



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Nye forureningsstoffer i perkolat fra lossepladser Teknologiudviklingsprojekt

Miljøprojekt nr. 1933

Maj 2017

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Lars Bennedsen,
Dorte Harrekilde,
Mathilde R. Laursen,
Helle Hansen, RAMBØLL

ISBN: 978-87-93529-90-8

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

Må citeres med kildeangivelse

Indhold

Indhold	3
Forord.....	5
Sammenfatning og konklusion	6
Summary and conclusion	9
1. Indledning	12
1.1 Baggrund	12
1.2 Formål	12
2. Grundlag for litteraturgennemgangen	13
3. Stofgrupper.....	14
3.1 Farmaceutiske stoffer	14
3.2 Livsstilsstoffer	16
3.3 Personlig pleje.....	17
3.4 Industrielle additiver og biprodukter.....	18
3.4.1 1,4-dioxan	18
3.4.2 Phtalater	19
3.4.3 Bisphenol A (BPA)	19
3.4.4 Bromerede flammehæmmere.....	19
3.4.5 Fluorerede stoffer	20
3.4.6 Nonylphenol (NP)	20
3.4.7 Freoner	21
3.4.8 Fund i perkolat og grundvand	21
3.5 Tilsætningsstoffer til madvarer	23
3.6 Pesticider.....	23
3.7 Øvrige stofgrupper	24
4. Potentielle problemstoffer.....	25
5. Lossepladser	26
5.1 Historik.....	26
5.2 Transport og attenuering.....	27
6. Udvalgelse af lossepladser	28
6.1 Glamhøjvej losseplads	29
6.2 Eskelund losseplads	29
6.3 ESØs deponeringsanlæg ved Brosbøl.....	30
6.4 REVAS Viborg	31

6.5	Affaldscenter Skårup	32
6.6	Viborgvej ved Mundelstrup	33
7.	Udførte undersøgelser.....	34
8.	Resultater	37
8.1	Bisphenol A	37
8.2	HS freon	38
8.3	1,4-dioxan	38
8.4	Phtalater	39
8.5	Livsstilsstoffer og personlig-pleje-stoffer	40
8.6	PFAS-forbindelser.....	41
8.7	Bromerede flammehæmmere.....	42
	Referencer	43
Bilag 1	Analyseresultater.....	45

Forord

De senere år er der fundet en række stoffer, refereret til som nye forureningsstoffer (emerging contaminants), i grundvandet. Stofferne findes typisk i ng/l og µg/l niveau. Specielt perfluorerede kulbrinter (PFC), bromerede flammehæmmere, 1,4-dioxan og freon-forbindelser har de senere år fået mere opmærksomhed som potentielle problemstoffer i grundvandet og er blevet omtalt meget på de seneste års internationale konferencer og på ATV-møder i Danmark. Stofferne bruges bredt bl.a. som tilsætningsstoffer i en lang række produkter.

De nævnte stoffer er typisk letopløselige i vand, persistente og mange er bioakkumulerbare, derudover er stofferne generelt sundhedsskadelige.

Stofferne er generelt ikke medtaget i analyseprogrammer for grundvand i Danmark. Undersøgelser fra Danmark og udlandet bl.a. Sverige og USA viser dog, at der kan forekomme forhøjede niveauer pga. forurening fra specifikke brancher. Da stofferne har været anvendt i meget lange perioder, vil de formodentligt være at finde på de gamle danske lossepladser, som har modtaget affald med indhold af disse stoffer. Udsivning af stofferne fra ukontrollerede losse- og fyldpladser er kun sparsomt undersøgt, og det er derfor uvist, om stofferne udgør et problem i Danmark.

I rapporten præsenteres resultaterne af en litteratursøgning, der belyser, hvilke nye stoffer, der potentielt kan udgøre en trussel for grundvand og overfladevand i Danmark.

Her redegøres desuden så vidt muligt for i hvilken periode de forskellige stoffer er anvendt i Danmark, samt hvilke stoffer der udvælges til analyse i den videre undersøgelse. På baggrund af stoffernes anvendelsesperioder og driftsperioder for lossepladserne er der udvalgt 6 lossepladser til videre undersøgelse, med henblik på at belyse, om de udvalgte stoffer kan detekteres, og om de kan påvises i vandprøver udtaget fra lossepladserne.

