3
DOC	mg/l	250	88	14	6,7	1,1	2,7	1,9
Al	mg/l	14	12	3,6	1,9	2	1,7	1,7
As	mg/l	0,014	0,0039	0,00059	0,00027	0,0002	0,00026	0,0002
Ba	mg/l	0,075	0,053	0,49	0,52	0,53	0,45	0,3
Ca	mg/l	26	11	220	390	340	330	250
Cd	mg/l	0,000043	0,000033	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003
Co	mg/l	0,069	0,027	0,0084	0,0041	0,0029	0,0017	0,0011
Cr	mg/l	0,088	0,06	0,022	0,015	0,015	0,015	0,022
Cu	mg/l	0,71	0,28	0,074	0,034	0,034	0,018	0,012
Hg	mg/l	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
K	mg/l	690	610	290	78	43	13	7,6
Mn	mg/l	0,0015	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Mo	mg/l	0,051	0,037	0,016	0,01	0,01	0,011	0,012
Na	mg/l	830	520	110	17	14	4	2,7
Ni	mg/l	0,22	0,079	0,021	0,0094	0,0081	0,0045	0,0029
Pb	mg/l	0,0011	0,001	0,0011	0,00087	0,00088	0,00094	0,00039
Sb	mg/l	0,0031	0,0019	0,00048	0,0002	0,0002	0,0002	0,00022
Se	mg/l	0,0054	0,0046	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Si	mg/l	14	13	1,4	0,75	0,63	0,62	0,81
Sn	mg/l	0,00083	0,00095	0,00021	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
V	mg/l	0,018	0,012	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Zn	mg/l	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003

Prøve nr. 40 (Beton): Akkumulerede udvaskede stofmængder								
Akk. L/S	l/kg	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10
pH	-/-	12,38	12,2	12,3	12,3	12,3	12,3	12,2
Ledn.evne	mS/m	887	700	532	469	406	371	284
Fluorid	mg/kg TS	0,045	0,11	0,167	0,247	0,417	0,897	1,797
Klorid	mg/kg TS	21	35	56,6	76,6	107,6	140,6	161,6
Sulfat	mg/kg TS	3,7	6	7,32	8,52	11,62	21,22	42,72
DOC	mg/kg TS	25	33,8	38	41,35	42,45	50,55	60,05
Al	mg/kg TS	1,4	2,6	3,68	4,63	6,63	11,73	20,23
As	mg/kg TS	0,0014	0,00179	0,001967	0,002102	0,002302	0,003082	0,004082
Ba	mg/kg TS	0,0075	0,0128	0,1598	0,4198	0,9498	2,2998	3,7998
Ca	mg/kg TS	2,6	3,7	69,7	264,7	604,7	1594,7	2844,7
Cd	mg/kg TS	0,0000043	0,0000076	0,0000166	0,0000316	0,0000616	0,0001516	0,0003016
Co	mg/kg TS	0,0069	0,0096	0,01212	0,01417	0,01707	0,02217	0,02767
Cr	mg/kg TS	0,0088	0,0148	0,0214	0,0289	0,0439	0,0889	0,1989
Cu	mg/kg TS	0,071	0,099	0,1212	0,1382	0,1722	0,2262	0,2862
Hg	mg/kg TS	0,00001	0,00002	0,00005	0,0001	0,0002	0,0005	0,001
K	mg/kg TS	69	130	217	256	299	338	376
Mn	mg/kg TS	0,00015	0,00025	0,00055	0,00105	0,00205	0,00505	0,01005
Mo	mg/kg TS	0,0051	0,0088	0,0136	0,0186	0,0286	0,0616	0,1216
Na	mg/kg TS	83	135	168	176,5	190,5	202,5	216
Ni	mg/kg TS	0,022	0,0299	0,0362	0,0409	0,049	0,0625	0,077
Pb	mg/kg TS	0,00011	0,00021	0,00054	0,000975	0,001855	0,004675	0,006625
Sb	mg/kg TS	0,00031	0,0005	0,000644	0,000744	0,000944	0,001544	0,002644
Se	mg/kg TS	0,00054	0,001	0,0016	0,0026	0,0046	0,0106	0,0206
Si	mg/kg TS	1,4	2,7	3,12	3,495	4,125	5,985	10,035
Sn	mg/kg TS	0,000083	0,000178	0,000241	0,000291	0,000391	0,000691	0,001191
V	mg/kg TS	0,0018	0,003	0,00315	0,0034	0,0039	0,0054	0,0079
Zn	mg/kg TS	0,0003	0,0006	0,0015	0,003	0,006	0,015	0,03

## Bilag 11. Resultater af kolonneudvaskningstests (prøver fra 2011/2012)

### Beton

DTU3: Sammensætning af eluat								
L/S	l/kg	0,1	0,3	0,5	1,2	2,1	4,8	10,0
Al	mg/l	2,12	1,69	1,58	1,62	1,53	1,51	2,19
As	mg/l	0,0083	0,0035	0,0105	0,0673	0,0035	0,0035	0,0035
Ba	mg/l	0,2515	0,3134	0,2839	0,2960	0,2259	0,2258	0,2130
Be	mg/l	0,0008	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
Ca	mg/l	182	228	248	334	285	281	248
Cd	mg/l	0,0009	0,0009	0,0005	0,0011	0,0005	0,0009	0,0005
Co	mg/l	0,0164	0,0116	0,0077	0,0104	0,0035	0,0039	0,0060
Cr	mg/l	0,0469	0,0335	0,0493	0,0232	0,0202	0,0203	0,0272
Cr(VI)	mg/l	0,0423	0,0290	0,0232	0,0145	0,0163	0,0136	0,0256
Cu	mg/l	0,0974	0,0921	0,0312	0,0212	0,0104	0,0310	0,0324
Fe	mg/l	0,2436	0,1025	0,2292	0,0350	0,0350	0,0350	0,0350
K	mg/l	402	291	153	70	35,5	16,0	11,3
Li	mg/l	0,2797	0,2610	0,1710	0,0928	0,0536	0,0278	0,0225
Mg	mg/l	0,0065	0,0038	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
Mn	mg/l	0,0078	0,0083	0,0072	0,0070	0,0070	0,0083	0,0090
Mo	mg/l	0,0204	0,0216	0,0193	0,0136	0,0089	0,0124	0,0089
Na	mg/l	450	228	114	44	17,5	7,9	6,4
Ni	mg/l	0,0312	0,0186	0,0118	0,0080	0,0053	0,0061	0,0015
P	mg/l	0,1182	0,0538	0,0574	0,0035	0,0315	0,0088	0,0378
Pb	mg/l	0,0425	0,0222	0,0374	0,0070	0,0389	0,0186	0,0301
S	mg/l	5,4	7,2	2,5	1,8	1,5	1,3	2,4
Sb	mg/l	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070
Se	mg/l	0,0177	0,0613	0,0559	0,0839	0,0146	0,0035	0,0071
Si	mg/l	1,19	0,80	0,69	0,81	0,68	0,59	0,85
Sn	mg/l	0,0151	0,0242	0,0035	0,0315	0,0035	0,0184	0,0035
Sr	mg/l	5,51	7,28	7,12	7,07	4,91	3,66	1,97
V	mg/l	0,0072	0,0130	0,0108	0,0084	0,0109	0,0102	0,0145
Zn	mg/l	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070

## Beton

DTU3: Akkumulerede udvaskede stofmængder								
L/S	l/kg	0,1	0,3	0,5	1,2	2,1	4,8	10,0
Al	mg/kg TS	0,29	0,49	0,95	1,96	3,35	7,43	18,83
As	mg/kg TS	0,0011	0,0015	0,0047	0,0465	0,0497	0,0591	0,0773
Ba	mg/kg TS	0,0344	0,0706	0,1551	0,3389	0,5444	1,1547	2,2633
Be	mg/kg TS	0,0001	0,0003	0,0007	0,0017	0,0030	0,0071	0,0149
Ca	mg/kg TS	25	51	125	332	591	1351	2644
Cd	mg/kg TS	0,0001	0,0002	0,0004	0,0011	0,0015	0,0039	0,0065
Co	mg/kg TS	0,0022	0,0036	0,0059	0,0123	0,0155	0,0260	0,0572
Cr	mg/kg TS	0,0064	0,0103	0,0249	0,0394	0,0577	0,1127	0,2544
Cr(VI)	mg/kg TS	0,0058	0,0091	0,0160	0,0251	0,0399	0,0767	0,2097
Cu	mg/kg TS	0,0133	0,0239	0,0332	0,0464	0,0559	0,1398	0,3086
Fe	mg/kg TS	0,0333	0,0451	0,1134	0,1351	0,1669	0,2615	0,4437
K	mg/kg TS	55	89	134	178	209,9	253,2	311,9
Li	mg/kg TS	0,0382	0,0684	0,1193	0,1769	0,2256	0,3008	0,4181
Mg	mg/kg TS	0,0009	0,0013	0,0024	0,0045	0,0077	0,0172	0,0354
Mn	mg/kg TS	0,0011	0,0020	0,0042	0,0085	0,0149	0,0374	0,0840
Mo	mg/kg TS	0,0028	0,0053	0,0110	0,0195	0,0276	0,0611	0,1074
Na	mg/kg TS	61	88	122	149	164,9	186,2	219,8
Ni	mg/kg TS	0,0043	0,0064	0,0099	0,0149	0,0197	0,0361	0,0439
P	mg/kg TS	0,0161	0,0224	0,0395	0,0416	0,0703	0,0941	0,2908
Pb	mg/kg TS	0,0058	0,0084	0,0195	0,0238	0,0593	0,1095	0,2664
S	mg/kg TS	0,7	1,6	2,3	3,4	4,8	8,3	20,7
Sb	mg/kg TS	0,0010	0,0018	0,0038	0,0082	0,0146	0,0335	0,0699
Se	mg/kg TS	0,0024	0,0095	0,0261	0,0782	0,0915	0,1010	0,1381
Si	mg/kg TS	0,16	0,25	0,46	0,96	1,58	3,18	7,59
Sn	mg/kg TS	0,0021	0,0049	0,0059	0,0255	0,0287	0,0784	0,0966
Sr	mg/kg TS	0,75	1,59	3,71	8,10	12,57	22,47	32,72
V	mg/kg TS	0,0010	0,0025	0,0057	0,0109	0,0208	0,0484	0,1240
Zn	mg/kg TS	0,0010	0,0018	0,0038	0,0082	0,0146	0,0335	0,0699

## Beton

DTU5: Sammensætning af eluat								
L/S	l/kg	0,1	0,2	0,5	1,0	1,9	4,3	10,1
Al	mg/l	1,45	0,85	0,77	0,72	0,67	0,65	1,31
As	mg/l	0,0035	0,0139	0,0312	0,0035	0,0035	0,0035	0,0050
Ba	mg/l	0,3663	0,5986	0,5602	0,6115	0,4938	0,5342	0,4406
Be	mg/l	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
Ca	mg/l	145	321	362	464	441	431	351
Cd	mg/l	0,0017	0,0005	0,0005	0,0014	0,0005	0,0019	0,0005
Co	mg/l	0,0289	0,0074	0,0059	0,0039	0,0035	0,0035	0,0035
Cr	mg/l	0,0937	0,0485	0,0297	0,0252	0,0243	0,0238	0,0307
Cr(VI)	mg/l	0,0922	0,0429	0,0325	0,0261	0,0207	0,0170	0,0301
Cu	mg/l	0,1164	0,0413	0,0205	0,0111	0,0070	0,0103	0,0095
Fe	mg/l	0,6784	0,1943	0,0616	0,0350	0,0350	0,0350	0,0350
K	mg/l	592	381	248	100	40,1	17,4	11,6
Li	mg/l	0,5368	0,4332	0,2912	0,1694	0,0930	0,0463	0,0358
Mg	mg/l	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
Mn	mg/l	0,0092	0,0083	0,0070	0,0070	0,0070	0,0085	0,0076
Mo	mg/l	0,0284	0,0053	0,0135	0,0093	0,0057	0,0093	0,0063
Na	mg/l	768	319	132	51	16,4	7,7	6,1
Ni	mg/l	0,0493	0,0197	0,0039	0,0081	0,0068	0,0015	0,0029
P	mg/l	0,3446	0,0869	0,0444	0,0412	0,0508	0,3629	0,0230
Pb	mg/l	0,0559	0,0445	0,0195	0,0403	0,0179	0,0292	0,0199
S	mg/l	10,0	3,3	11,0	5,5	0,9	1,0	1,6
Sb	mg/l	0,0078	0,0135	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070
Se	mg/l	0,0605	0,0350	0,0215	0,0149	0,0214	0,0148	0,0035
Si	mg/l	1,27	0,59	0,34	0,51	0,36	0,24	0,64
Sn	mg/l	0,0147	0,0035	0,0035	0,0062	0,0035	0,0123	0,0040
Sr	mg/l	7,24	11,27	10,86	9,31	6,36	4,87	2,20
V	mg/l	0,0139	0,0101	0,0088	0,0079	0,0112	0,0070	0,0070
Zn	mg/l	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070



## Beton

DTU5: Akkumulerede udvaskede stofmængder								
L/S	l/kg	0,1	0,2	0,5	1,0	1,9	4,3	10,1
Al	mg/kg TS	0,19	0,28	0,48	0,87	1,45	2,99	10,60
As	mg/kg TS	0,0005	0,0019	0,0100	0,0119	0,0149	0,0232	0,0521
Ba	mg/kg TS	0,0474	0,1103	0,2554	0,5886	1,0202	2,2767	4,8365
Be	mg/kg TS	0,0002	0,0004	0,0007	0,0016	0,0029	0,0064	0,0151
Ca	mg/kg TS	19	52	146	399	785	1798	3838
Cd	mg/kg TS	0,0002	0,0003	0,0004	0,0011	0,0016	0,0062	0,0091
Co	mg/kg TS	0,0037	0,0045	0,0061	0,0082	0,0113	0,0195	0,0398
Cr	mg/kg TS	0,0121	0,0172	0,0249	0,0387	0,0599	0,1159	0,2942
Cr(VI)	mg/kg TS	0,0119	0,0164	0,0249	0,0391	0,0572	0,0972	0,2719
Cu	mg/kg TS	0,0151	0,0194	0,0247	0,0308	0,0369	0,0611	0,1163
Fe	mg/kg TS	0,0879	0,1083	0,1242	0,1433	0,1739	0,2562	0,4596
K	mg/kg TS	77	117	181	235	270,5	311,3	378,9
Li	mg/kg TS	0,0695	0,1150	0,1904	0,2827	0,3640	0,4729	0,6809
Mg	mg/kg TS	0,0005	0,0008	0,0017	0,0036	0,0067	0,0149	0,0353
Mn	mg/kg TS	0,0012	0,0021	0,0039	0,0077	0,0138	0,0338	0,0781
Mo	mg/kg TS	0,0037	0,0042	0,0077	0,0128	0,0178	0,0396	0,0763
Na	mg/kg TS	99	133	167	195	209,4	227,4	262,6
Ni	mg/kg TS	0,0064	0,0085	0,0095	0,0139	0,0198	0,0233	0,0400
P	mg/kg TS	0,0446	0,0537	0,0652	0,0877	0,1321	0,9858	1,1195
Pb	mg/kg TS	0,0072	0,0119	0,0169	0,0389	0,0545	0,1233	0,2388
S	mg/kg TS	1,3	1,6	4,5	7,5	8,3	10,5	19,6
Sb	mg/kg TS	0,0010	0,0024	0,0042	0,0081	0,0142	0,0306	0,0713
Se	mg/kg TS	0,0078	0,0115	0,0171	0,0252	0,0439	0,0787	0,0991
Si	mg/kg TS	0,17	0,23	0,32	0,59	0,90	1,48	5,22
Sn	mg/kg TS	0,0019	0,0023	0,0032	0,0066	0,0096	0,0384	0,0616
Sr	mg/kg TS	0,94	2,12	4,93	10,01	15,57	27,03	39,81
V	mg/kg TS	0,0018	0,0029	0,0051	0,0095	0,0193	0,0357	0,0764
Zn	mg/kg TS	0,0009	0,0016	0,0035	0,0073	0,0134	0,0299	0,0705

## Beton

DTU7: Sammensætning af eluat								
L/S	l/kg	0,1	0,3	0,6	1,2	2,2	5,2	9,9
Al	mg/l	9,21	7,95	6,13	5,08	4,57	4,34	4,66
As	mg/l	0,0035	0,0035	0,0035	0,0058	0,0107	0,0082	0,0051
Ba	mg/l	0,0489	0,0917	0,0526	0,2588	0,2977	0,2435	0,2868
Be	mg/l	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
Ca	mg/l	26	32	21	186	217	152	172
Cd	mg/l	0,0010	0,0013	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0019
Co	mg/l	0,0197	0,0087	0,0092	0,0035	0,0043	0,0035	0,0038
Cr	mg/l	0,1885	0,1135	0,0660	0,0369	0,0333	0,0332	0,0453
Cr(VI)	mg/l	0,1800	0,1106	0,0605	0,0334	0,0280	0,0255	0,0366
Cu	mg/l	0,0943	0,0416	0,0231	0,0257	0,0229	0,0236	0,0105
Fe	mg/l	1,3456	0,6233	0,2040	0,0350	0,0350	0,0350	0,0350
K	mg/l	589	519	284	100	34,0	13,0	8,6
Li	mg/l	1,0262	0,9109	0,5863	0,2593	0,1080	0,0498	0,0369
Mg	mg/l	0,0096	0,0035	0,0091	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
Mn	mg/l	0,0077	0,0080	0,0079	0,0074	0,0086	0,0070	0,0098
Mo	mg/l	0,1021	0,0530	0,0340	0,0202	0,0124	0,0100	0,0144
Na	mg/l	546	326	120	29	7,1	3,1	2,6
Ni	mg/l	0,0260	0,0017	0,0050	0,0063	0,0015	0,0049	0,0038
P	mg/l	0,2027	0,0965	0,0568	0,0088	0,0035	0,0315	0,0404
Pb	mg/l	0,0246	0,0446	0,0491	0,0240	0,0204	0,0195	0,0247
S	mg/l	10,5	13,8	3,4	1,8	1,3	1,3	2,4
Sb	mg/l	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070
Se	mg/l	0,0035	0,0371	0,0193	0,0238	0,0191	0,0288	0,0557
Si	mg/l	6,81	2,66	1,81	1,24	0,97	0,99	1,37
Sn	mg/l	0,0035	0,0271	0,0035	0,0100	0,0036	0,0035	0,0069
Sr	mg/l	1,11	2,00	1,41	5,24	5,99	4,08	2,78
V	mg/l	0,0172	0,0102	0,0101	0,0071	0,0090	0,0137	0,0140
Zn	mg/l	0,0070	0,0290	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070

## Beton

DTU7: Akkumulerede udvaskede stofmængder								
L/S	l/kg	0,1	0,3	0,6	1,2	2,2	5,2	9,9
Al	mg/kg TS	1,22	2,22	4,17	7,57	12,05	24,86	46,73
As	mg/kg TS	0,0005	0,0009	0,0020	0,0059	0,0164	0,0407	0,0646
Ba	mg/kg TS	0,0065	0,0180	0,0348	0,2076	0,4997	1,2184	2,5661
Be	mg/kg TS	0,0002	0,0004	0,0009	0,0019	0,0033	0,0078	0,0148
Ca	mg/kg TS	3	7	14	138	351	799	1606
Cd	mg/kg TS	0,0001	0,0003	0,0005	0,0008	0,0013	0,0029	0,0119
Co	mg/kg TS	0,0026	0,0037	0,0066	0,0090	0,0132	0,0235	0,0413
Cr	mg/kg TS	0,0249	0,0392	0,0603	0,0849	0,1176	0,2155	0,4286
Cr(VI)	mg/kg TS	0,0238	0,0377	0,0570	0,0793	0,1067	0,1819	0,3538
Cu	mg/kg TS	0,0125	0,0177	0,0251	0,0422	0,0647	0,1343	0,1835
Fe	mg/kg TS	0,1780	0,2564	0,3214	0,3448	0,3791	0,4824	0,6469
K	mg/kg TS	78	143	234	301	334,0	372,4	412,8
Li	mg/kg TS	0,1357	0,2504	0,4371	0,6102	0,7162	0,8631	1,0363
Mg	mg/kg TS	0,0013	0,0017	0,0046	0,0070	0,0104	0,0207	0,0372
Mn	mg/kg TS	0,0010	0,0020	0,0045	0,0095	0,0179	0,0385	0,0847
Mo	mg/kg TS	0,0135	0,0202	0,0310	0,0445	0,0566	0,0861	0,1540
Na	mg/kg TS	72	113	151	171	177,7	186,9	199,0
Ni	mg/kg TS	0,0034	0,0037	0,0053	0,0094	0,0109	0,0254	0,0431
P	mg/kg TS	0,0268	0,0390	0,0571	0,0629	0,0664	0,1594	0,3491
Pb	mg/kg TS	0,0033	0,0089	0,0245	0,0405	0,0606	0,1182	0,2341
S	mg/kg TS	1,4	3,1	4,2	5,4	6,7	10,6	21,8
Sb	mg/kg TS	0,0009	0,0018	0,0040	0,0087	0,0156	0,0362	0,0691
Se	mg/kg TS	0,0005	0,0051	0,0113	0,0272	0,0459	0,1309	0,3926
Si	mg/kg TS	0,90	1,24	1,81	2,64	3,59	6,50	12,95
Sn	mg/kg TS	0,0005	0,0039	0,0050	0,0117	0,0152	0,0256	0,0579
Sr	mg/kg TS	0,15	0,40	0,85	4,35	10,22	22,26	35,33
V	mg/kg TS	0,0023	0,0036	0,0068	0,0115	0,0203	0,0606	0,1264
Zn	mg/kg TS	0,0009	0,0046	0,0068	0,0115	0,0184	0,0390	0,0719

## Beton

DTU8: Sammensætning af eluat								
L/S	l/kg	0,1	0,3	0,6	1,4	2,5	5,9	10,5
Al	mg/l	13,04	12,15	8,89	4,83	4,32	4,04	4,09
As	mg/l	0,0121	0,0035	0,0546	0,0158	0,0035	0,0036	0,0163
Ba	mg/l	0,0412	0,0624	0,0226	0,1574	0,1994	0,1513	0,2778
Be	mg/l	0,0015	0,0015	0,0017	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
Ca	mg/l	24	21	7	95	99	60	185
Cd	mg/l	0,0005	0,0015	0,0005	0,0006	0,0005	0,0012	0,0016
Co	mg/l	0,0789	0,0366	0,0162	0,0048	0,0080	0,0055	0,0070
Cr	mg/l	0,5356	0,3551	0,1738	0,0519	0,0377	0,0337	0,0417
Cr(VI)	mg/l	0,5230	0,3401	0,1620	0,0464	0,0316	0,0293	0,0371
Cu	mg/l	0,4160	0,1720	0,0654	0,0327	0,0178	0,0196	0,0360
Fe	mg/l	2,2748	1,0466	0,3157	0,0350	0,0350	0,0350	0,0350
K	mg/l	816	737	507	127	30,3	10,2	6,6
Li	mg/l	1,2434	1,2351	0,8389	0,2955	0,1108	0,0505	0,0336
Mg	mg/l	0,0094	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
Mn	mg/l	0,0104	0,0089	0,0074	0,0102	0,0097	0,0113	0,0084
Mo	mg/l	0,2414	0,1380	0,0606	0,0240	0,0101	0,0180	0,0120
Na	mg/l	757	541	234	40	5,8	2,4	2,0
Ni	mg/l	0,0774	0,0367	0,0236	0,0102	0,0099	0,0036	0,0015
P	mg/l	0,4668	0,1487	0,0894	0,0250	0,0772	0,0563	0,0785
Pb	mg/l	0,0311	0,0537	0,0296	0,0231	0,0580	0,0302	0,0259
S	mg/l	32,7	21,1	11,7	3,5	2,4	1,9	2,8
Sb	mg/l	0,0108	0,0070	0,0206	0,0157	0,0276	0,0255	0,0070
Se	mg/l	0,0597	0,0249	0,1240	0,0472	0,0218	0,0584	0,0427
Si	mg/l	17,97	6,39	4,27	2,15	1,57	1,29	1,53
Sn	mg/l	0,0037	0,0513	0,0258	0,0035	0,0156	0,0089	0,0299
Sr	mg/l	0,87	0,94	0,56	3,40	4,80	3,29	3,47
V	mg/l	0,0380	0,0205	0,0199	0,0114	0,0070	0,0079	0,0080
Zn	mg/l	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0148	0,0070

## Beton

DTU8: Akkumulerede udvaskede stofmængder								
L/S	l/kg	0,1	0,3	0,6	1,4	2,5	5,9	10,5
Al	mg/kg TS	1,79	3,53	6,75	10,42	15,29	28,94	47,65
As	mg/kg TS	0,0017	0,0022	0,0219	0,0339	0,0378	0,0500	0,1245
Ba	mg/kg TS	0,0056	0,0146	0,0228	0,1427	0,3672	0,8782	2,1506
Be	mg/kg TS	0,0002	0,0004	0,0010	0,0022	0,0039	0,0089	0,0158
Ca	mg/kg TS	3	6	9	81	193	395	1245
Cd	mg/kg TS	0,0001	0,0003	0,0005	0,0009	0,0015	0,0055	0,0129
Co	mg/kg TS	0,0108	0,0161	0,0219	0,0255	0,0346	0,0531	0,0851
Cr	mg/kg TS	0,0733	0,1243	0,1872	0,2268	0,2692	0,3830	0,5739
Cr(VI)	mg/kg TS	0,0716	0,1204	0,1790	0,2144	0,2500	0,3489	0,5190
Cu	mg/kg TS	0,0570	0,0817	0,1053	0,1302	0,1502	0,2164	0,3815
Fe	mg/kg TS	0,3115	0,4618	0,5759	0,6026	0,6420	0,7602	0,9205
K	mg/kg TS	112	218	401	498	532,0	566,4	596,8
Li	mg/kg TS	0,1703	0,3476	0,6509	0,8761	1,0009	1,1716	1,3255
Mg	mg/kg TS	0,0013	0,0018	0,0031	0,0057	0,0097	0,0215	0,0375
Mn	mg/kg TS	0,0014	0,0027	0,0054	0,0132	0,0241	0,0623	0,1009
Mo	mg/kg TS	0,0331	0,0529	0,0748	0,0931	0,1045	0,1653	0,2204
Na	mg/kg TS	104	181	266	296	302,9	310,9	320,0
Ni	mg/kg TS	0,0106	0,0159	0,0244	0,0322	0,0433	0,0554	0,0622
P	mg/kg TS	0,0639	0,0853	0,1176	0,1367	0,2236	0,4137	0,7732
Pb	mg/kg TS	0,0043	0,0120	0,0227	0,0403	0,1056	0,2077	0,3263
S	mg/kg TS	4,5	7,5	11,7	14,4	17,0	23,5	36,3
Sb	mg/kg TS	0,0015	0,0025	0,0099	0,0219	0,0529	0,1392	0,1713
Se	mg/kg TS	0,0082	0,0118	0,0566	0,0925	0,1171	0,3145	0,5099
Si	mg/kg TS	2,46	3,38	4,92	6,56	8,34	12,70	19,73
Sn	mg/kg TS	0,0005	0,0079	0,0172	0,0198	0,0374	0,0675	0,2043
Sr	mg/kg TS	0,12	0,25	0,46	3,05	8,45	19,57	35,46
V	mg/kg TS	0,0052	0,0081	0,0153	0,0240	0,0319	0,0585	0,0953
Zn	mg/kg TS	0,0010	0,0020	0,0045	0,0098	0,0177	0,0676	0,0996

## Beton og tegl

DTU9: Sammensætning af eluat								
L/S	l/kg	0,1	0,3	0,6	1,3	2,4	5,6	10,0
Al	mg/l	0,28	0,23	0,29	0,31	0,35	0,31	0,46
As	mg/l	0,0180	0,0035	0,0091	0,0225	0,0035	0,0194	0,0125
Ba	mg/l	0,1503	0,1072	0,0626	0,0437	0,0287	0,0188	0,0161
Be	mg/l	0,0015	0,0015	0,0089	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
Ca	mg/l	613	470	346	270	170	76	72
Cd	mg/l	0,0005	0,0014	0,0012	0,0007	0,0009	0,0005	0,0005
Co	mg/l	0,0459	0,0199	0,0069	0,0079	0,0048	0,0035	0,0035
Cr	mg/l	0,7583	0,5310	0,2551	0,0926	0,0434	0,0294	0,0186
Cr(VI)	mg/l	0,7275	0,5098	0,2541	0,0527	0,0370	0,0202	0,0133
Cu	mg/l	0,3882	0,2409	0,2162	0,0478	0,0390	0,0302	0,0259
Fe	mg/l	0,0350	0,0350	0,0350	0,0350	0,0350	0,0350	0,0350
K	mg/l	435	274	182	94	47,4	21,7	13,6
Li	mg/l	0,2371	0,1664	0,1059	0,0616	0,0316	0,0185	0,0156
Mg	mg/l	0,0627	0,0106	0,0065	0,0044	0,0050	0,0035	0,0035
Mn	mg/l	0,0095	0,0085	0,0070	0,0070	0,0083	0,0087	0,0092
Mo	mg/l	0,0902	0,0644	0,0262	0,0143	0,0037	0,0092	0,0099
Na	mg/l	584	285	124	41	9,4	2,5	2,0
Ni	mg/l	0,0726	0,0404	0,0178	0,0020	0,0015	0,0088	0,0116
P	mg/l	0,1158	0,0645	0,0504	0,0225	0,0035	0,0363	0,0674
Pb	mg/l	0,0314	0,0546	0,0253	0,0288	0,0249	0,0360	0,0287
S	mg/l	573	463	368	251	157	59	36
Sb	mg/l	0,0166	0,0070	0,0070	0,0345	0,0070	0,0070	0,0070
Se	mg/l	0,0870	0,0287	0,0083	0,0523	0,0194	0,0462	0,0035
Si	mg/l	10,99	10,50	10,66	11,11	11,57	12,36	14,29
Sn	mg/l	0,0058	0,0035	0,0163	0,0035	0,0035	0,0438	0,0135
Sr	mg/l	7,36	5,38	3,64	2,53	1,61	0,94	0,77
V	mg/l	0,0140	0,0181	0,0190	0,0225	0,0199	0,0216	0,0262
Zn	mg/l	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070

## Beton og tegl

DTU9: Akkumulerede udvaskede stofmængder								
L/S	l/kg	0,1	0,3	0,6	1,3	2,4	5,6	10,0
Al	mg/kg TS	0,04	0,07	0,16	0,39	0,76	1,75	3,74
As	mg/kg TS	0,0024	0,0029	0,0060	0,0220	0,0258	0,0882	0,1427
Ba	mg/kg TS	0,0200	0,0343	0,0555	0,0868	0,1174	0,1778	0,2481
Be	mg/kg TS	0,0002	0,0004	0,0034	0,0045	0,0061	0,0109	0,0175
Ca	mg/kg TS	82	144	262	455	637	883	1198
Cd	mg/kg TS	0,0001	0,0003	0,0007	0,0011	0,0021	0,0037	0,0059
Co	mg/kg TS	0,0061	0,0088	0,0111	0,0168	0,0220	0,0332	0,0485
Cr	mg/kg TS	0,1011	0,1719	0,2583	0,3246	0,3708	0,4655	0,5467
Cr(VI)	mg/kg TS	0,0970	0,1650	0,2510	0,2887	0,3282	0,3931	0,4511
Cu	mg/kg TS	0,0518	0,0839	0,1570	0,1913	0,2329	0,3301	0,4431
Fe	mg/kg TS	0,0047	0,0093	0,0212	0,0462	0,0835	0,1962	0,3492
K	mg/kg TS	58	94	156	224	274,3	344,2	403,5
Li	mg/kg TS	0,0316	0,0538	0,0896	0,1338	0,1674	0,2269	0,2952
Mg	mg/kg TS	0,0084	0,0098	0,0120	0,0152	0,0205	0,0318	0,0471
Mn	mg/kg TS	0,0013	0,0024	0,0048	0,0098	0,0186	0,0465	0,0868
Mo	mg/kg TS	0,0120	0,0206	0,0295	0,0397	0,0437	0,0733	0,1165
Na	mg/kg TS	78	116	158	187	196,9	204,8	213,5
Ni	mg/kg TS	0,0097	0,0151	0,0211	0,0225	0,0241	0,0526	0,1033
P	mg/kg TS	0,0154	0,0240	0,0411	0,0572	0,0610	0,1777	0,4724
Pb	mg/kg TS	0,0042	0,0115	0,0200	0,0406	0,0671	0,1831	0,3085
S	mg/kg TS	76	138	262	442	609	798	953
Sb	mg/kg TS	0,0022	0,0031	0,0055	0,0302	0,0377	0,0602	0,0908
Se	mg/kg TS	0,0116	0,0154	0,0183	0,0557	0,0764	0,2253	0,2406
Si	mg/kg TS	1,47	2,87	6,47	14,43	26,75	66,54	129,02
Sn	mg/kg TS	0,0008	0,0012	0,0068	0,0093	0,0130	0,0154	0,02129
Sr	mg/kg TS	0,98	1,70	2,93	4,75	6,47	9,48	12,86
V	mg/kg TS	0,0019	0,0043	0,0107	0,0268	0,0480	0,1175	0,2322
Zn	mg/kg TS	0,0009	0,0019	0,0042	0,0092	0,0167	0,0392	0,0698

## Beton og tegl

DTU10: Sammensætning af eluat								
L/S	l/kg	0,1	0,2	0,6	1,2	2,2	5,2	9,6
Al	mg/l	0,37	0,50	0,62	0,63	0,58	0,16	0,78
As	mg/l	0,0360	0,0203	0,0191	0,0159	0,0134	0,0183	0,0255
Ba	mg/l	0,0860	0,0446	0,0177	0,0115	0,0057	0,0052	0,0106
Be	mg/l	0,0018	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0036
Ca	mg/l	319	175	67	46	36	24	63
Cd	mg/l	0,0007	0,0015	0,0011	0,0010	0,0016	0,0009	0,0011
Co	mg/l	0,0511	0,0286	0,0147	0,0040	0,0035	0,0035	0,0042
Cr	mg/l	0,5051	0,3165	0,1420	0,0559	0,0312	0,0153	0,0137
Cr(VI)	mg/l	0,4643	0,3170	0,1315	0,0521	0,0236	0,0118	0,0108
Cu	mg/l	0,3891	0,2752	0,1310	0,0710	0,0688	0,0697	0,0539
Fe	mg/l	0,0350	0,0350	0,0350	0,0350	0,0350	0,0350	0,0350
K	mg/l	238	170	115	75	50,9	27,9	31,2
Li	mg/l	0,1336	0,0938	0,0607	0,0384	0,0220	0,0146	0,0134
Mg	mg/l	0,0470	0,0138	0,0077	0,0089	0,0035	0,0035	0,0066
Mn	mg/l	0,0086	0,0070	0,0107	0,0091	0,0117	0,0084	0,0111
Mo	mg/l	0,0798	0,0471	0,0181	0,0142	0,0098	0,0185	0,0181
Na	mg/l	448	275	133	62	23,2	6,2	2,7
Ni	mg/l	0,0598	0,0462	0,0206	0,0135	0,0090	0,0166	0,0080
P	mg/l	0,1851	0,0882	0,0922	0,0457	0,0319	0,0458	0,0678
Pb	mg/l	0,0616	0,0283	0,0278	0,0583	0,0439	0,0295	0,0921
S	mg/l	223	193	125	51	29	14	18
Sb	mg/l	0,0522	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0355	0,0761
Se	mg/l	0,0245	0,0387	0,0755	0,0515	0,0407	0,0941	0,0526
Si	mg/l	17,57	20,57	25,44	24,14	22,66	19,48	26,13
Sn	mg/l	0,0035	0,0042	0,0319	0,0115	0,0258	0,0300	0,0470
Sr	mg/l	3,12	1,62	0,72	0,47	0,41	0,33	0,55
V	mg/l	0,0403	0,0530	0,0692	0,0573	0,0501	0,0363	0,0462
Zn	mg/l	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070	0,0070



## Beton og tegl

DTU10: Akkumulerede udvaskede stofmængder								
L/S	l/kg	0,1	0,2	0,6	1,2	2,2	5,2	9,6
Al	mg/kg TS	0,04	0,11	0,30	0,72	1,29	1,76	5,22
As	mg/kg TS	0,0042	0,0067	0,0127	0,0234	0,0365	0,0909	0,2039
Ba	mg/kg TS	0,0100	0,0156	0,0211	0,0288	0,0345	0,0499	0,0966
Be	mg/kg TS	0,0002	0,0004	0,0009	0,0019	0,0033	0,0078	0,0236
Ca	mg/kg TS	37	59	80	111	146	217	495
Cd	mg/kg TS	0,0001	0,0003	0,0006	0,0013	0,0029	0,0055	0,0104
Co	mg/kg TS	0,0059	0,0095	0,0142	0,0168	0,0202	0,0306	0,0492
Cr	mg/kg TS	0,0585	0,0982	0,1430	0,1804	0,2109	0,2566	0,3170
Cr(VI)	mg/kg TS	0,0537	0,0936	0,1350	0,1699	0,1930	0,2282	0,2760
Cu	mg/kg TS	0,0450	0,0796	0,1209	0,1685	0,2358	0,4429	0,6813
Fe	mg/kg TS	0,0041	0,0084	0,0195	0,0429	0,0771	0,1812	0,3360
K	mg/kg TS	28	49	85	135	185,1	267,9	405,9
Li	mg/kg TS	0,0155	0,0272	0,0464	0,0721	0,0937	0,1371	0,1964
Mg	mg/kg TS	0,0054	0,0072	0,0096	0,0156	0,0190	0,0294	0,0584
Mn	mg/kg TS	0,0010	0,0019	0,0052	0,0113	0,0227	0,0477	0,0967
Mo	mg/kg TS	0,0092	0,0152	0,0209	0,0304	0,0400	0,0951	0,1751
Na	mg/kg TS	52	86	128	170	192,4	210,8	222,8
Ni	mg/kg TS	0,0069	0,0127	0,0192	0,0283	0,0371	0,0865	0,1218
P	mg/kg TS	0,0214	0,0325	0,0616	0,0922	0,1233	0,2596	0,5595
Pb	mg/kg TS	0,0071	0,0107	0,0194	0,0585	0,1014	0,1891	0,5964
S	mg/kg TS	26	50	89	123	152	194	275
Sb	mg/kg TS	0,0060	0,0069	0,0091	0,0138	0,0207	0,1262	0,4630
Se	mg/kg TS	0,0028	0,0077	0,0315	0,0660	0,1058	0,3856	0,6184
Si	mg/kg TS	2,03	4,62	12,64	28,80	50,96	108,90	224,45
Sn	mg/kg TS	0,0004	0,0009	0,0110	0,0187	0,0439	0,1332	0,3411
Sr	mg/kg TS	0,36	0,57	0,79	1,10	1,50	2,49	4,91
V	mg/kg TS	0,0047	0,0113	0,0331	0,0715	0,1206	0,2286	0,4328
Zn	mg/kg TS	0,0008	0,0017	0,0039	0,0086	0,0154	0,0362	0,0672

## Bilag 12. Resultater af pH-afhængighedsudvaskningstests (prøver fra 2016/2017)

CEN 14997: Prøve nr. 35 (Beton)									
pH	-/-	11,8	11,0	9,5	8,0	7,0	5,5	4,0	2,0
L/S	l/kg	9,9	9,4	9,7	10,0	10,4	10,1	10,5	9,9
Ledn.evne	mS/m	169	503	1070	1510	2110	3130	3290	3850
SNK	mol H <sup>+</sup> /kg TS	0	0,31	0,92	1,6	2,3	3,6	3,9	4,4
Fluorid	mg/kg TS	2,5	4,7	4,9	25,1	5,2	5,9	72,7	1,0
Klorid	mg/kg TS	228	3583	4568	4709	1563	1414	1370	985
Sulfat	mg/kg TS	654	1132	2819	3507	4689	5050	5165	3349
DOC	mg/kg TS	119	85	107	130	177	131	97	197
Al	mg/kg TS	18,8	8,4	0,97	1,00	0,63	4,2	569	5812
As	mg/kg TS	0,0057	0,011	0,040	0,063	0,15	0,038	0,16	0,88
Ba	mg/kg TS	0,67	4,5	7,0	11	0,68	23	13,7	11,8
Ca	mg/kg TS	1387	6601	20412	32064	48974	68680	69564	68950
Cd	mg/kg TS	0,0003	0,0004	0,0021	0,0016	0,0043	0,052	0,100	0,108
Co	mg/kg TS	0,14	0,20	0,20	8,7	0,013	182	242	286
Cr	mg/kg TS	0,95	1,13	1,75	0,23	0,031	0,025	0,19	3,7
Cu	mg/kg TS	0,31712	0,2923	0,31104	0,23046	0,1771	0,4141	6,1132	13,79
Hg	mg/kg TS	0,0010	0,0009	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0011	0,0010
K	mg/kg TS	357	3301	4180	4910	1459	1414	1581	1576
Mn	mg/kg TS	0,010	0,19	0,063	0,41	3,3	111	126	256
Mo	mg/kg TS	0,29	0,32	0,42	0,45	0,026	0,088	0,026	0,062
Na	mg/kg TS	248	255	262	281	333	303	327	335
Ni	mg/kg TS	0,050	0,055	0,058	0,18	0,20	3,7	4,7	5,1
Pb	mg/kg TS	0,0020	0,0072	0,0097	0,010	0,035	0,010	0,20	4,9
Sb	mg/kg TS	0,004	0,009	0,027	0,048	0,014	0,022	0,011	0,074
Se	mg/kg TS	0,020	0,019	0,097	0,10	0,10	0,10	0,11	0,099
Si	mg/kg TS	139	84	117	230	313	273	759	6994
Sn	mg/kg TS	0,0010	0,0011	0,0049	0,0050	0,0052	0,0051	0,0053	0,078
V	mg/kg TS	0,058	0,082	0,27	0,13	0,026	0,030	0,026	7,1
Zn	mg/kg TS	0,030	0,22	0,1458	0,46	3,126	15	32	34