Sammenfatning og konklusion

På baggrund af en litteratursøgning og udvælgelse af egnede lokaliteter er grundvand eller perkolat udtaget fra 7 målepunkter på 6 tidligere lossepladser. Prøverne er analyseret for indhold af industrielle additiver og biprodukter: bisphenol A, freon-forbindelser, 1,4-dioxan, phtalater, livsstilsstoffet koffein, triclosan, PFAS-forbindelser og bromerede flammehæmmere.

Analyseresultater fra de seks lossepladser er sammenfattet i tabel 1 og resumeret nedenfor.

TABEL 1: RESUME AF PÅVISNING, DETEKTIONSFREKVENS, KONCENTRATIONSINTERVAL OG EVT. GRUNDVANDSKVALITETSKRITERIER OG MILJØKVALITETSKRAV FOR DE ANALYSEREDE NYE STOFFER I DE 7 PRØVER AF PERKOLAT OG PERKOLATPÅVIRKET GRUNDVAND FRA 6 LOSSEPLADSER. GRØN FARVE=IKKE PÅVIST, GUL=PÅVIST, RØD=PÅVIST OVER GRUNDVANDSKVALITETSKRITERIET, SKRAVERING=PÅVIST OVER MILJØKVALITETSKRAVENE, #=GÆLDER FOR SUM AF CONGENER 28, 47, 99, 100, 153 OG 154. *=GÆLDER FØRST FRA 22.DEC.2018.

Stof	Glanhøjvej	Eskelund	ESØ PB5	ESØ PB1	REVAS	Skårup	Viborgvej	Detektionsfrekvens (%)	Koncentrationsinterval (µg/l)	Grundvandskvalitetskriterium (µg/l)	Miljøkvalitetskrav (µg/l), jf. BEK 1070	
Bisphenol A											Fersk	Marin
	x	x	x	x	x	x	x	100	1,4-320	-	0,1	0,01
HS Freon												
HCFC-21	-	-	-	-	-	x	-	14	10	-	-	-
1,4-dioxan												
	-	x	x	x	x	x	-	71	2,5-13	-	-	-
Phtalater												
DMP	-	-	-	-	x	x	-	29	0,73-16	1	-	-
DEP	x	-	-	-	x	x	x	57	0,12-0,71		-	-
BBP	x	-	-	-	x	x	-	43	0,13-0,43		7,5	0,75
DOP	-	-	-	-	-	-	-	0			-	-
DEHP	x	-	x	-	x	x	x	71	0,18-4,7		1,3	1,3
DBP	x	-	x	-	x	x	x	71	0,21-4,7		2,3	0,23
DNP	-	-	-	-	-	-	-	0			-	-
Livsstilsstoffer og personlig-pleje-stoffer												
Koffein	x	x	x	x	x	x	x	100	0,047-12	-	-	-
Triclosan	x	-	-	x	x	-	x	57	0,11-0,87	-	-	-
PFAS-forbindelser												
PFOA	x	x	x	x	x	x	-	86	0,022-0,56	0,1	-	-
PFHpA	x	x	x	x	x	x	-	86	0,0027-0,19		-	-
PFNA	-	-	-	x	x	x	-	43	0,0014-0,017		-	-
PFBS	-	x	-	x	x	x	-	57	0,0025-0,19		-	-
PFHxS	-	x	-	x	x	x	-	57	0,0031-0,031		-	-
PFOS	x	x	x	x	x	x	-	86	0,003-0,16		0,00065*	0,00013*

Stof	Glanhøjvej	Eskelund	ESØ PB5	ESØ PB1	REVAS	Skårup	Viborgvej	Detektionsfrekvens (%)	Koncentrationsinterval (µg/l)	Grundvandskvalitetskriterium (µg/l)	Miljøkvalitetskrav (µg/l), jf. BEK 1070	
PFOSA	-	-	-	-	-	x	-	14	0,0014		-	-
PFHxA	x	x	x	x	x	x	-	86	0,0097-1		-	-
PFBA	x	x	-	x	x	x	-	71	0,0069-0,16		-	-
PFPeA	-	-	-	x	x	x	-	43	0,028-0,49		-	-
PFDA	-	-	-	-	-	x	-	14	0,0073		-	-
FTS 6:2	-	-	-	x	x	x	-	43	0,0089-0,046		-	-
PFDoDa	-	-	-	-	-	-	-	0		-	-	-
PFDS	-	-	-	-	-	-	-	0		-	-	-
PFUnDa	-	-	-	-	-	-	-	0		-	-	-
Bromerede flammehæmmere												
PBDE 47	-	-	-	-	x	-	-	14	0,0003	-	0,0005#	0,0002#
PBDE 99	-	-	-	-	x	-	-	14	0,00044	-	0,0005#	0,0002#