Røde tal angiver rapporteringsgrænsen for resultater mindre end denne

CEN 14997: Prøve nr. 3 (Beton&Tegl)									
pH	-/-	11,1	10,0	9,0	8,0	7,0	5,5	4,0	2,0
L/S	l/kg	9,9	10,0	9,7	10,0	10,0	10,4	10,7	11,6
Ledn.evne	mS/m	105	403	585	730	1690	4120	4240	4480
SNK	mol H <sup>+</sup> /kg TS	0	0,28	0,34	0,55	1,7	5,3	5,5	6,4
Fluorid	mg/kg TS	4,3	1,3	4,9	2,3	6,0	43,7	88,4	54,3
Klorid	mg/kg TS	752	5300	4559	4000	840	780	831	832
Sulfat	mg/kg TS	2277	3300	4753	5100	6500	6344	7668	7623
DOC	mg/kg TS	119	100	116	130	160	166	138	185
Al	mg/kg TS	2,8	1,2	0,23	0,38	1,0	2,6	2982	4967
As	mg/kg TS	0,020	0,023	0,060	0,11	0,17	0,036	0,13	0,66
Ba	mg/kg TS	0,2574	3,6	3,4	5,5	12	29,1	11,7	17,3
Ca	mg/kg TS	1188	4400	8924	13000	40000	124800	117150	115500
Cd	mg/kg TS	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0041	0,15	0,18	0,33
Co	mg/kg TS	0,022	0,031	0,19	0,84	6,6	32,2	22,4	34,7
Cr	mg/kg TS	0,58	0,75	0,52	0,41	0,35	0,032	0,16	6,006
Cu	mg/kg TS	0,1881	0,16	0,1552	0,19	0,34	0,728	2,769	15,015
Hg	mg/kg TS	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0011	0,0012
K	mg/kg TS	228	4100	3686	3200	480	624	777	1271
Mn	mg/kg TS	0,028	0,01	0,049	0,39	13	103	79	150
Mo	mg/kg TS	0,17	0,23	0,30	0,33	0,39	0,27	0,027	0,052
Na	mg/kg TS	525	620	601	640	660	738	905	1386
Ni	mg/kg TS	0,035	0,050	0,059	0,11	0,54	2,9	2,4	5,2
Pb	mg/kg TS	0,0036	0,0069	0,0036	0,0096	0,01	0,043	1,4	23
Sb	mg/kg TS	0,022	0,031	0,064	0,076	0,093	0,064	0,028	0,044
Se	mg/kg TS	0,020	0,038	0,048	0,064	0,1	0,10	0,11	1,7
Si	mg/kg TS	267	120	165	290	410	406	884	4158
Sn	mg/kg TS	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0050	0,0052	0,0053	0,058
V	mg/kg TS	0,67	0,46	0,36	0,35	0,44	0,10	0,054	8,2
Zn	mg/kg TS	0,033	1,1	0,029	0,45	0,77	50	70	150

## Bilag 13. Resultater af pH-afhængighedsudvaskningstests (prøver fra 2011/2012)

### Beton

Prøve: DTU3									
pH	-/-	4	5	6,5	8	9	10,5	11,8	13
L/S	l/kg	10,0	10,3	9,6	9,8	9,7	9,8	10,0	9,5
SNK	mol H+/kg TS	1,71	2,01	1,05	0,72	0,38	0,51	0,00	-2,98
Klorid	mg/kg TS	237	292	244	240	215	211	240	196
Sulfat	mg/kg TS	1517	1976	1244	1085	1066	802	176	670
DOC	mg/kg TS	37,8	66,2	51,6	53,1	46,3	65,8	45,7	70,1
Al	mg/kg TS	122,0	23,9	1,5	1,2	2,0	1,8	28,5	115,8
As	mg/kg TS	0,411	0,729	0,472	0,133	0,302	0,070	0,070	0,066
Ba	mg/kg TS	17,57	17,50	8,35	6,21	5,64	3,64	1,05	0,66
Ca	mg/kg TS	41454	50325	24960	19320	20904	12223	1418	197
Cd	mg/kg TS	0,020	0,015	0,014	0,015	0,014	0,015	0,015	0,014
Co	mg/kg TS	0,313	0,235	0,071	0,037	0,038	0,065	0,036	0,061
Cr	mg/kg TS	0,086	0,015	0,382	0,445	0,389	0,479	0,249	0,489
Cu	mg/kg TS	0,775	0,215	0,126	0,143	0,095	0,148	0,062	0,236
K	mg/kg TS	591	492	343	341	299	337	260	362
Mn	mg/kg TS	25,3	20,6	2,4	0,586	0,061	0,048	0,043	0,043
Mo	mg/kg TS	0,062	0,099	0,166	0,185	0,164	0,192	0,144	0,198
Na	mg/kg TS	341	410	304	940	726	297	234	40115
Ni	mg/kg TS	0,765	0,781	0,106	0,043	0,063	0,034	0,064	0,057
Pb	mg/kg TS	0,394	0,248	0,191	0,261	0,375	0,105	0,070	0,172
Sb	mg/kg TS	0,070	0,254	0,194	0,209	0,116	0,366	0,186	0,258
Se	mg/kg TS	0,350	0,359	0,336	0,628	0,338	0,342	0,350	0,617
Si	mg/kg TS	574	431	356	272	229	86	30	63
Sn	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-	-
V	mg/kg TS	0,121	0,156	0,178	0,200	0,420	0,169	0,035	0,152
Zn	mg/kg TS	4,679	1,454	0,137	0,0887	0,0810	0,0685	0,2142	0,1602

Røde tal angiver rapporteringsgrænsen for resultater mindre end denne

## Beton

Prøve: DTU5									
pH	-/-	4	5	6,5	8	9	10,5	12,2	13
L/S	l/kg	11,0	11,1	10,8	10,5	10,3	10,2	10,0	10,0
SNK	mol H+/kg TS	1,92	1,86	1,50	0,99	0,97	0,40	0,00	-1,90
Klorid	mg/kg TS	280	249	236	307	249	231	133	228
Sulfat	mg/kg TS	1654	1836	2060	1896	2054	624	109	651
DOC	mg/kg TS	58,8	54,3	66,3	64,5	75,0	75,0	51,5	70,5
Al	mg/kg TS	179,2	10,5	1,2	2,3	1,3	2,6	23,2	83,2
As	mg/kg TS	0,466	0,348	0,142	0,215	0,321	0,246	0,257	0,291
Ba	mg/kg TS	22,46	18,06	12,09	9,37	7,96	6,99	2,76	1,16
Ca	mg/kg TS	41567	41975	40828	32501	26193	14266	2302	269
Cd	mg/kg TS	0,016	0,017	0,016	0,016	0,016	0,015	0,015	0,015
Co	mg/kg TS	0,331	0,216	0,131	0,067	0,018	0,031	0,136	0,042
Cr	mg/kg TS	0,144	0,049	0,285	0,837	1,091	0,845	0,325	0,942
Cu	mg/kg TS	1,077	0,186	0,165	0,161	0,113	0,113	0,219	0,219
K	mg/kg TS	521	518	483	472	442	406	394	493
Mn	mg/kg TS	25,5	15,3	5,1	2,0	0,054	0,050	0,035	0,035
Mo	mg/kg TS	0,094	0,154	0,233	0,153	0,255	0,188	0,218	0,294
Na	mg/kg TS	355	366	357	339	2588	308	289	43853
Ni	mg/kg TS	0,784	0,489	0,238	0,142	0,036	0,036	0,035	0,046
Pb	mg/kg TS	0,334	0,388	0,413	0,078	0,131	0,323	0,070	0,378
Sb	mg/kg TS	0,256	0,245	0,210	0,163	0,241	0,225	0,369	0,127
Se	mg/kg TS	0,383	0,387	0,377	0,366	0,362	0,358	0,350	0,351
Si	mg/kg TS	367	498	315	254	203	107	13	50
Sn	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-	-
V	mg/kg TS	0,096	0,119	0,253	0,223	0,689	0,273	0,067	0,166
Zn	mg/kg TS	5,116	1,418	0,332	0,671	0,0724	0,0717	0,3640	0,1724

## Beton

Prøve: DTU7									
pH	-/-	4	5	6,5	8	9	10,5	11,9	13
L/S	l/kg	10,2	10,7	9,5	10,2	9,8	9,8	10,0	10,0
SNK	mol H+/kg TS	2,12	2,68	0,97	1,00	0,92	0,38	0,00	-2,14
Klorid	mg/kg TS	180	192	157	210	150	152	102	131
Sulfat	mg/kg TS	1734	3078	1418	2207	1285	683	163	880
DOC	mg/kg TS	49,5	53,3	36,1	56,1	35,6	52,6	40,3	58,4
Al	mg/kg TS	233,9	22,8	1,5	1,7	2,4	10,8	40,7	253,6
As	mg/kg TS	0,166	0,381	0,348	0,285	0,427	0,071	0,106	0,263
Ba	mg/kg TS	27,31	32,31	13,09	8,11	7,00	5,54	2,57	1,52
Ca	mg/kg TS	44833	60668	23021	21310	15673	9408	1344	164
Cd	mg/kg TS	0,029	0,032	0,014	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Co	mg/kg TS	0,407	0,611	0,080	0,067	0,020	0,065	0,047	0,057
Cr	mg/kg TS	0,120	0,016	0,465	0,688	0,866	0,790	0,472	1,015
Cu	mg/kg TS	1,310	0,364	0,061	0,083	0,162	0,126	0,068	0,276
K	mg/kg TS	672	778	469	508	444	445	406	527
Mn	mg/kg TS	20,9	38,7	2,2	0,288	0,058	0,048	0,051	0,046
Mo	mg/kg TS	0,062	0,087	0,346	0,506	0,366	0,322	0,281	0,510
Na	mg/kg TS	328	339	291	305	3647	276	293	49609
Ni	mg/kg TS	1,009	1,704	0,099	0,068	0,034	0,034	0,035	0,061
Pb	mg/kg TS	0,412	0,340	0,211	0,249	0,308	0,284	0,177	0,319
Sb	mg/kg TS	0,071	0,212	0,094	0,120	0,069	0,319	0,201	0,134
Se	mg/kg TS	0,357	0,806	0,480	0,804	0,875	0,343	1,007	1,299
Si	mg/kg TS	508	405	186	73	57	25	29	97
Sn	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-	-
V	mg/kg TS	0,134	0,133	0,190	0,197	0,333	0,198	0,065	0,639
Zn	mg/kg TS	5,836	3,912	0,198	0,195	0,0686	0,0888	0,1179	0,2373

## Beton

Prøve: DTU8									
pH	-/-	4	5	6,5	8	9	10,5	12,1	13
L/S	l/kg	9,7	10,7	10,1	9,7	10,1	9,9	9,9	10,4
SNK	mol H+/kg TS	2,07	3,38	0,99	0,58	0,44	0,38	0,00	2,55
Klorid	mg/kg TS	198	196	193	202	230	97	139	117
Sulfat	mg/kg TS	1737	3666	1352	1309	1199	792	304	865
DOC	mg/kg TS	38,2	65,0	40,8	36,1	38,0	44,0	39,3	55,6
Al	mg/kg TS	220,7	19,6	2,4	2,1	1,8	7,7	42,0	214,4
As	mg/kg TS	0,328	0,273	0,382	0,206	0,295	0,205	0,298	0,433
Ba	mg/kg TS	36,05	27,42	13,32	7,12	4,48	4,64	1,98	1,41
Ca	mg/kg TS	45383	75209	22898	15283	11584	9066	1243	151
Cd	mg/kg TS	0,041	0,048	0,015	0,014	0,015	0,015	0,045	0,016
Co	mg/kg TS	0,481	0,990	0,133	0,059	0,053	0,051	0,017	0,051
Cr	mg/kg TS	0,091	0,017	0,327	0,764	0,935	0,838	0,533	0,891
Cu	mg/kg TS	1,309	0,432	0,105	0,073	0,142	0,207	0,107	0,235
K	mg/kg TS	649	1058	470	461	483	423	472	490
Mn	mg/kg TS	29,9	74,5	3,3	0,589	0,058	0,056	0,054	0,059
Mo	mg/kg TS	0,089	0,237	0,349	0,437	0,407	0,342	0,344	0,350
Na	mg/kg TS	283	340	278	811	256	252	349	52507
Ni	mg/kg TS	1,210	2,536	0,139	0,056	0,035	0,034	0,069	0,036
Pb	mg/kg TS	0,138	0,346	0,158	0,202	0,071	0,157	0,359	0,420
Sb	mg/kg TS	0,092	0,234	0,495	0,331	0,208	0,186	0,315	0,100
Se	mg/kg TS	0,341	0,374	0,868	1,292	0,353	0,392	0,449	0,620
Si	mg/kg TS	540	393	193	97	33	30	34	95
Sn	mg/kg TS	-	-	-	-	-	-	-	-
V	mg/kg TS	0,105	0,186	0,176	0,143	0,193	0,220	0,057	0,758
Zn	mg/kg TS	6,671	7,376	0,422	0,0913	0,0743	0,709	4,474	0,256

## Beton og tegl

Prøve: DTU9									
pH	-/-	4	5	6,5	8	9	10,5	11,0	13
L/S	l/kg	10,2	10,5	9,4	9,6	9,6	9,5	10,0	10,6
SNK	mol H+/kg TS	2,06	2,43	0,67	0,27	0,18	0,07	0,00	-3,09
Klorid	mg/kg TS	278	318	256	270	259	234	257	258
Sulfat	mg/kg TS	835	954	768	810	777	701	770	775
DOC	mg/kg TS	69,3	128,5	87,7	76,7	60,4	62,8	57,1	132,8
Al	mg/kg TS	80,4	13,2	1,9	1,2	0,5	3,0	20,7	310,2
As	mg/kg TS	0,295	0,475	0,222	0,482	0,471	0,401	0,305	0,366
Ba	mg/kg TS	10,84	17,23	4,20	1,95	1,20	0,61	0,33	0,33
Ca	mg/kg TS	48324	57762	17629	10823	7752	2883	1131	94
Cd	mg/kg TS	0,032	0,025	0,014	0,014	0,014	0,014	0,015	0,016
Co	mg/kg TS	0,406	0,473	0,080	0,014	0,015	0,014	0,048	0,016
Cr	mg/kg TS	0,144	0,162	0,717	0,845	0,774	0,622	0,570	0,753
Cu	mg/kg TS	0,699	0,503	0,331	0,271	0,233	0,277	0,221	0,889
K	mg/kg TS	489	527	373	362	348	333	302	531
Mn	mg/kg TS	31,6	46,1	2,0	0,185	0,078	0,033	0,051	0,037
Mo	mg/kg TS	0,153	0,124	0,441	0,187	0,130	0,033	0,119	0,129
Na	mg/kg TS	265	270	226	212	206	205	193	71148
Ni	mg/kg TS	0,806	1,209	0,033	0,034	0,058	0,033	0,035	0,099
Pb	mg/kg TS	0,186	0,140	0,066	0,068	0,152	0,067	0,070	0,394
Sb	mg/kg TS	0,071	0,074	0,066	0,381	0,067	0,191	0,070	0,201
Se	mg/kg TS	0,357	0,368	0,329	0,338	0,527	0,333	0,351	1,065
Si	mg/kg TS	514	484	320	226	118	89	100	250
Sn	mg/kg TS	0,071	0,074	0,066	0,068	0,067	0,067	0,070	0,161
V	mg/kg TS	0,167	0,204	0,209	0,260	0,281	0,183	0,154	0,927
Zn	mg/kg TS	7,432	5,855	0,226	0,0675	0,0671	0,0665	0,0701	0,747

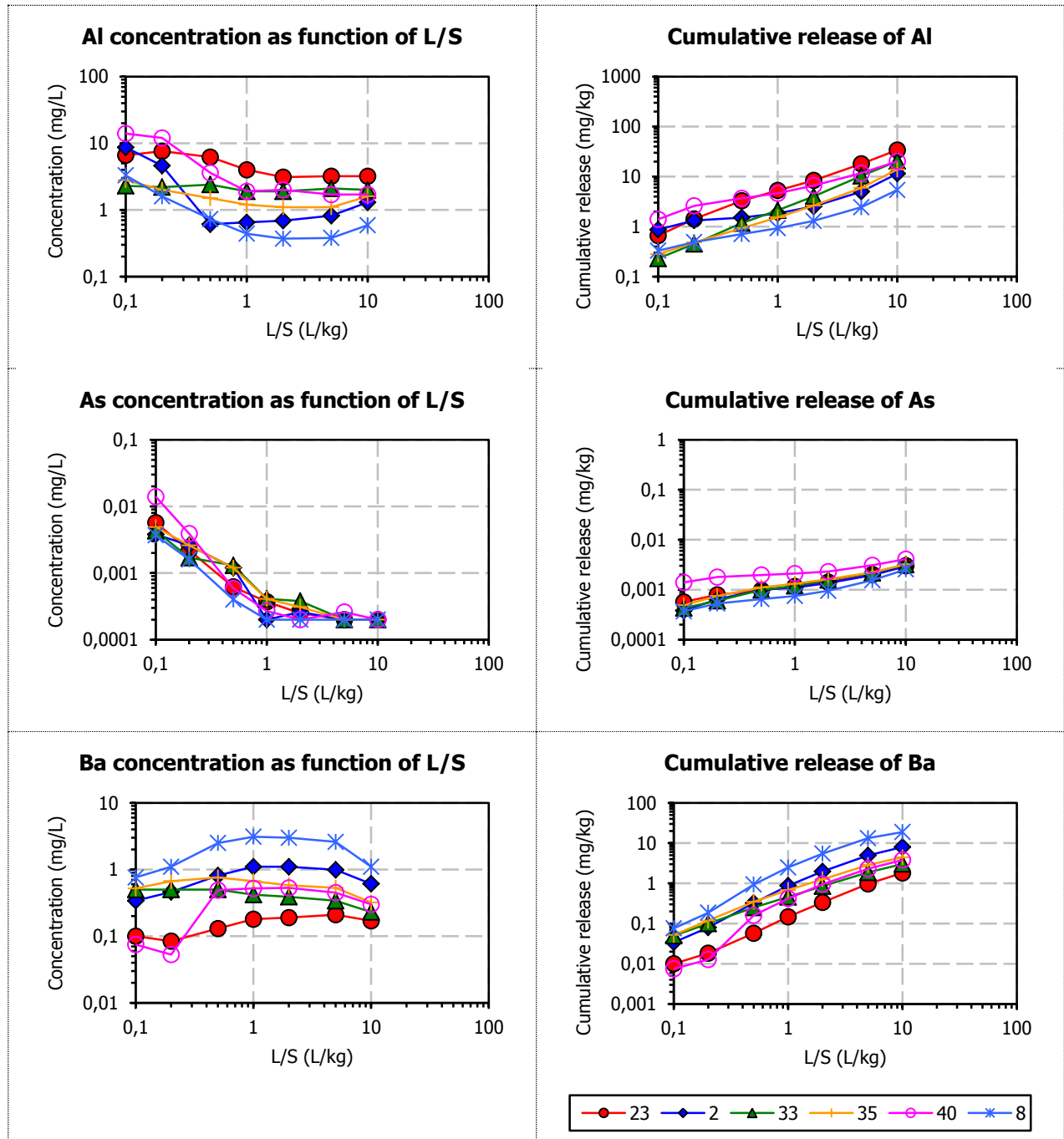


## Beton og tegl

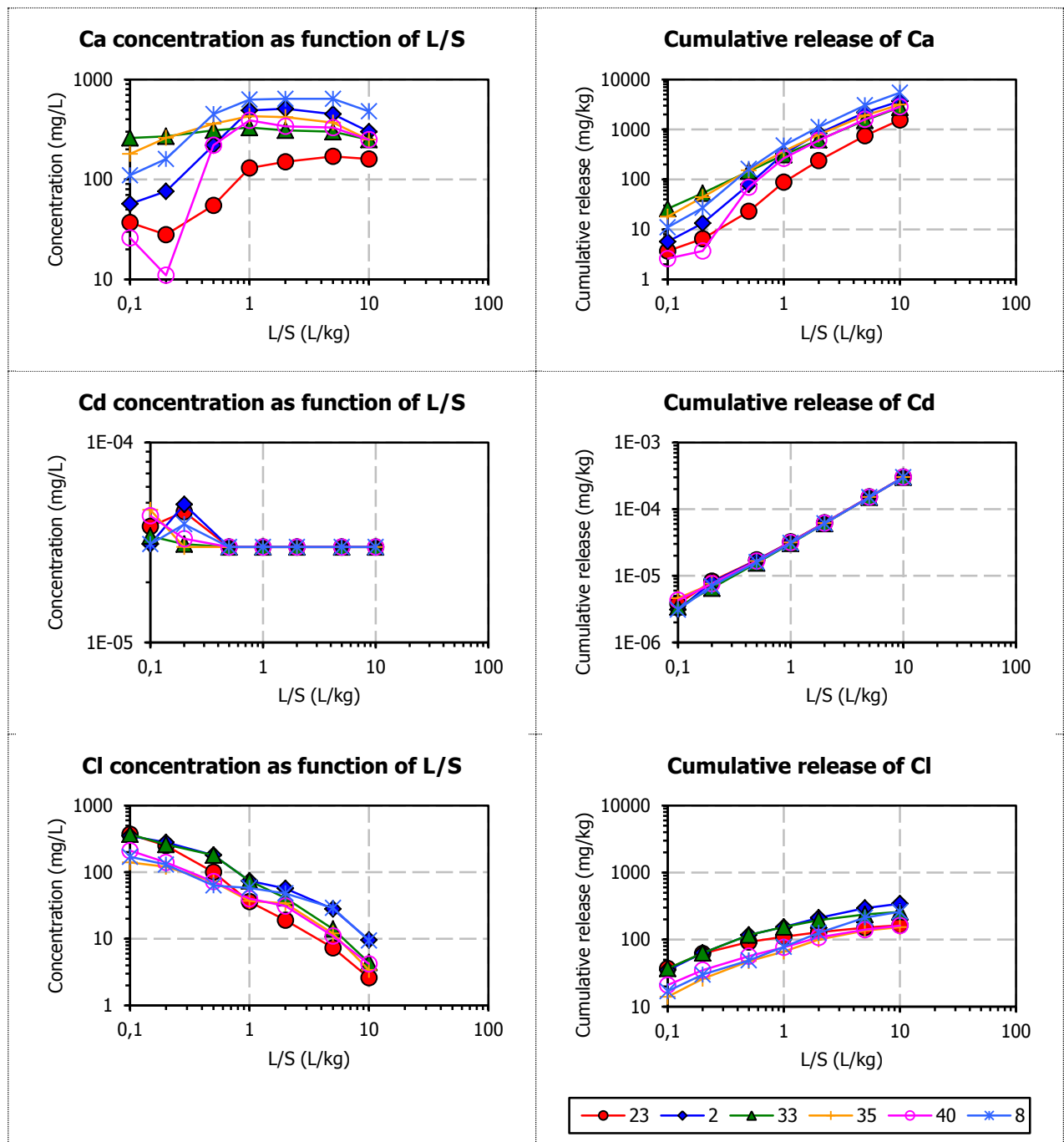
Prøve: DTU10									
pH	-/-	4	5	6,5	8	9	10,5	11,2	13
L/S	l/kg	8,7	9,5	9,7	9,9	10,1	10,0	10,0	7,4
SNK	mol H+/kg TS	1,04	0,89	0,43	0,39	0,36	0,08	0,00	-0,49
Klorid	mg/kg TS	254	263	208	217	200	239	270	262
Sulfat	mg/kg TS	762	790	624	651	601	717	810	787
DOC	mg/kg TS	71,4	85,0	76,4	74,8	79,3	68,1	57,0	109,0
Al	mg/kg TS	40,6	6,3	1,3	0,8	4,9	1,4	14,1	137,2
As	mg/kg TS	0,434	0,350	0,684	0,176	0,259	0,091	0,269	0,600
Ba	mg/kg TS	8,52	7,63	2,87	1,51	1,05	0,52	0,17	0,08
Ca	mg/kg TS	24145	21812	10160	5762	4654	2205	455	71
Cd	mg/kg TS	0,014	0,014	0,014	0,015	0,015	0,015	0,015	0,011
Co	mg/kg TS	0,103	0,074	0,035	0,015	0,038	0,015	0,019	0,026
Cr	mg/kg TS	0,133	0,171	0,482	0,601	0,580	0,503	0,395	0,438
Cu	mg/kg TS	0,377	0,278	0,219	0,207	0,259	0,222	0,215	0,463
K	mg/kg TS	460	451	357	359	331	405	330	393
Mn	mg/kg TS	14,4	8,9	1,4	0,100	0,035	0,035	0,035	0,094
Mo	mg/kg TS	0,102	0,033	0,110	0,163	0,102	0,143	0,094	0,055
Na	mg/kg TS	241	254	212	211	211	203	201	11730
Ni	mg/kg TS	0,288	0,279	0,091	0,035	0,035	0,067	0,071	0,118
Pb	mg/kg TS	0,075	0,066	0,088	0,069	0,071	0,070	0,070	0,052
Sb	mg/kg TS	0,191	0,066	0,068	0,069	0,071	0,080	0,070	0,052
Se	mg/kg TS	0,305	0,331	0,338	0,347	0,354	0,349	0,349	0,263
Si	mg/kg TS	322	320	226	178	121	84	93	253
Sn	mg/kg TS	0,061	0,066	0,068	0,090	0,071	0,070	0,124	0,052
V	mg/kg TS	0,126	0,136	0,168	0,226	0,313	0,264	0,218	0,633
Zn	mg/kg TS	2,405	1,195	0,155	0,0695	0,0708	0,0699	0,0699	0,0679

## Bilag 14. Grafisk præsentation af resultater af kolonnetests (prøver fra 2016/2017)

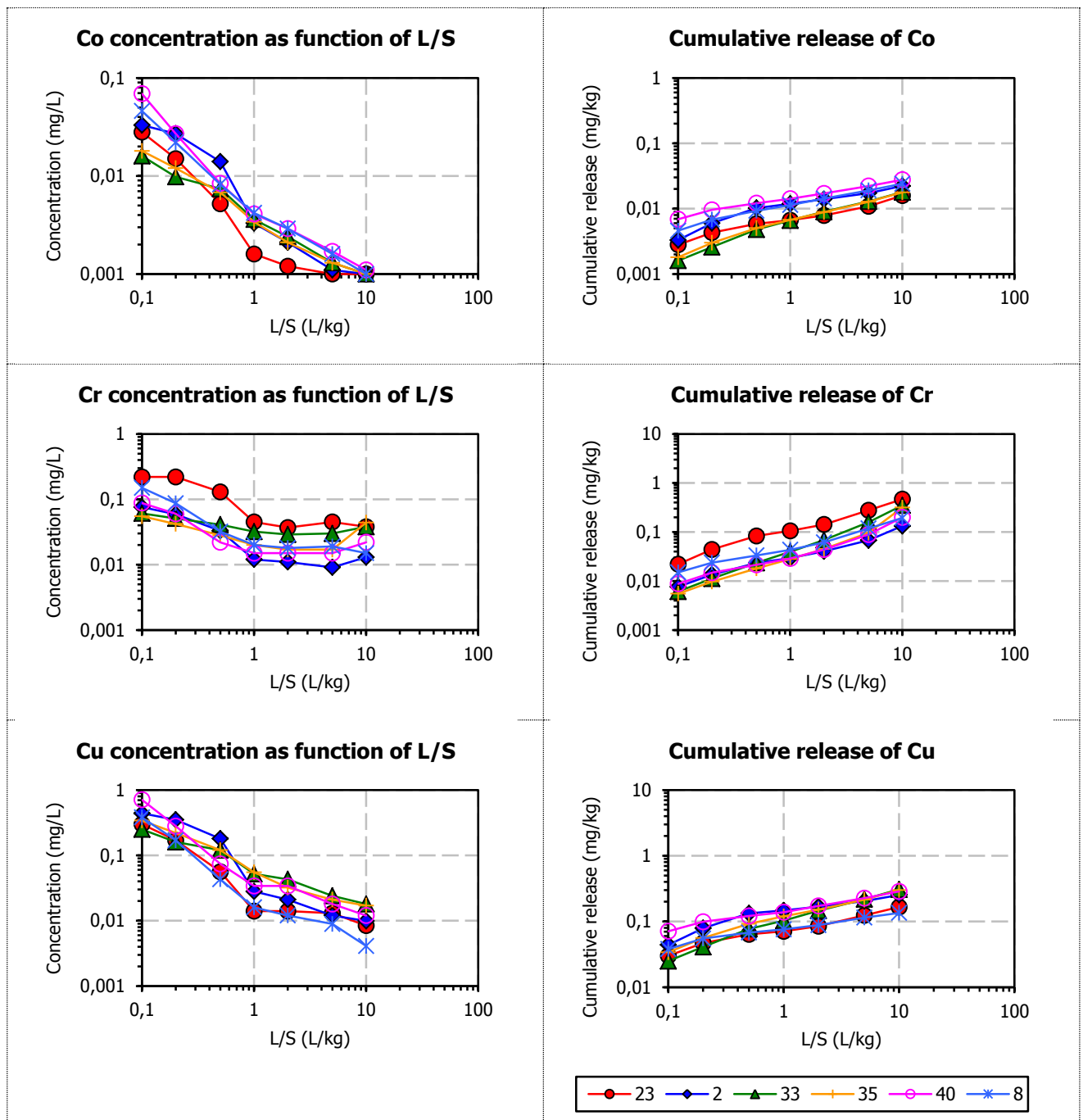
### Beton



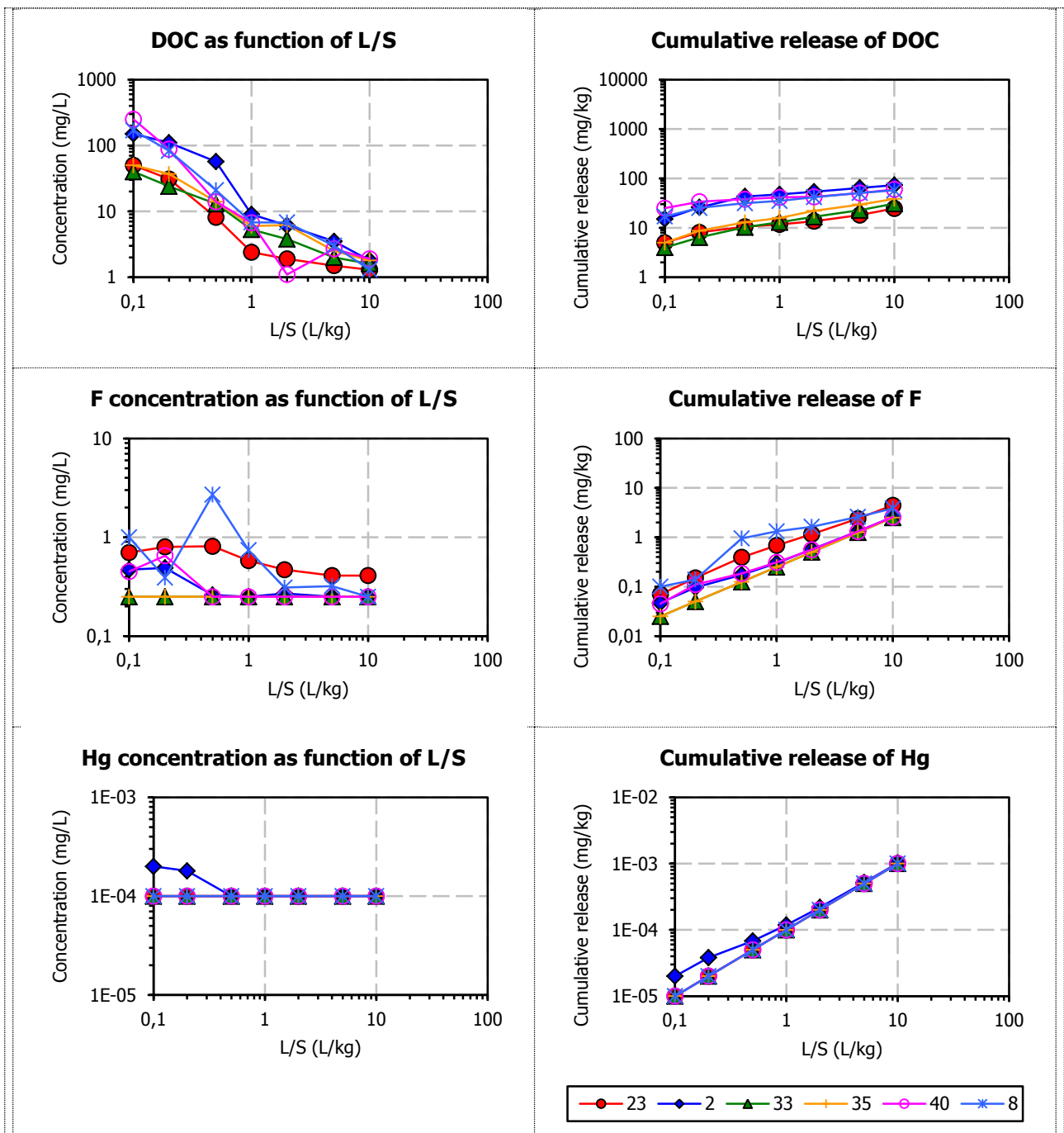
## Beton



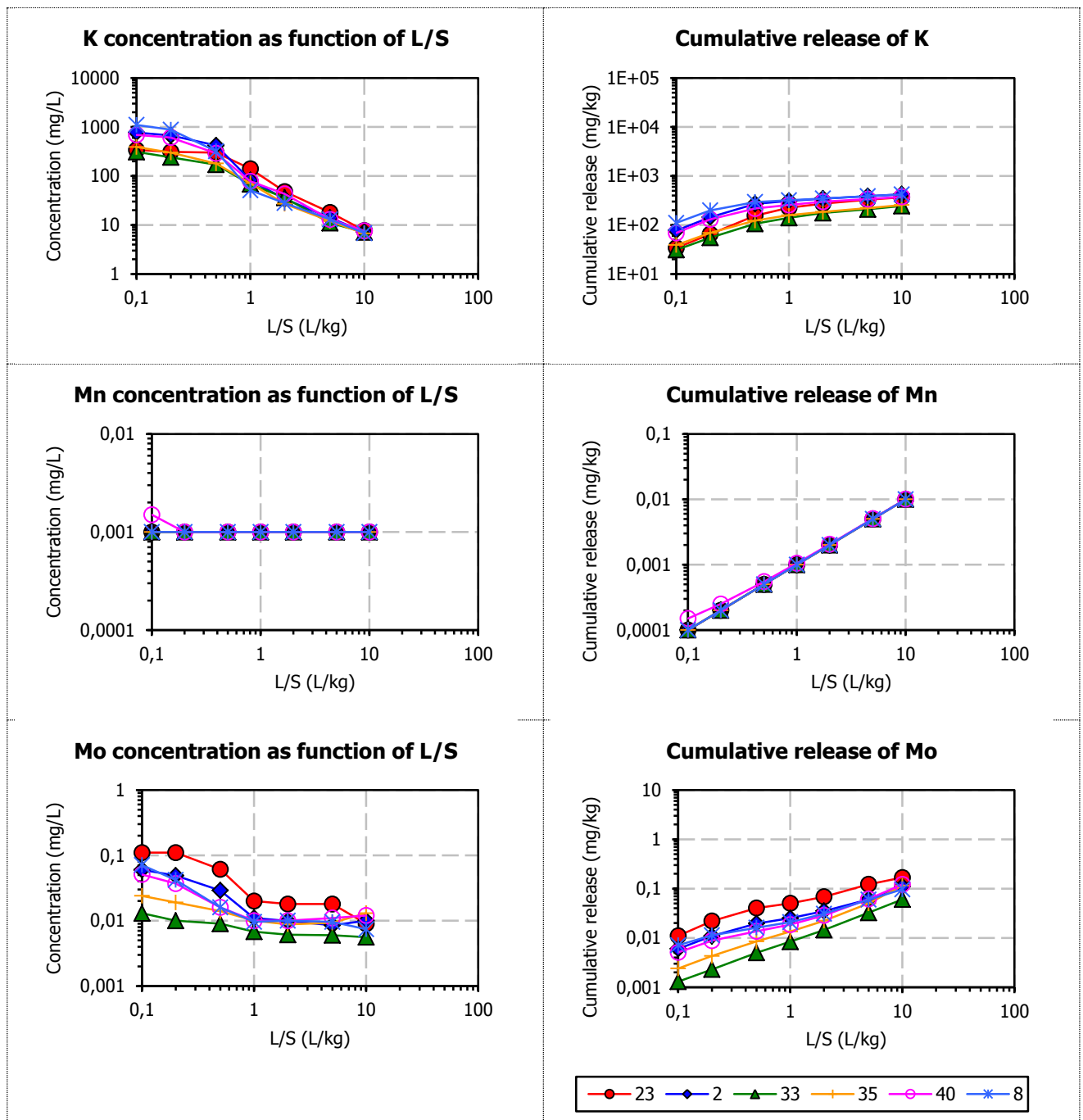
## Beton



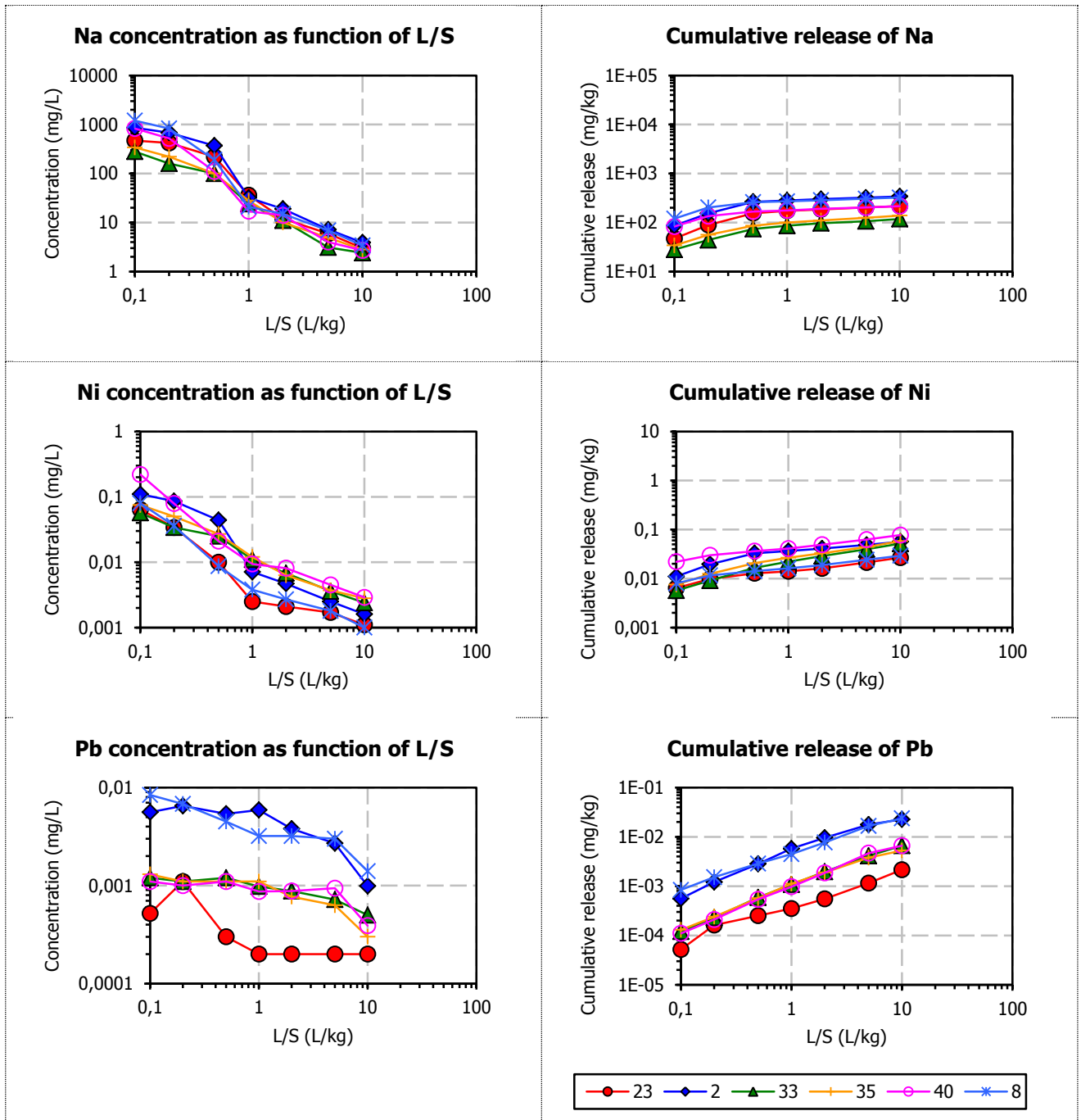
## Beton



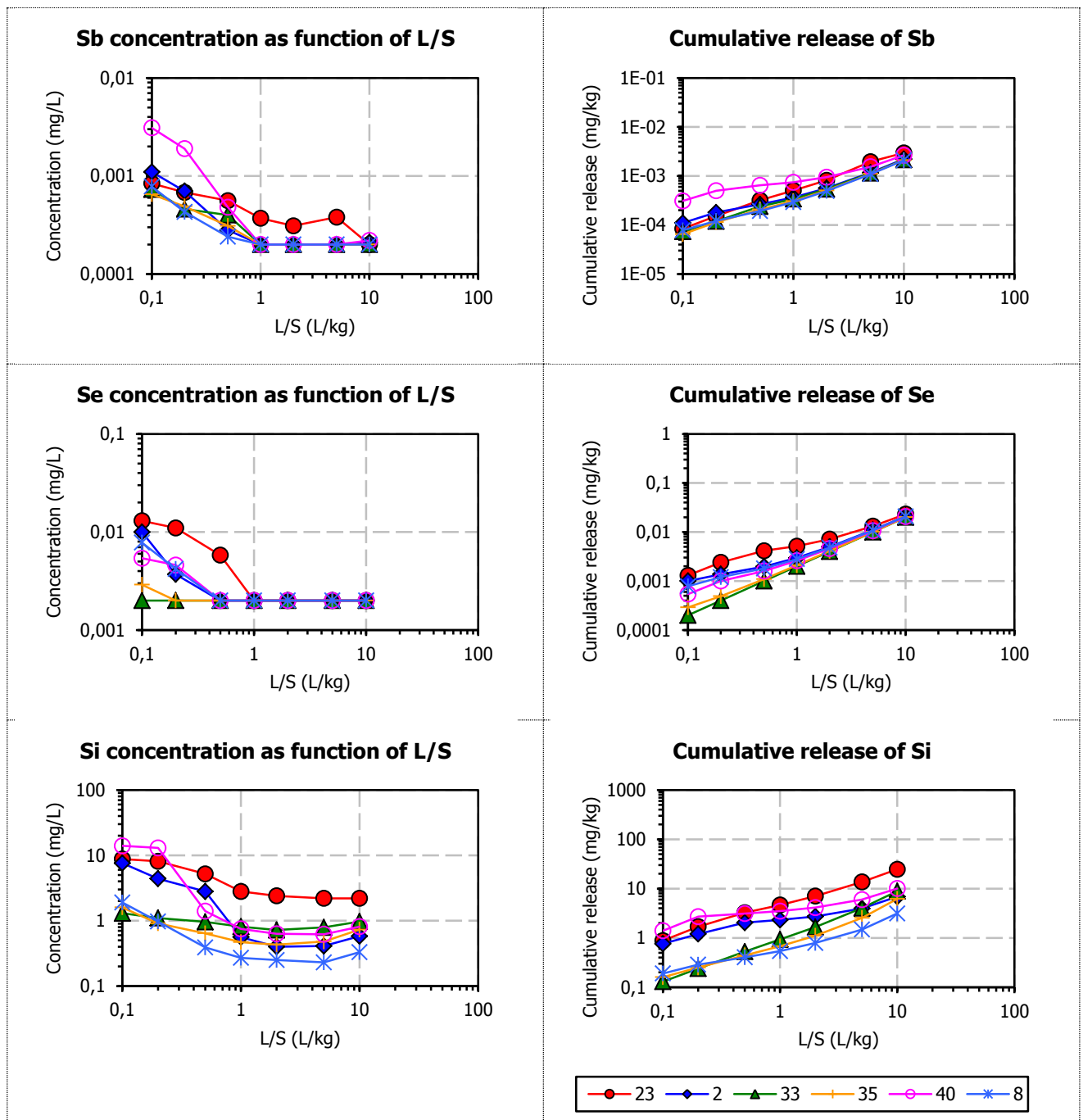