Analyseresultater fra de seks lossepladser viser, at alle de undersøgte ”nye” stoffer er detekteret i lossepladisperkolaterne og perkolatpåvirket grundvand. Stofferne er påvist på relativt lave niveauer i forhold til det forventede på baggrund af stofgennemgangen i afsnit 3. Vandprøver fra Eskelund losseplads og fra lossepladsen ved Viborgvej er udtaget fra henholdsvis et omfangsdræn fra afvægeboringer og fra terrænnært grundvand. Analyseresultaterne repræsenterer derfor ikke perkolat, men perkolat fortyndet med grundvand.

Detektionsfrekvensen for freon-forbindelserne er lav og kvalitetskriterierne høje. Det er udelukkende HCFC-21, der er detekteret og det i en lav koncentration i en enkelt perkolatprøve.

Triclosan er detekteret i fire perkolatprøver i koncentrationer mindre end 1 µg/l.

1,4-dioxan er detekteret i 5 perkolatprøver fra 4 lossepladser og i størrelsesordenen på µg/l. De påviste indhold overskrider US EPAs grænseværdi for drikkevand op til 40 gange (danske grænseværdier findes ikke for stoffet).

Detektionsfrekvensen for bromerede flammehæmmere er lave og enkeltstoffer (PBDE 47 og PBDE 99) er påvist i størrelsesordenen ng/l.

Data fra de seks undersøgte lossepladser tyder således på, at freon-forbindelser, triclosan, bromerede flammehæmmere og 1,4-dioxan i lossepladisperkolat ikke udgør en væsentlig risiko for hverken grundvand eller overfladevand, når de fundne niveauer sammenholdes med gældende kvalitetskriterier og krav.

Detektionsfrekvensen for bisphenol A er 100 % og bisphenol A er detekteret i forholdsvis høje koncentrationer, der dog er lavere end de maksimale koncentrationer detekteret i udlandet (Masoner et al., 2014). Bisphenol A, der er påvist i indhold der overskrider miljøkvalitetskravene for ferskvand og marint vand op til hhv. 3.200 og 32.000 gange, kan udgøre en risiko for overfladevand, men der er ikke tilstrækkeligt med data til at vurdere, om stoffet kan udgøre en risiko for grundvand.

Phtalaterne er detekteret i vandprøver fra fem af de seks undersøgte lossepladser og i koncentrationer indtil 22 gange over Miljøstyrelsens grundvandskvalitetskriterium på tre af pladserne. Phtalater er hormonforstyrrende og kan i værste fald føre til misdannelser. Den generelle risiko for grundvand og/eller overfladevand er vurderet som begrænset, der kan dog være lokale undtagelser.

Detektionsfrekvensen for PFAS-forbindelserne er høj, og der er påvist koncentrationer i vandprøverne indtil 28 gange over Miljøstyrelsens grundvandskvalitetskriterium og op til 250 og 1.230 gange hhv. det ferske og marine vandkvalitetskrav, som træder i kraft i 2018. De langkædede forbindelser er persistente og bioakkumulerbare i miljøet og bl.a. de to PFC'er; PFOA og PFOS er klassificeret som værende kræftfremkaldende, reproduktionstoksiske og akut giftige. PFAS-forbindelserne kan være relevante at inddrage i fremtidige undersøgelser af perkolatpåvirket grundvand.

Data fra de seks undersøgte lossepladser tyder således på, at bisphenol A, phtalater, PFAS og 1,4-dioxan generelt findes i og udvaskes fra dansk affald. De påviste indhold tyder dog ikke på, at phtalaterne og 1,4-dioxan udgør en væsentlig trussel for grundvandsressourcen, da de påviste indhold i perkolatprøverne er lave og vil blive fortyndet ved et evt. udslip. Bisphenol A og til dels PFAS-forbindelserne er påvist i niveauer, der muligvis kan udgøre en trussel for evt. overfladevand umiddelbart ved lossepladser.

Summary and conclusion

Based on a literature review and a selection of appropriate sites groundwater and leachates from 7 sampling wells on 6 former landfills have been sampled. The samples have been analyzed for industrial additives and bi products; bisphenol A, freon-compounds, 1,4-dioxane, phthalates, caffeine (a lifestyle compound), triclosan, PFAS-compounds and bromated flame retardants.

Results of the analysis of samples from the 6 landfills are collected in table 1 and summarized below.