## Beton



**Beton**

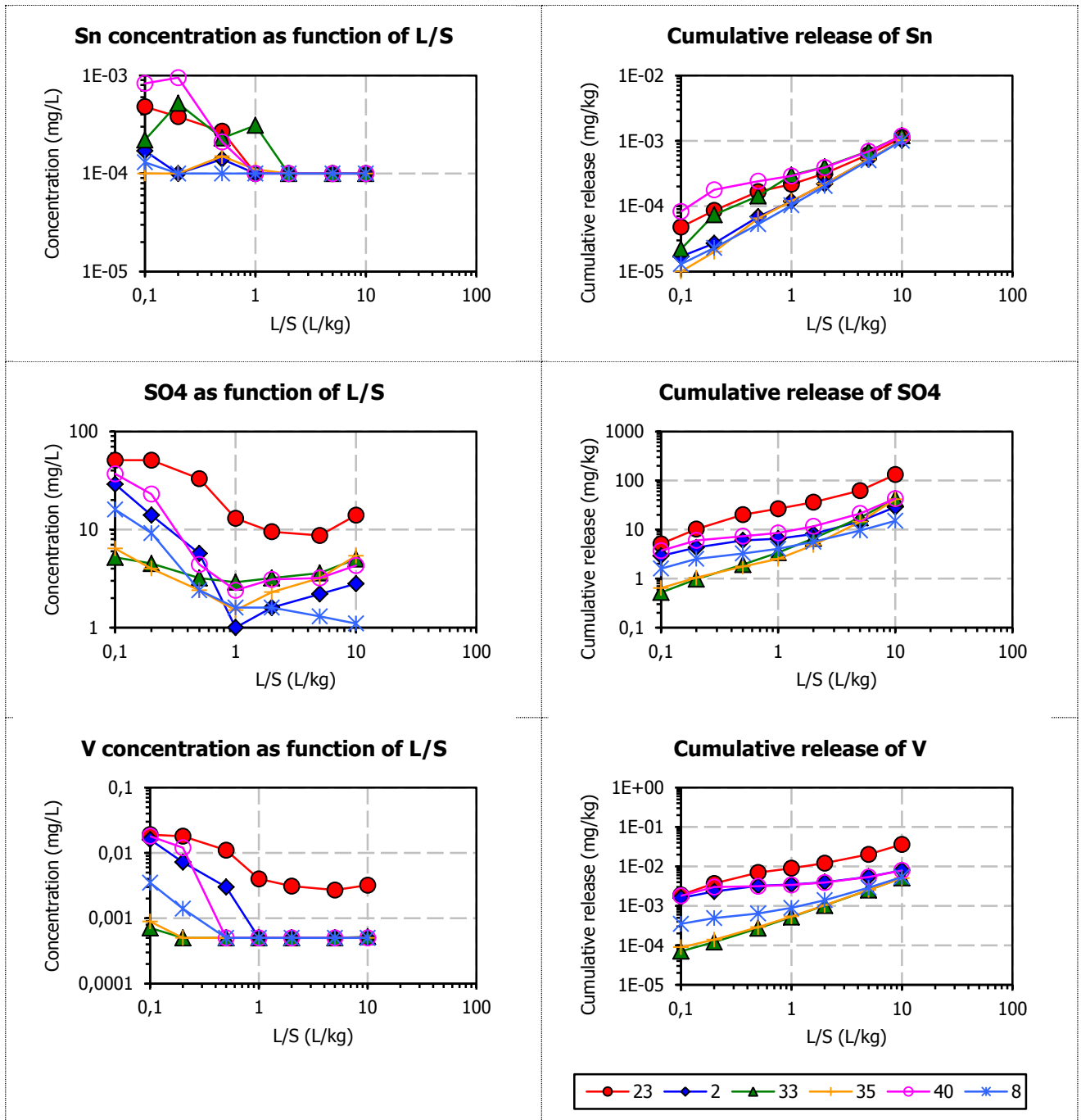


## Beton

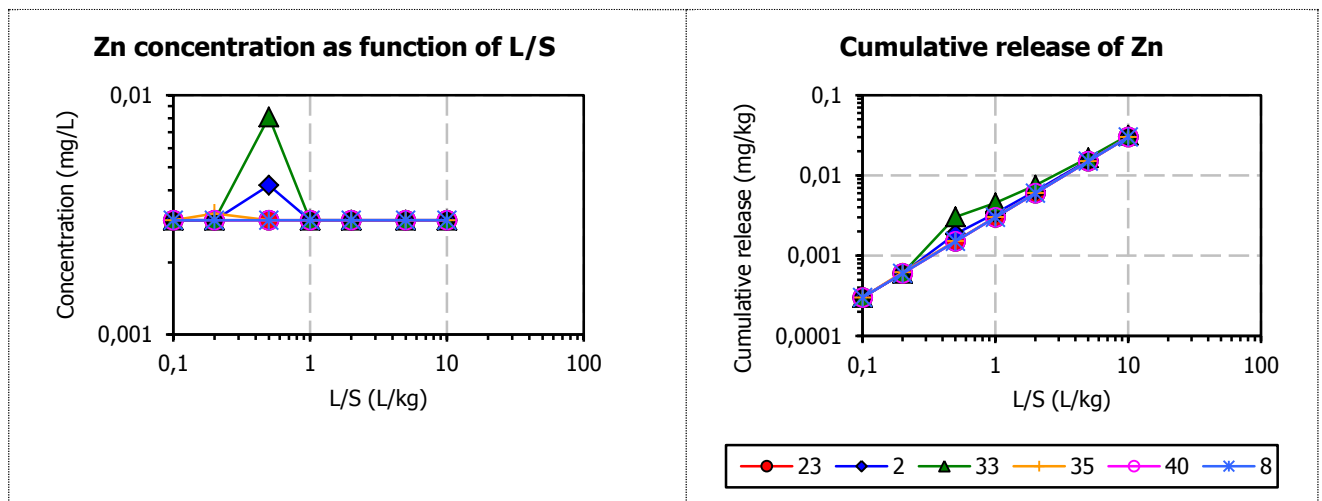




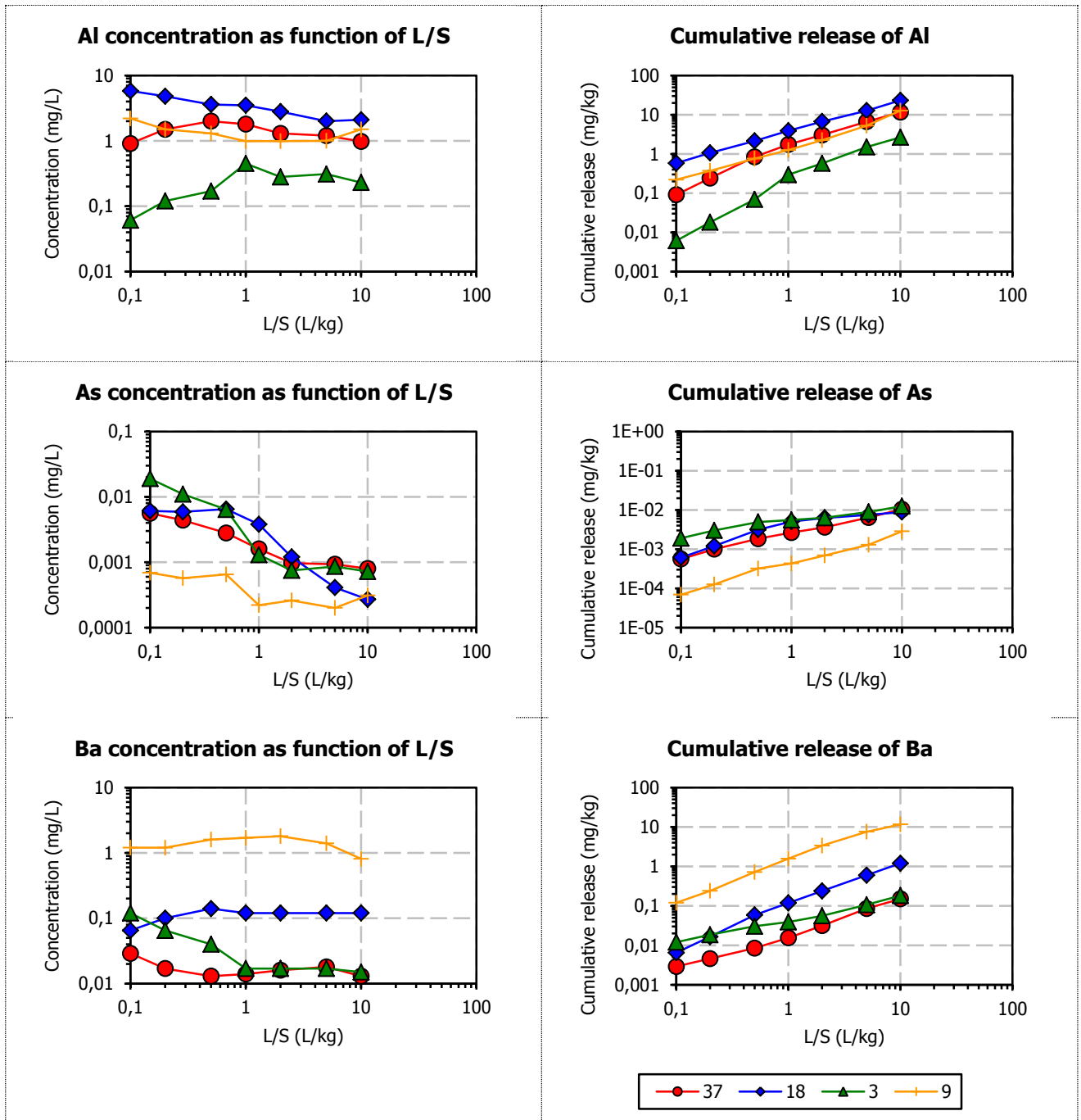
**Beton**



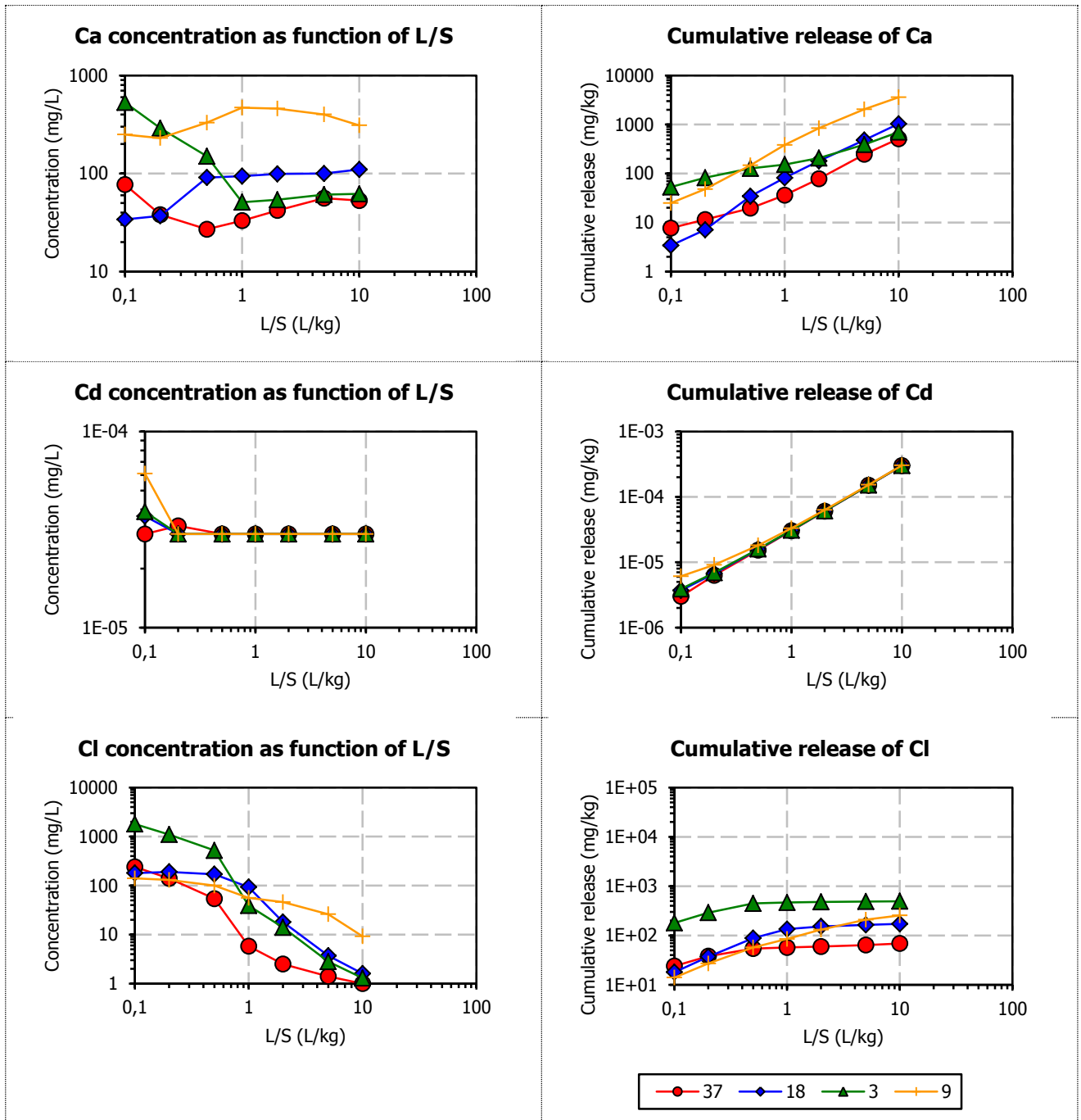
## Beton



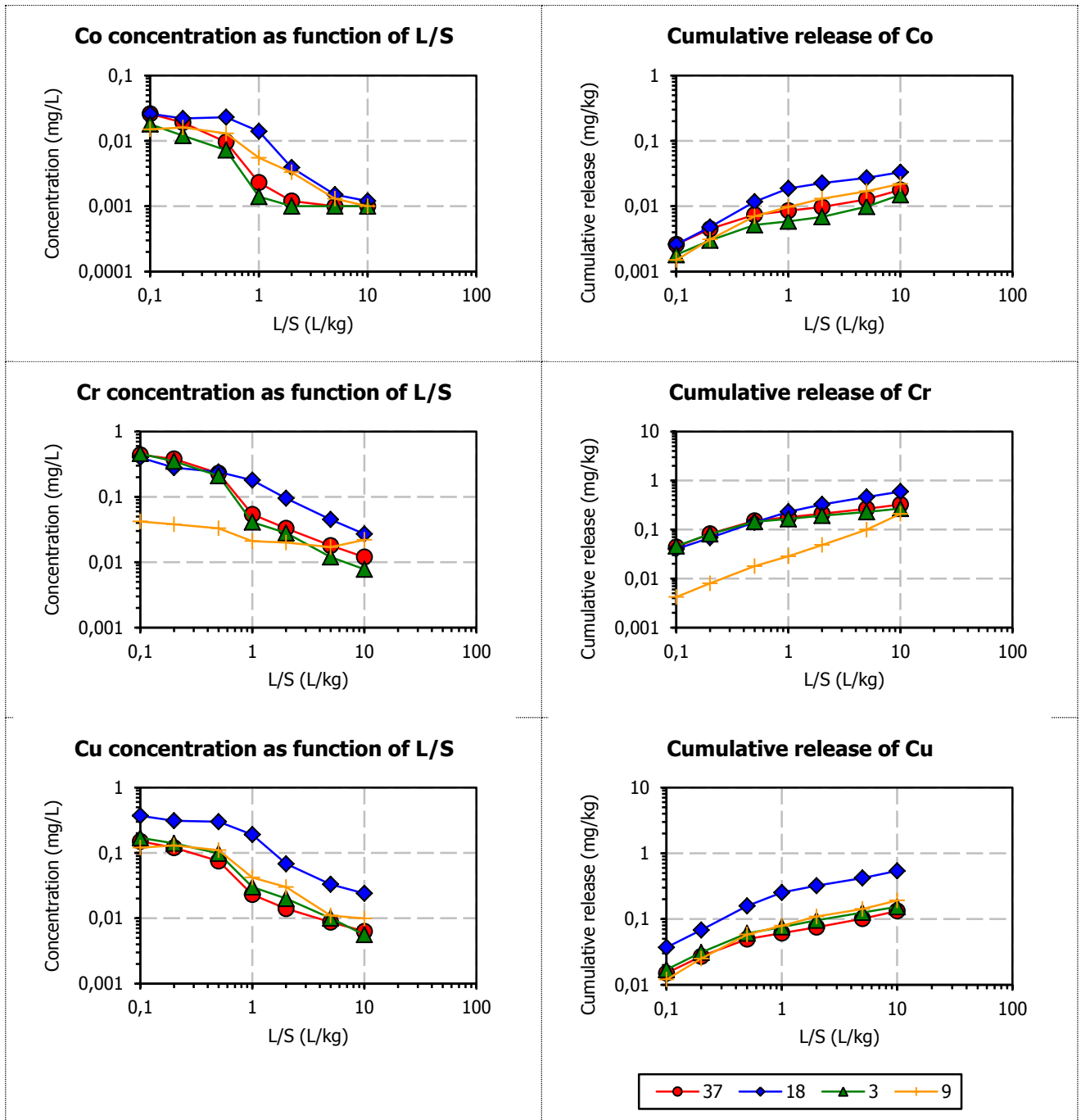
Beton og tegl (3, 9 og 18), tegl (37)



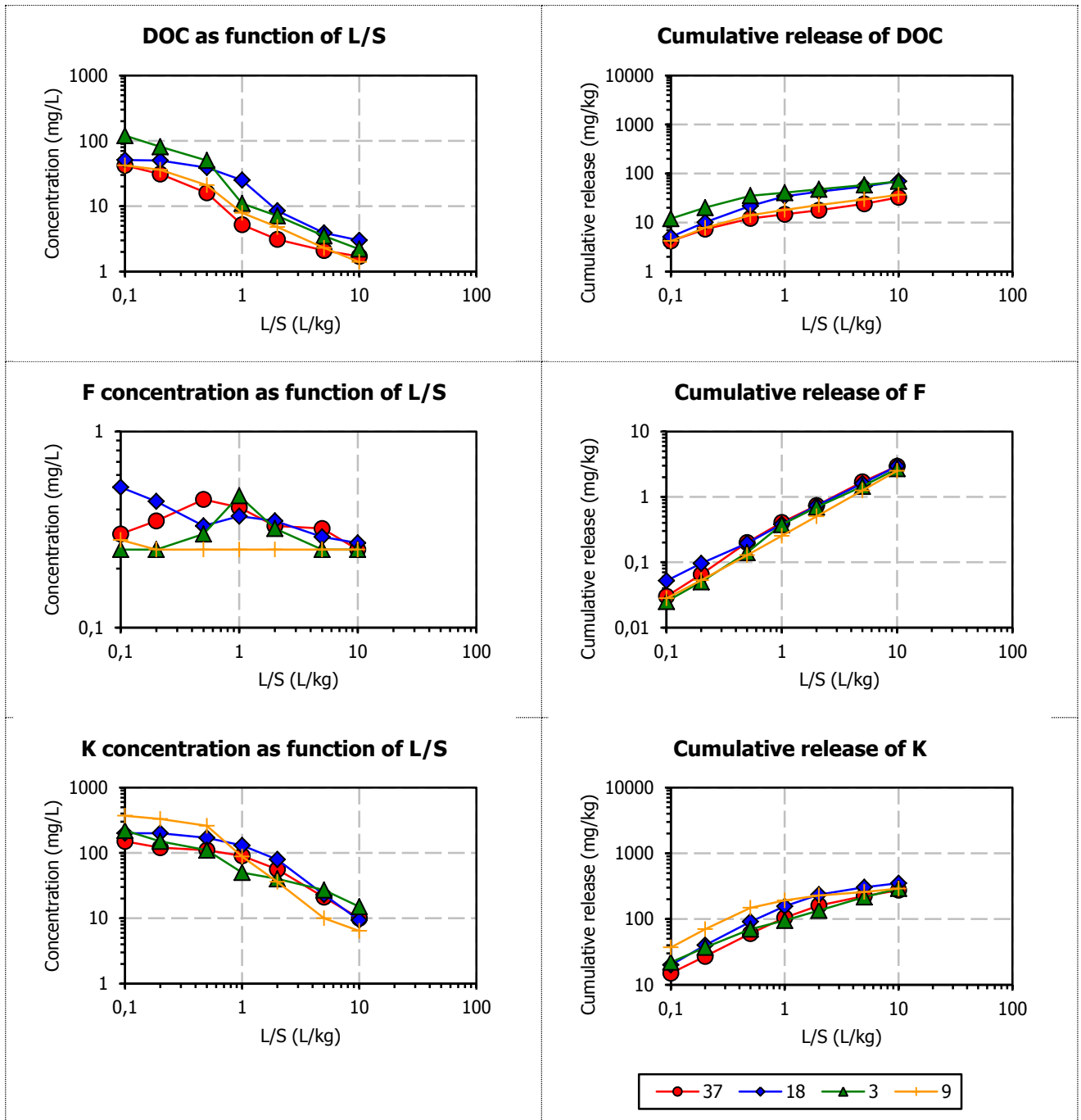
Beton og tegl (3, 9 og 18), tegl (37)



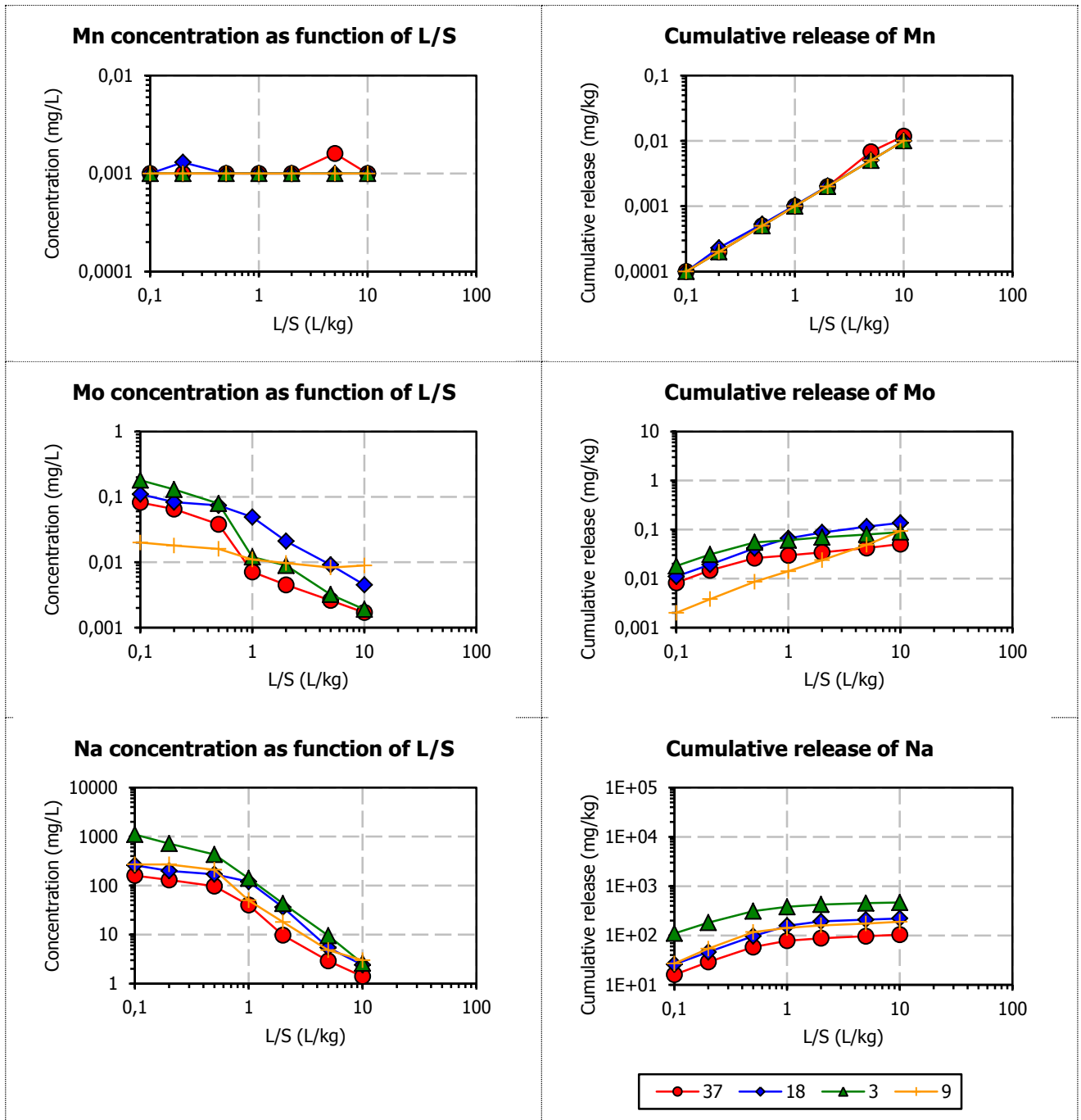
Beton og tegl (3, 9 og 18), tegl (37)



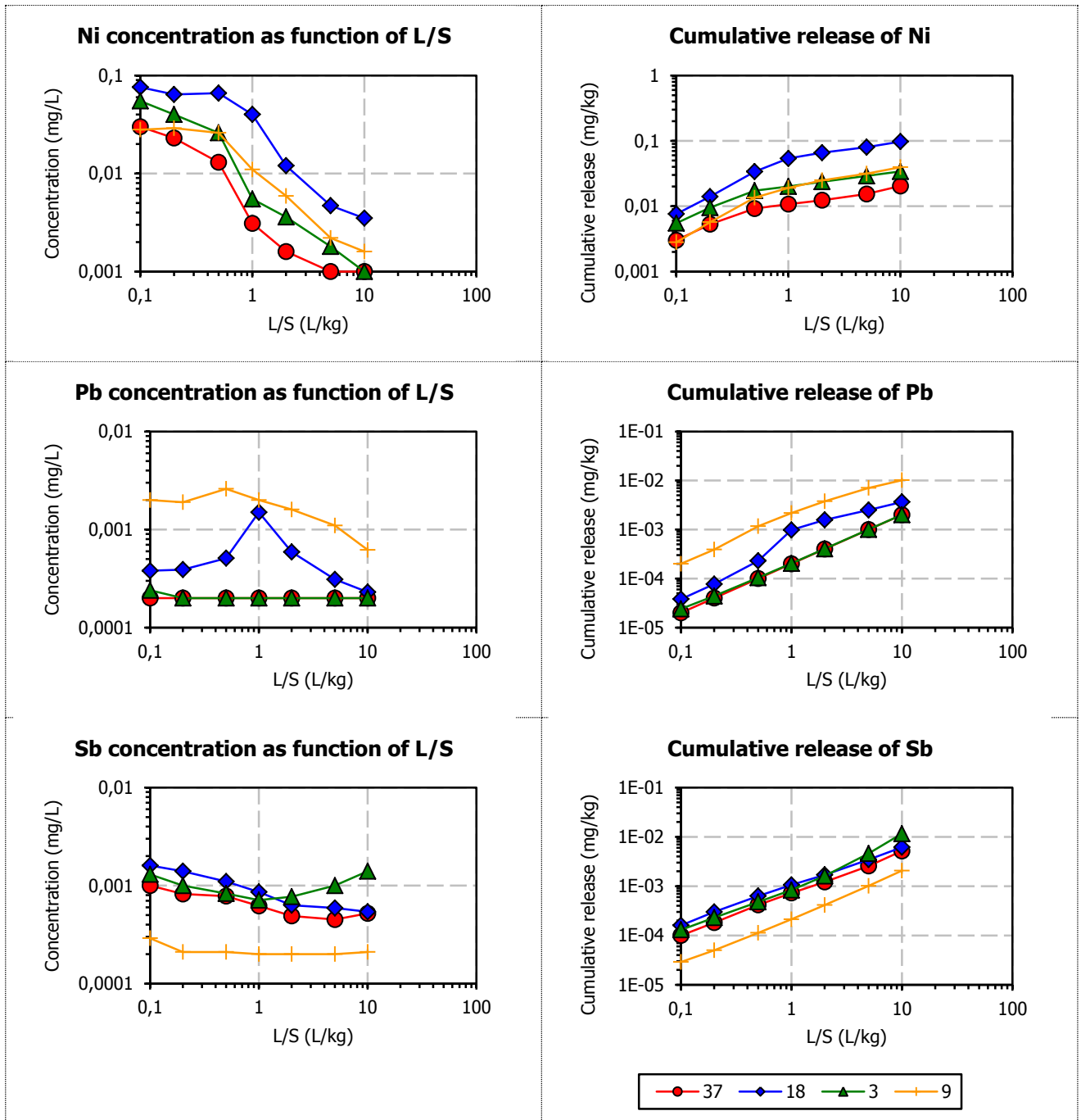
Beton og tegl (3, 9 og 18), tegl (37)



Beton og tegl (3, 9 og 18), tegl (37)

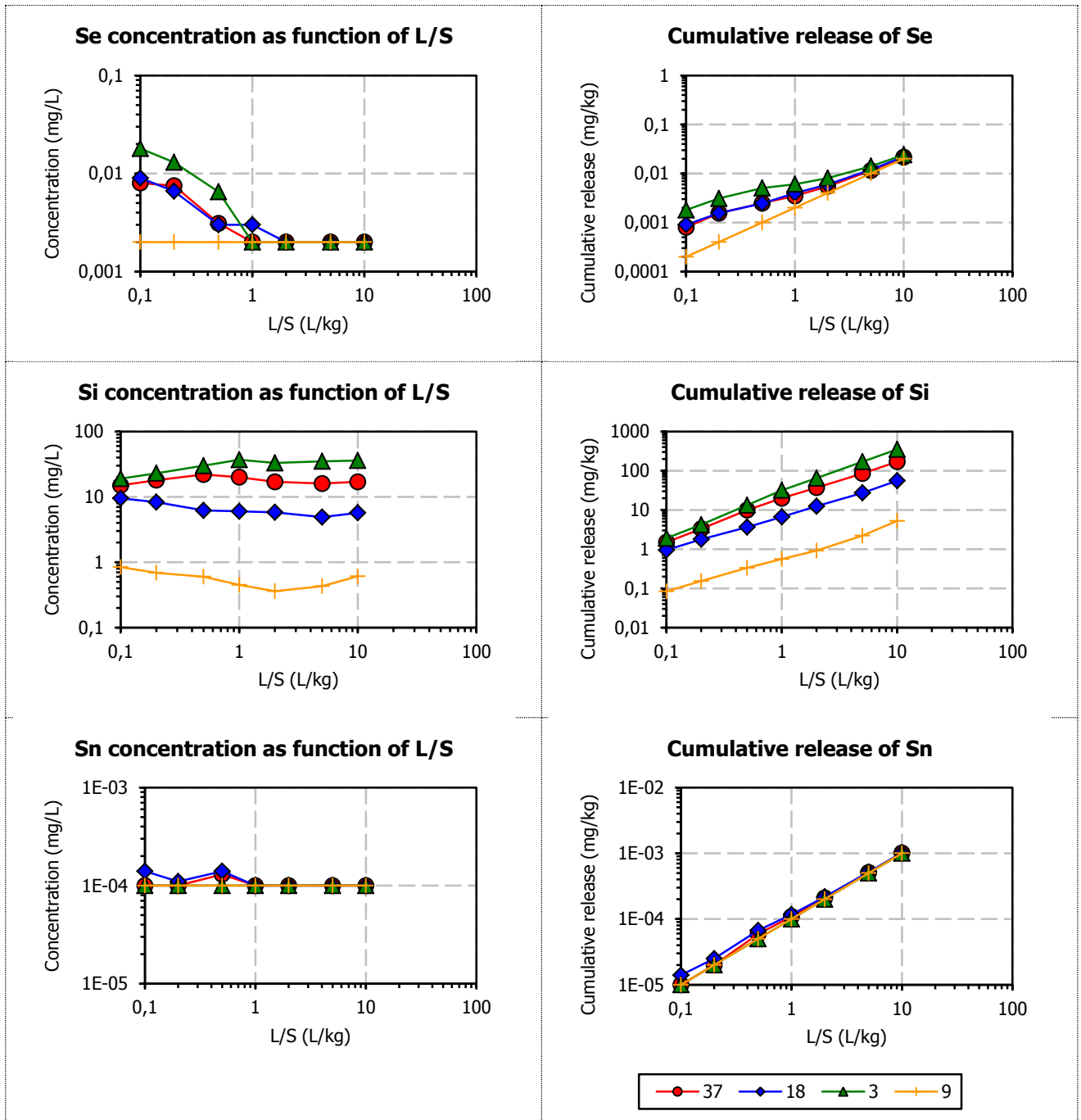


Beton og tegl (3, 9 og 18), tegl (37)

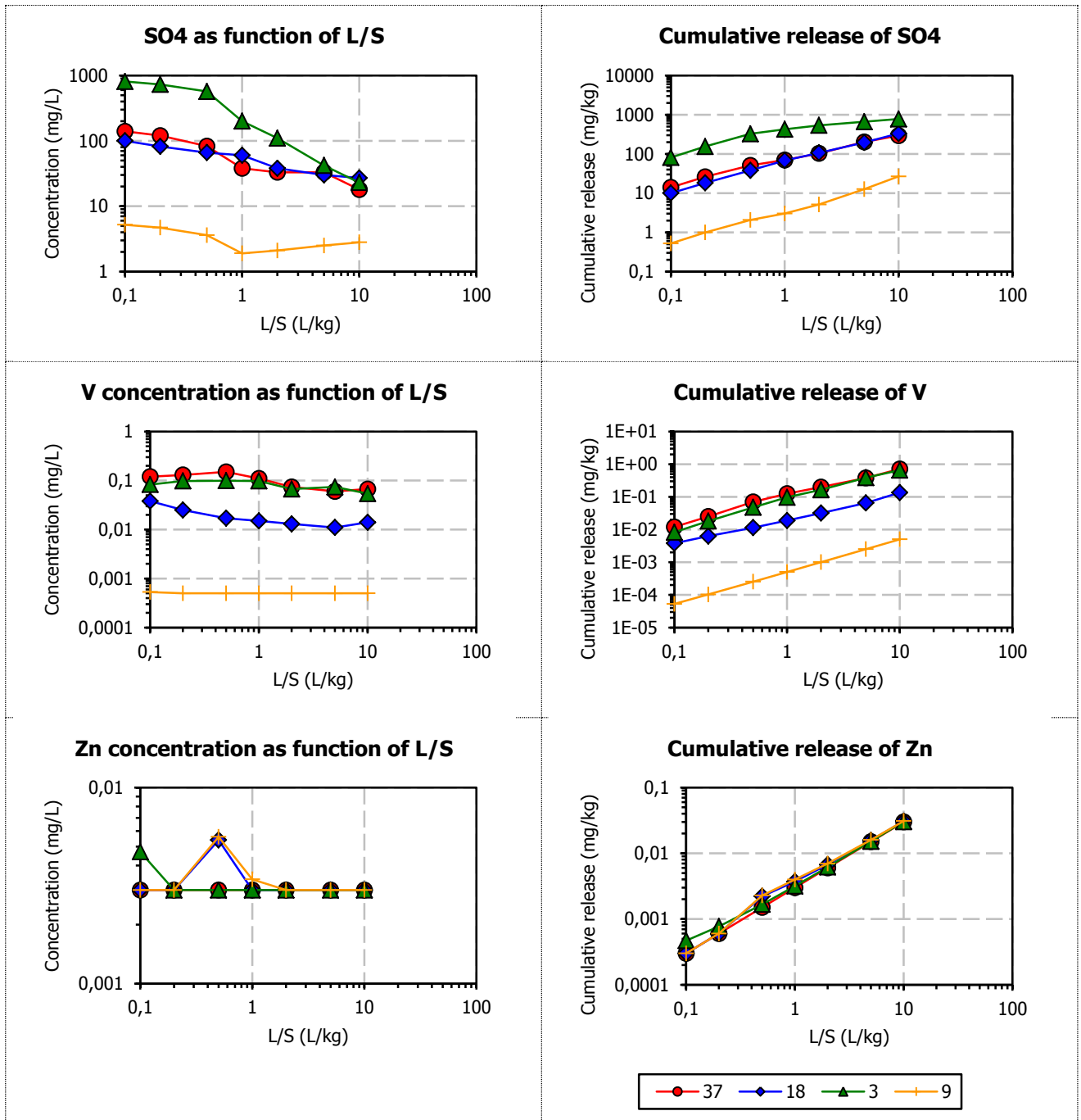




Beton og tegl (3, 9 og 18), tegl (37)

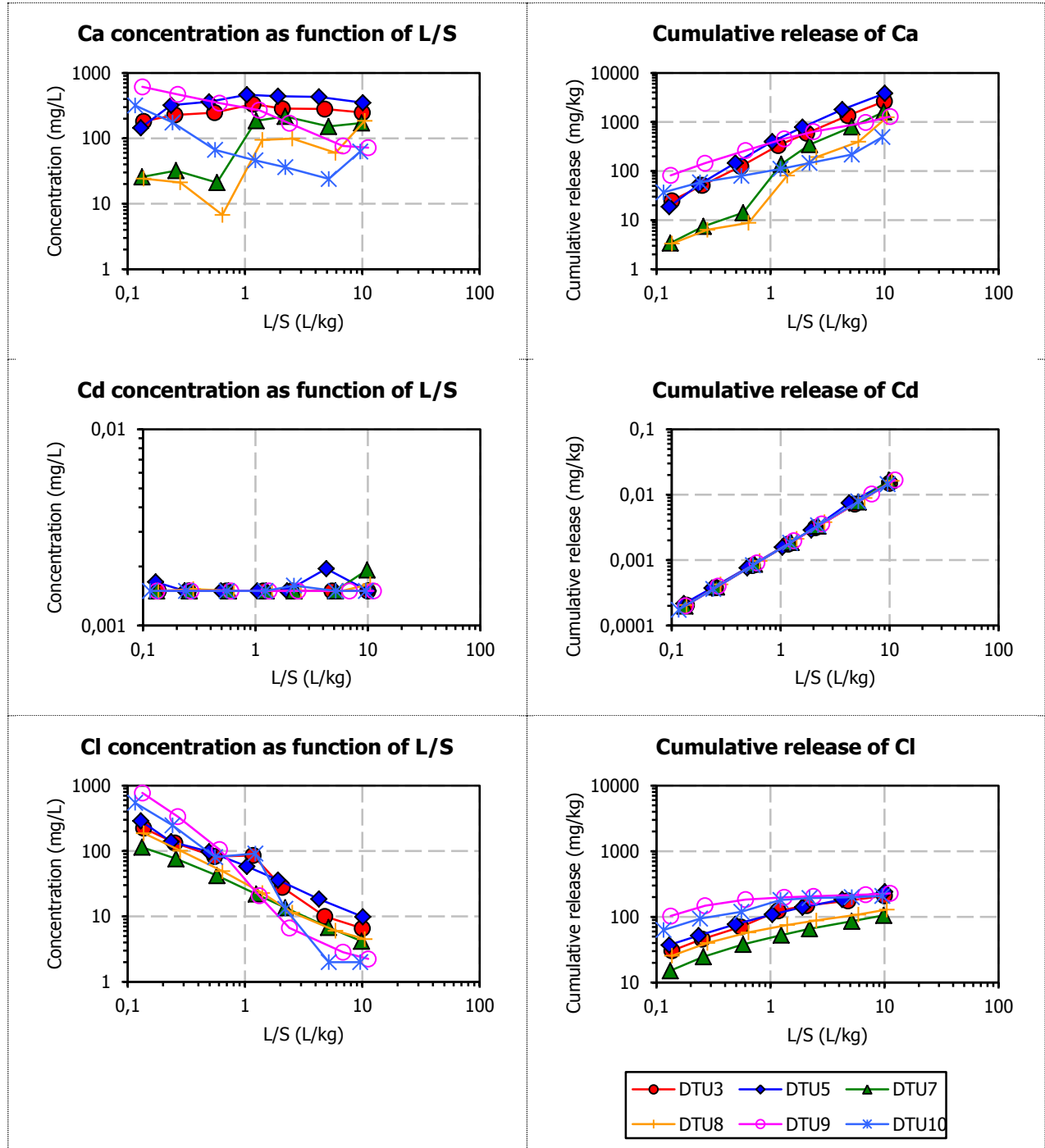


Beton og tegl (3, 9 og 18), tegl (37)