TABLE 1: SUMMARY OF DETECTION, DETECTION FREQUENCY, CONCENTRATION INTERVAL AND EXISTING GROUNDWATER QUALITY CRITERIA AND QUALITY CRITERIA FOR SURFACE WATERS FOR THE ANALYZED COMPOUNDS IN THE 7 SAMPLES OF LEACHATE AND LEACHATE IMPACTED GROUNDWATER FROM 6 LANDFILLS. GREEN=NOT DETECTED, YELLOW=DETECTED, RED=DETECTED ABOVE THE GROUNDWATER QUALITY CRITERIA, CROSS SHADED=DETECTED ABOVE THE QUALITY CRITERIA FOR SURFACE WATERS, #=APPLIES FOR SUM OF CONGENER 28, 47, 99, 100, 153 OG 154. *=APPLICABLE FROM 22.12.2018.

Compound	Glanhøjvej	Eskelund	ESØ PB5	ESØ PB1	REVAS	Skårup	Viborgvej	Detection frequency (%)	Concentration interval (µg/l)	Groundwater quality criteria (µg/l)	Quality criteria for surface waters (µg/l), see BEK 1070	
Bisphenol A											Fresh water	Marine water
	x	x	x	x	x	x	x	100	1,4-320	-	0,1	0,01
HS Freon												
HCFC-21	-	-	-	-	-	x	-	14	10	-	-	-
1,4-dioxane												
	-	x	x	x	x	x	-	71	2,5-13	-	-	-
Phthalates												
DMP	-	-	-	-	x	x	-	29	0,73-16	1	-	-
DEP	x	-	-	-	x	x	x	57	0,12-0,71		-	-
BBP	x	-	-	-	x	x	-	43	0,13-0,43		7,5	0,75
DOP	-	-	-	-	-	-	-	0			-	-
DEHP	x	-	x	-	x	x	x	71	0,18-4,7		1,3	1,3
DBP	x	-	x	-	x	x	x	71	0,21-4,7		2,3	0,23
DNP	-	-	-	-	-	-	-	0			-	-
Lifestyle and personal care compounds												
Caffeine	x	x	x	x	x	x	x	100	0,047-12	-	-	-
Triclosan	x	-	-	x	x	-	x	57	0,11-0,87	-	-	-
PFAS-compounds												
PFOA	x	x	x	x	x	x	-	86	0,022-0,56	0,1	-	-
PFHpA	x	x	x	x	x	x	-	86	0,0027-0,19		-	-
PFNA	-	-	-	x	x	x	-	43	0,0014-0,017		-	-

Compound	Glanhøjvej	Eskelund	ESØ PB5	ESØ PB1	REVAS	Skårup	Viborgvej	Detection frequency (%)	Concentration interval (µg/l)	Groundwater quality criteria (µg/l)	Quality criteria for surface waters (µg/l), see BEK 1070	
PFBS	-	x	-	x	x	x	-	57	0,0025-0,19	-	-	-
PFHxS	-	x	-	x	x	x	-	57	0,0031-0,031	-	-	-
PFOS	x	x	x	x	x	x	-	86	0,003-0,16	-	0,00065	0,00013
PFOSA	-	-	-	-	-	x	-	14	0,0014	-	-	-
PFHxA	x	x	x	x	x	x	-	86	0,0097-1	-	-	-
PFBA	x	x	-	x	x	x	-	71	0,0069-0,16	-	-	-
PFPeA	-	-	-	x	x	x	-	43	0,028-0,49	-	-	-
PFDA	-	-	-	-	-	x	-	14	0,0073	-	-	-
FTS 6:2	-	-	-	x	x	x	-	43	0,0089-0,046	-	-	-
PFDaDa	-	-	-	-	-	-	-	0		-	-	-
PFDS	-	-	-	-	-	-	-	0		-	-	-
PFUnDa	-	-	-	-	-	-	-	0		-	-	-
Bromated flame retardants												
PBDE 47	-	-	-	-	x	-	-	14	0,0003	-	0,0005#	0,0002#
PBDE 99	-	-	-	-	x	-	-	14	0,00044	-	0,0005#	0,0002#

Analytical results from the 6 landfills show that all the analyzed emerging contaminants have been detected in the landfill leachates and the leachate impacted groundwater. The contaminants have been detected at relatively low levels in comparison to what was expected based on the literature review of contaminants in chapter 3. Water samples from Eskelund landfill and from the landfill at Viborgvej have been taken from a peripheral drain around remediation wells and from surficial groundwater. The results therefore represent groundwater impacted by leachate.