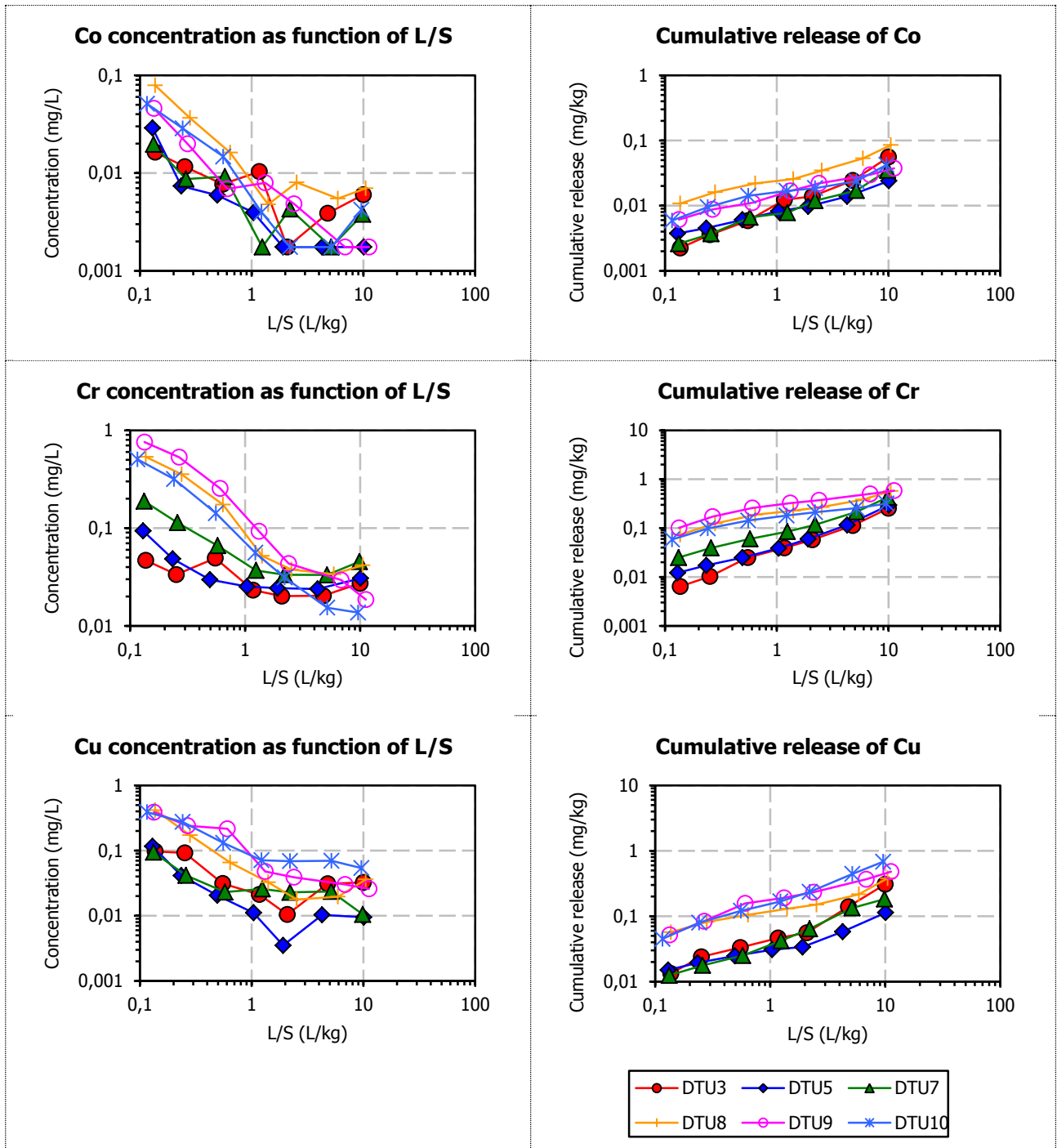


## Bilag 15. Grafisk præsentation af resultater af kolonnetests (prøver fra 2011/2012)

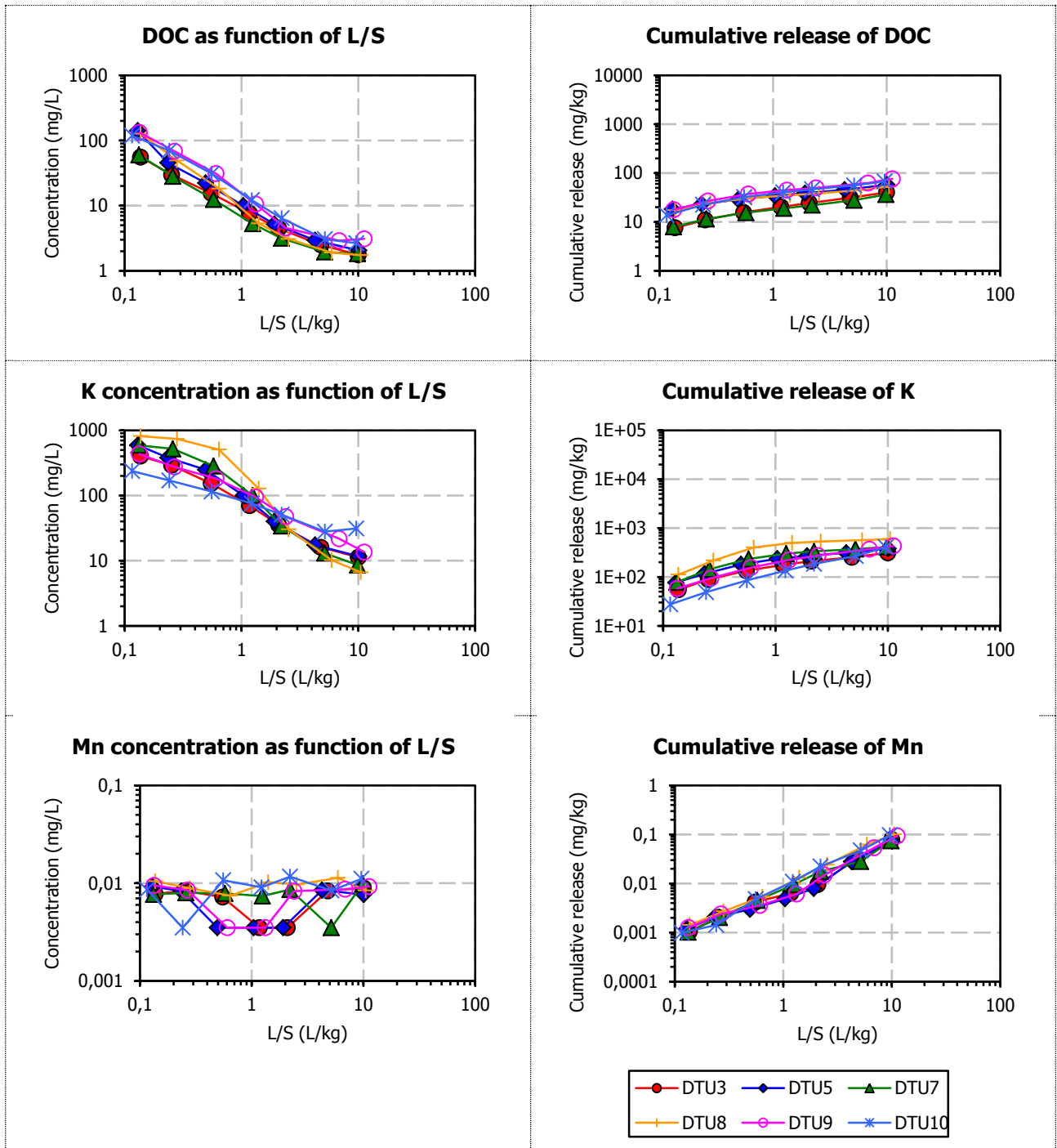
Beton (DTU3, DTU5 og DTU7), beton og tegl (DTU9 og DTU10)



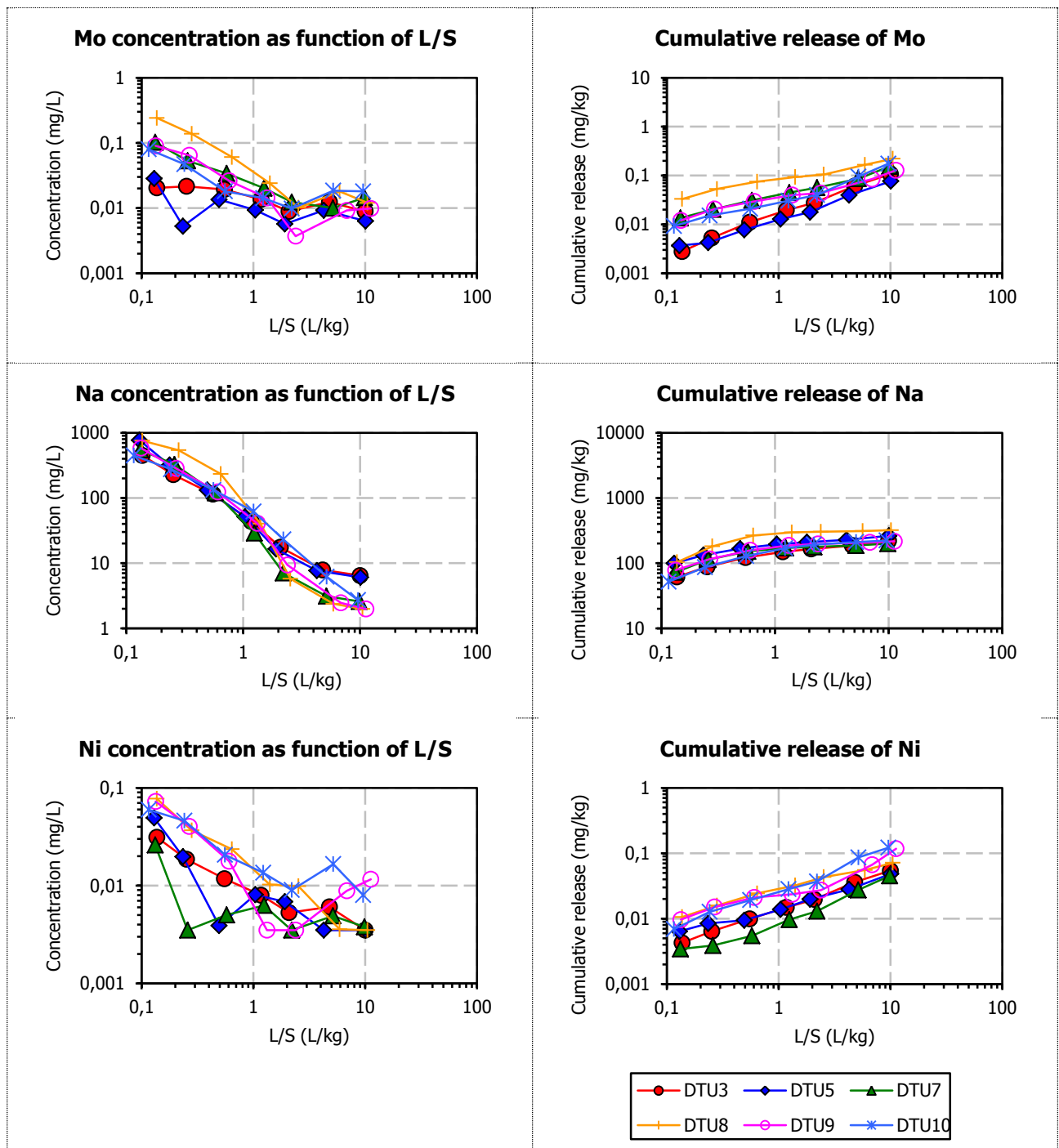
Beton (DTU3, DTU5 og DTU7), beton og tegl (DTU8 og DTU10)



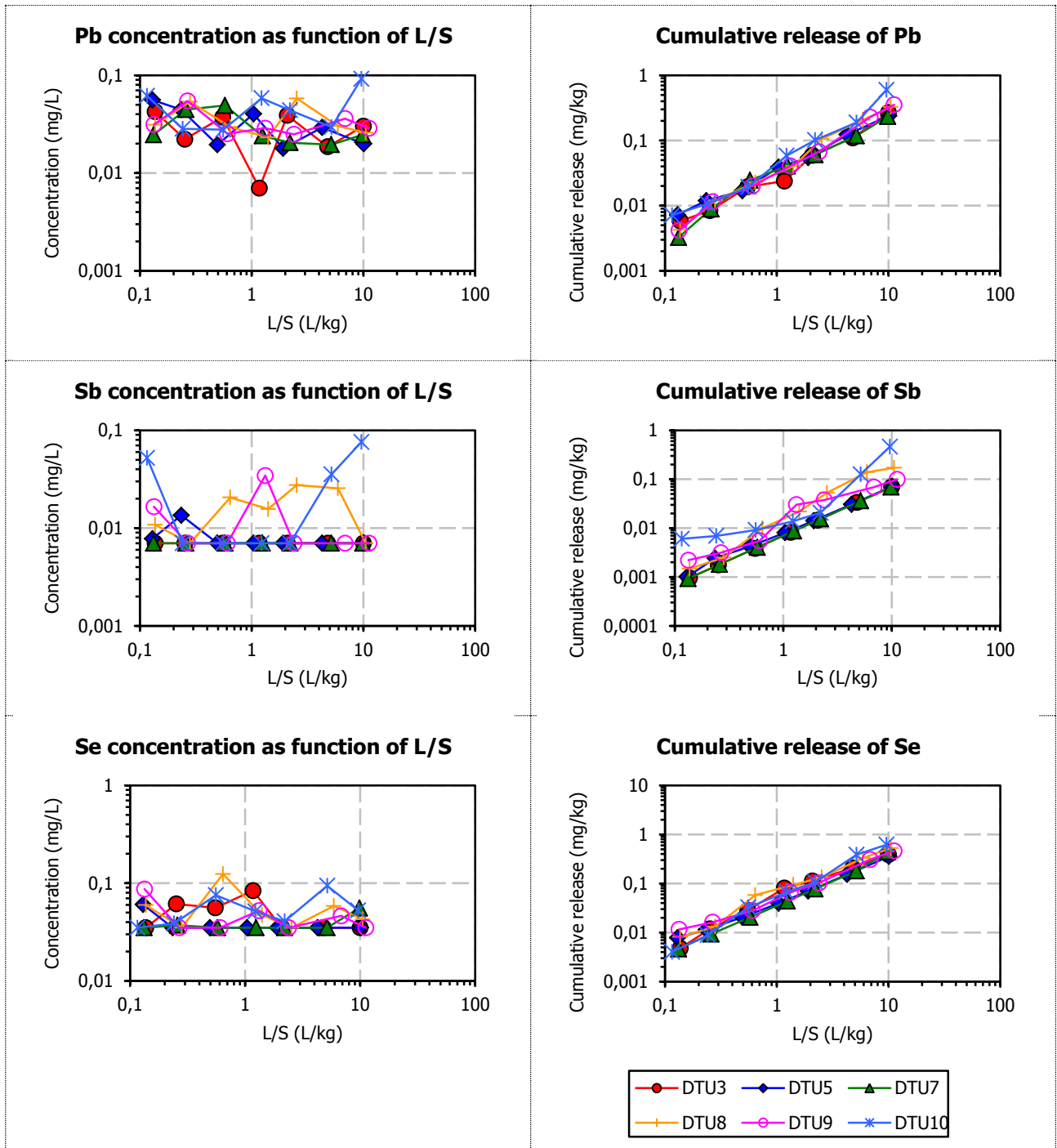
Beton (DTU3, DTU5 og DTU7), beton og tegl (DTU9 og DTU10)



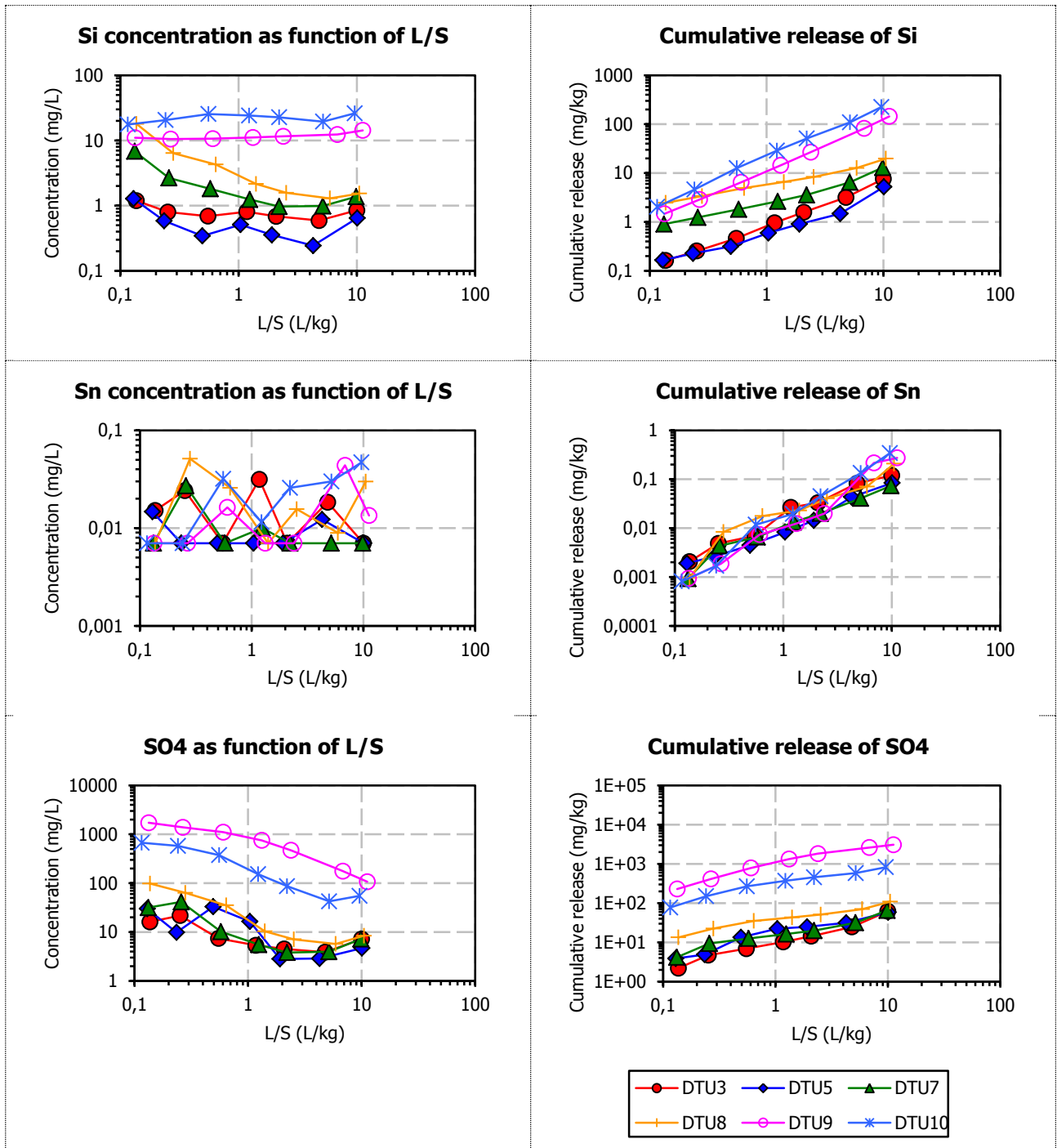
Beton (DTU3, DTU5 og DTU7), beton og tegl (DTU9 og DTU10)



Beton (DTU3, DTU5 og DTU7), beton og tegl (DTU9 og DTU10)

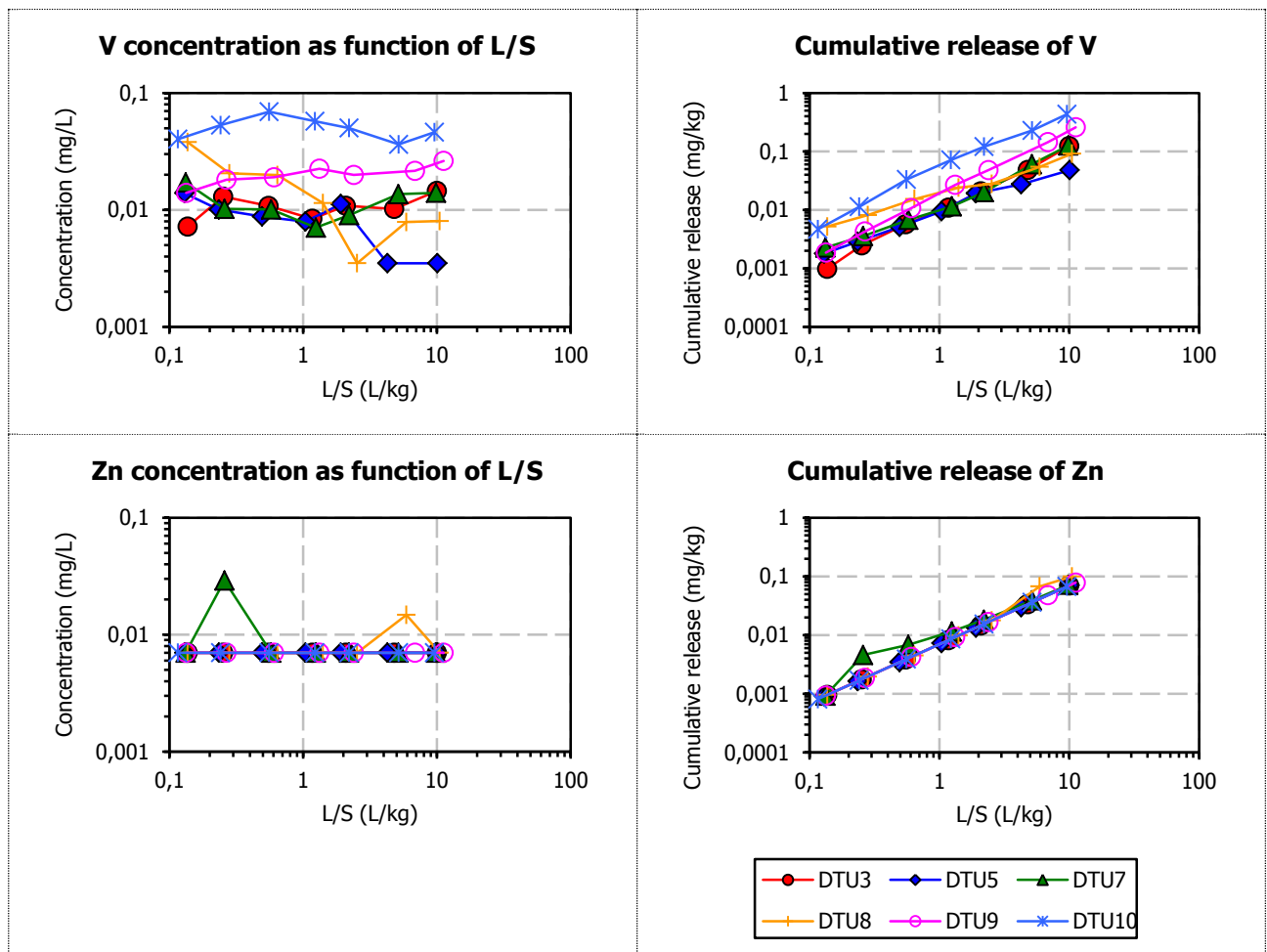


Beton (DTU3, DTU5 og DTU7), beton og tegl (DTU9 og DTU10)



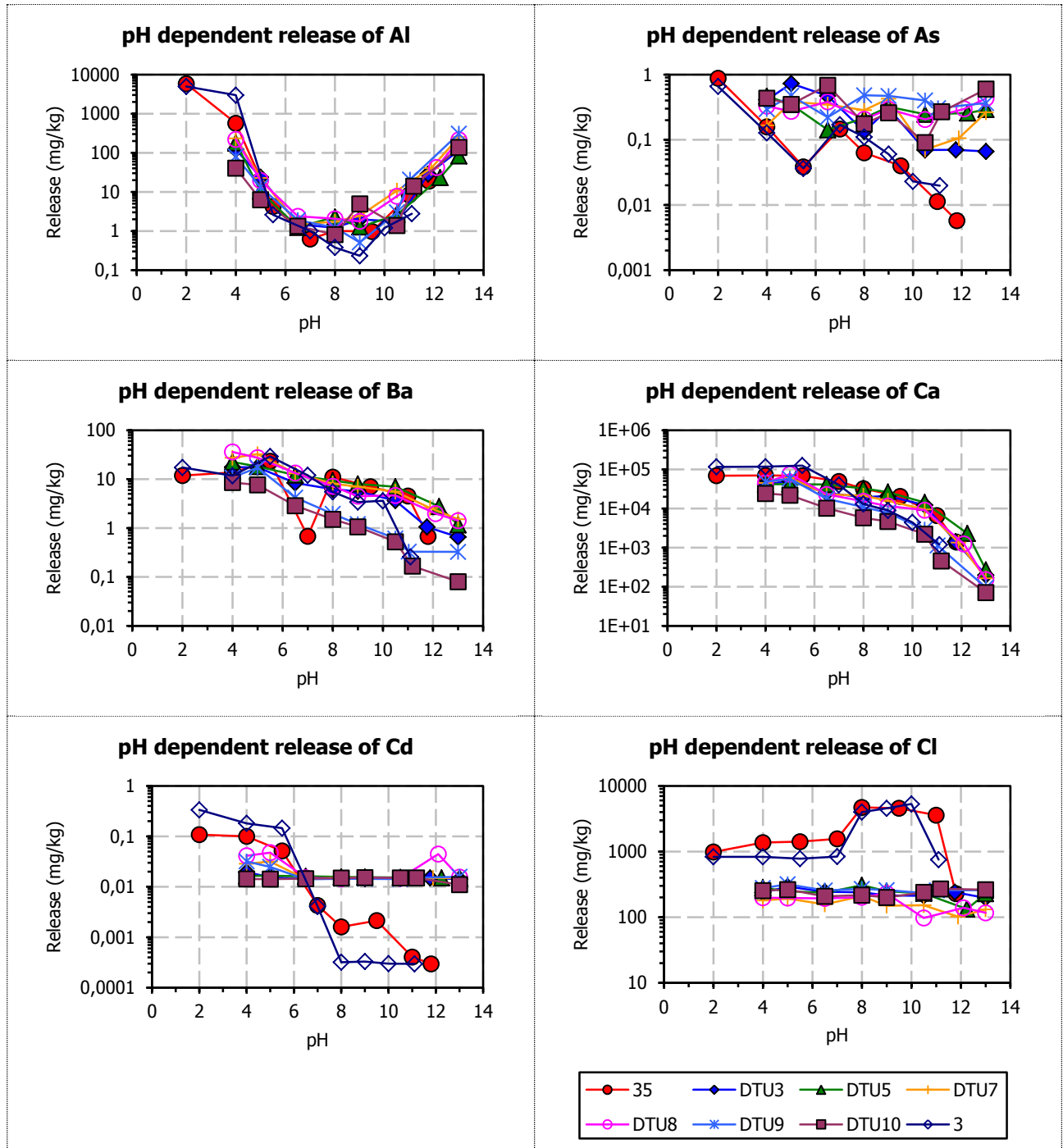


Beton (DTU3, DTU5 og DTU7), beton og tegl (DTU9 og DTU10)

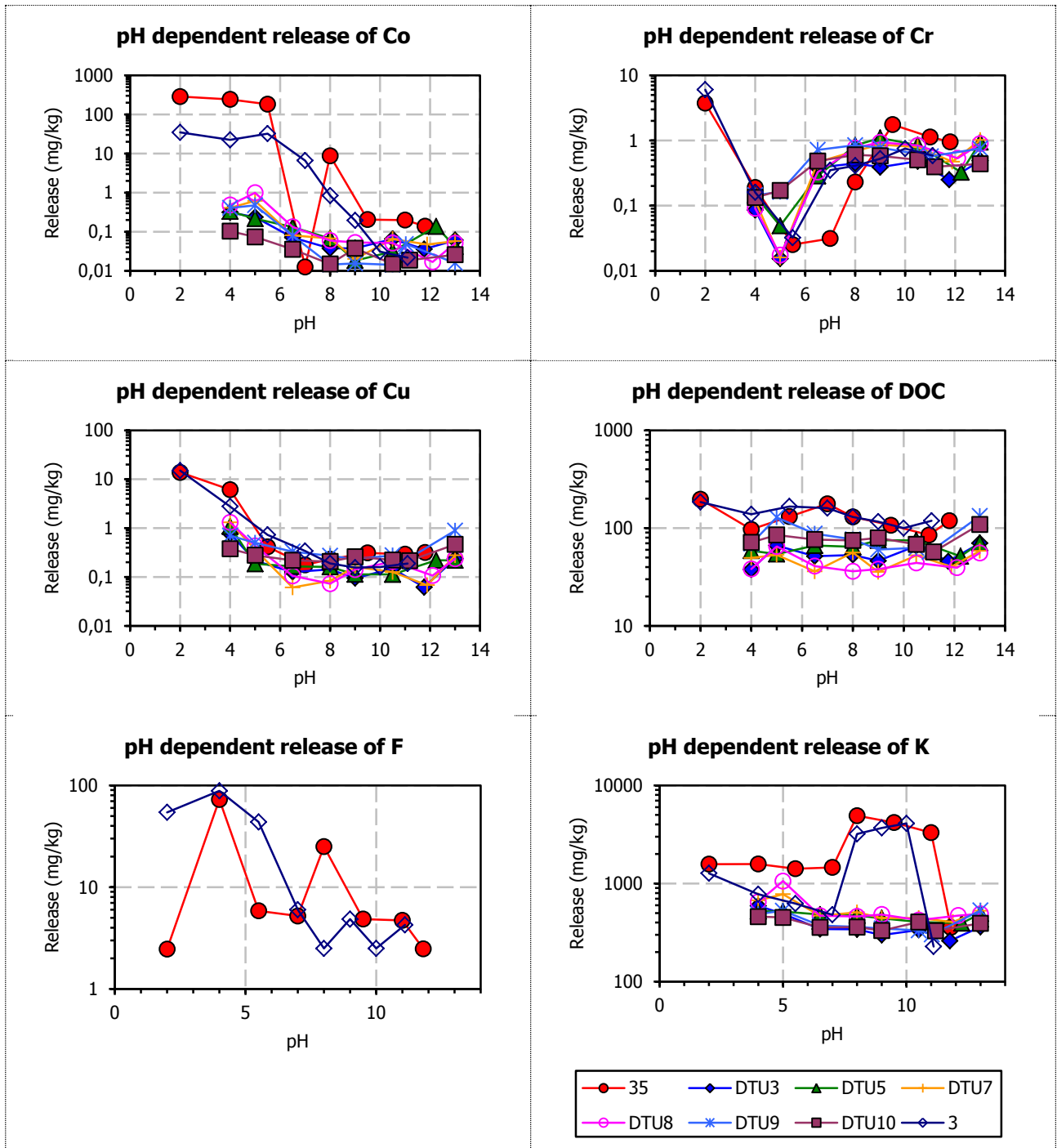


## Bilag 16. Grafisk præsentation af resultater af pH-afhængigheds-udvaskningstests

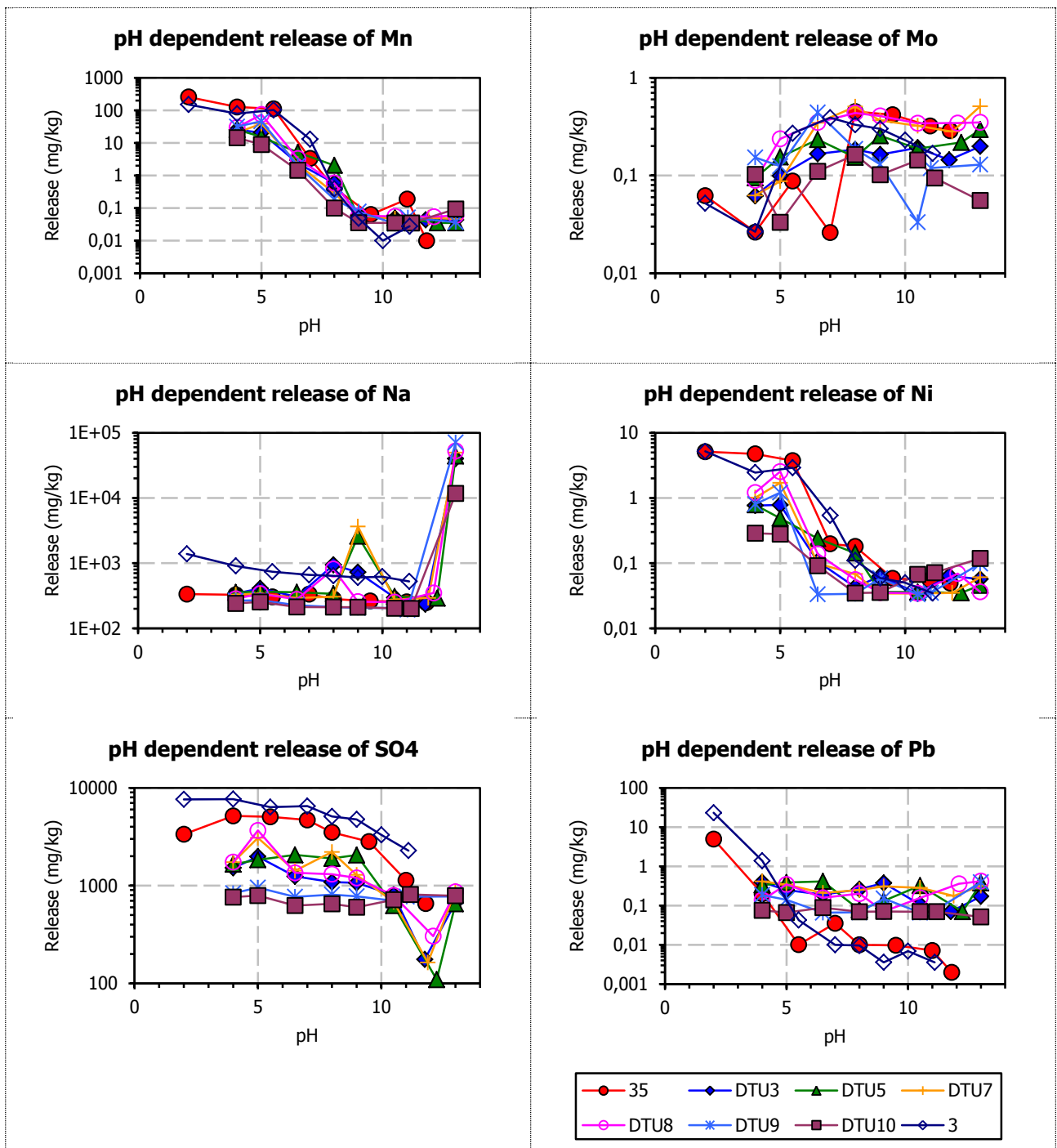
Beton (35, DTU5, DTU7, DTU8), beton og tegl (3, DTU9, DTU10)



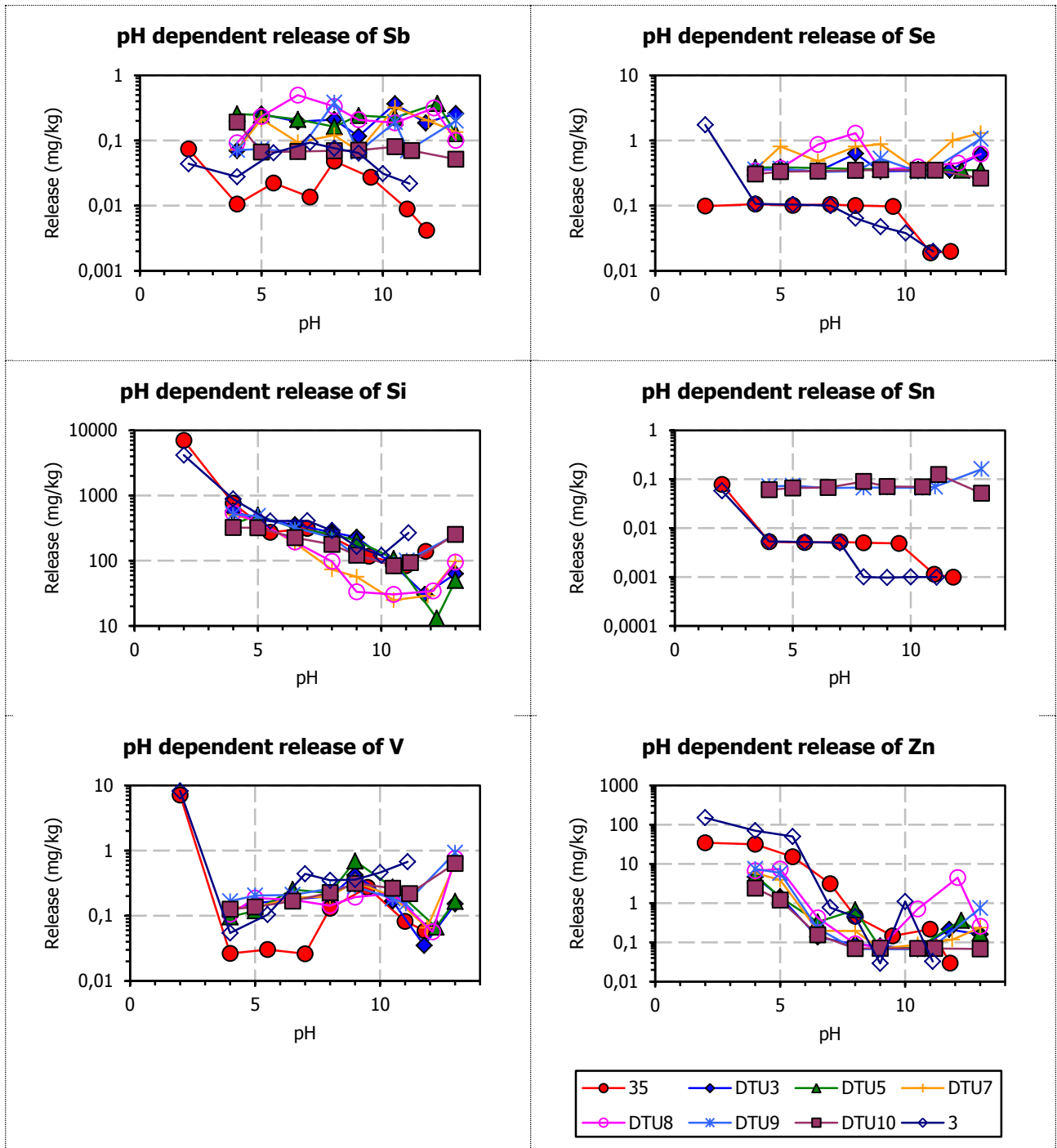
Beton (35, DTU5, DTU7, DTU8), beton og tegl (3, DTU9, DTU10)



Beton (35, DTU5, DTU7, DTU8), beton og tegl (3, DTU9, DTU10)



Beton (35, DTU5, DTU7, DTU8), beton og tegl (3, DTU9, DTU10)



## Bilag 17. Resultater af ligevægtsudvaskningstest for organiske stoffer (prøver fra 2016/2017)

Nordtest TR576	Prøve nr	2	8	23	33	35	40
	Type	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton
	Årstal	2016	2016	2016	2017	2017	2017
L/S-forhold	l/kg	2,29	2,38	2,46	2,41	2,36	2,50
pH	-/-	12,4	12,4	12,2	12	12,3	12,3
Ledningsevne	mS/m	800	780	660	400	730	720
C6-C10	mg/kg TS	0,071	0,036	0,011	0,015	0,010	0,060
C10-C15	mg/kg TS	0,128	0,171	0,027	0,024	0,031	0,068
C15-C20	mg/kg TS	0,044	0,031	0,029	0,029	0,059	0,115
C20-C35	mg/kg TS	0,028	0,033	0,042	0,006	0,052	0,625
ΣC6-C35	mg/kg TS	0,275	0,261	0,108	0,075	0,151	0,876
Naphthalen	mg/kg TS	0,00596	0,00062	0,00015	0,00013	0,00040	0,00048
Fluoranthen	mg/kg TS	0,00025	0,00014	0,00012	0,00003	0,00033	0,00110
Benz(bjk)fluoranthen	mg/kg TS	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005
Benz(a)pyren	mg/kg TS	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00003
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	mg/kg TS	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00003
Dibenz(a,h)anthracen	mg/kg TS	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00003
Acenaphthylen	mg/kg TS	0,000142	0,000033	0,000032	0,000024	0,000128	0,000183
Acenaphthen	mg/kg TS	0,001583	0,000176	0,000150	0,000039	0,000236	0,000220
Fluoren	mg/kg TS	0,000211	0,000031	0,000042	0,000031	0,000175	0,000220
Phenanthren	mg/kg TS	0,001216	0,000784	0,000246	0,000171	0,000968	0,002501
Anthracen	mg/kg TS	0,000142	0,000043	0,000042	0,000029	0,000128	0,000198
Pyren	mg/kg TS	0,000181	0,000105	0,000079	0,000029	0,000210	0,000725
Benz(a)anthracen/Chrysen	mg/kg TS	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,000125
Benzo(ghi)perylen	mg/kg TS	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00003
ΣPAH 16	mg/kg TS	0,0096	0,0019	0,00088	0,00046	0,0026	0,0058
PCB 28	mg/kg TS	0,00011	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00013
PCB 52	mg/kg TS	0,00011	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00013
PCB 101	mg/kg TS	0,00011	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00013
PCB 118	mg/kg TS	0,00011	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00013
PCB 138	mg/kg TS	0,00011	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00013
PCB 153	mg/kg TS	0,00011	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00013
PCB 180	mg/kg TS	0,00011	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00013

Røde tal angiver rapporteringsgrænsen for resultater mindre end denne

Nordtest TR576	Prøve nr.	3	9	18	37
	Type	Beton&Tegl	Beton&Tegl	Beton&Tegl	Tegl
	Årstal	2016	2016	2016	2017
L/S-forhold	l/kg	2,36	2,41	2,37	2,40
pH	-/-	12,2	12,4	12,3	12,2
Ledningsevne	mS/m	630	840	660	570
C6-C10	mg/kg TS	0,040	0,017	0,013	0,026
C10-C15	mg/kg TS	0,120	0,063	0,036	0,036
C15-C20	mg/kg TS	0,068	0,034	0,050	0,060
C20-C35	mg/kg TS	0,068	0,018	0,031	0,624
ΣC6-C35	mg/kg TS	0,307	0,133	0,130	0,744
Naphthalen	mg/kg TS	0,00850	0,00241	0,00043	0,00046
Fluoranthen	mg/kg TS	0,00101	0,00048	0,00066	0,00091
Benz(bjk)fluoranthen	mg/kg TS	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005
Benz(a)pyren	mg/kg TS	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	mg/kg TS	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
Dibenz(a,h)anthracen	mg/kg TS	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
Acenaphthylen	mg/kg TS	0,001251	0,000056	0,000161	0,000226
Acenaphthen	mg/kg TS	0,002596	0,001641	0,000971	0,000192
Fluoren	mg/kg TS	0,000991	0,000362	0,000284	0,000170
Phenanthren	mg/kg TS	0,001581	0,002220	0,000947	0,000600
Anthracen	mg/kg TS	0,000330	0,000089	0,000260	0,000187
Pyren	mg/kg TS	0,000684	0,000290	0,000450	0,000624
Benz(a)anthracen/Chryse	mg/kg TS	0,000099	0,00005	0,000083	0,000098
Benzo(ghi)perylene	mg/kg TS	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
ΣPAH 16	mg/kg TS	0,0170	0,0077	0,0043	0,0036
PCB 28	mg/kg TS	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
PCB 52	mg/kg TS	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
PCB 101	mg/kg TS	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
PCB 118	mg/kg TS	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
PCB 138	mg/kg TS	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
PCB 153	mg/kg TS	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012
PCB 180	mg/kg TS	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012

Må ikke slettes

### **Forekomst og udvaskning af problematiske stoffer i knust beton og tegl**

Der gennemført et projekt, hvor prøver af nedknust beton og tegl er analyseret for indhold og udvaskning af en række problematiske stoffer. De stoffer, som indgår i projektet, blev identificeret som potentielt problematiske i et forudgående litteraturstudie (Miljøprojekt nr. 1806, 2015). Resultaterne viser, at beton indeholder en række stoffer (f.eks. arsen, bly, krom og selen), som potentielt kan føre til en uacceptabel udvaskning i forbindelse med nyttiggørelse af betonen i bygge- og anlægsprojekter som veje, pladser og støjvolde. Det ses også at tegl i mindre grad end beton indeholder problematiske stoffer. Projektet har ikke afklaret risikoen for udvaskning af en række organiske stoffer, der tilsættes beton at forbedre dens tekniske egenskaber, som f.eks. hærdningstiden. Resultaterne skal sammen med et risikovurderingsprojekt, hvor udvaskning fra realistiske anvendelsesscenarier for nedknust bygge- og anlægsaffald modelleres, indgå i arbejdet med revision af gældende lovgivning for nyttiggørelse af beton og tegl i bygge- og anlægsarbejder.



Miljøstyrelsen  
Haraldsgade 53  
2100 København Ø

[www.mst.dk](http://www.mst.dk)