The detection frequency for freon-compounds is low and the quality criteria are high. Only HCFC-21 has been detected in a low concentration in a single leachate sample.

Triclosan has been detected in four leachate samples in concentrations less than 1 µg/l.

1,4-dioxane has been detected in 5 leachate samples from 4 landfills in the order of µg/l. The detected levels exceed US EPA's threshold value for drinking water until 40 times (Danish threshold values for 1,4-dioxane do not exist at present).

The detection frequency for bromated flame retardants is low and a few compounds (PBDE 47 and PBDE 99) have been detected in the order of ng/l.

A comparison of the detected levels at the 6 landfills with existing quality criteria therefore indicate that freon compounds, triclosan, bromated flame retardants and 1,4-dioxane in landfill leachate do not pose a significant risk towards groundwater or surface water.

The detection frequency for bisphenol A is 100 % and bisphenol A has been detected at fairly high concentrations, although these concentration levels are lower than the maximum concentrations detected in other countries (Masoner et al., 2014). Bisphenol A has been detected at levels that exceed the quality criteria for fresh waters 3.200 times and for marine waters 32.000 times. Bisphenol A can therefore pose a risk towards surface waters, but lack of data does not make it possible to assess whether the contaminant can pose a risk towards groundwater.

The phthalates have been detected in water samples from five of the six landfills at concentrations that exceed the groundwater quality criteria up to 22 times at 3 of the landfills. Phthalates are endocrine disruptors and can potentially cause malformation. The general risk towards groundwater and/or surface waters is assessed to be limited, but exceptions may exist locally.

The detection frequency for the PFAS-compounds is high and concentrations exceeding the groundwater quality criteria 28 times have been detected. Quality criteria for PFAS (applicable from 22.12.2018) are exceeded up to 250 times for fresh waters and 1.230 times for marine waters. The longchained compounds are persistent and bioaccumulate and PFOA and PFOS are classified as cancerogenic, teratogenic and acutely toxic. It may be relevant to include PFAS-compounds in future investigations of leachate impacted groundwater.

Data from the 6 sampled landfills therefore indicate that bisphenol A, phthalates, PFAS og 1,4-dioxane generally may be found in and leached from Danish waste. The detected levels of these contaminants do however not indicate that phthalates and 1,4-dioxane pose a significant risk towards groundwater, as the detected levels are low and will be further diluted in connection with a leakage. Bisphenol A and partly PFAS-compounds have been detected at low levels that possibly may pose a threat towards surface waters in the immediate vicinity of landfills.

1. Indledning

1.1 Baggrund

De senere år er der fundet en række stoffer, refereret til som nye forureningsstoffer (emerging contaminants), i grundvandet (Stuart et al., 2011). Stofferne findes typisk i ng/l og µg/l niveau, og i et review fra 2012 er der fundet mere end 180 forskellige nye stoffer i grundvandet (Lapworth et al., 2012). Specielt perfluorerede kulbrinter (PFC), bromerede flammehæmmere, 1,4-dioxan og freon-forbindelser har de senere år fået mere opmærksomhed som potentielle problemstoffer i grundvandet og er blevet omtalt meget på de seneste års internationale konferencer og på ATV-møder i Danmark. Stofferne bruges bredt bl.a. som tilsætningsstoffer i en lang række produkter.

De nævnte stoffer er typisk letopløselige i vand, persistente og mange er bioakkumulerbare, derudover er stofferne generelt sundhedsskadelige.

Stofferne er generelt ikke medtaget i analyseprogrammer for grundvand i Danmark. Undersøgelser fra Danmark og udlandet bl.a. Sverige og USA viser dog, at der kan forekomme forhøjede niveauer pga. forurening fra specifikke brancher. Da stofferne har været anvendt i meget lange perioder, vil de formodentligt være at finde på de gamle danske lossepladser, som har modtaget affald med indhold af disse stoffer. Udsivning af stofferne fra ukontrollerede losse- og fyldpladser er kun sparsomt undersøgt, og det er derfor uvist, om stofferne udgør et problem i Danmark.

1.2 Formål

Formålet med dette projekt er at undersøge, om der sker en udsivning af ”nye” stoffer fra danske lossepladser og fyldpladser.

Første trin i projektet er at udføre en litteratursøgning for at belyse, hvilke nye stoffer, der potentielt kan udgøre en trussel for grundvand og overfladevand i Danmark.

Her redegøres desuden så vidt muligt for i hvilken periode de forskellige stoffer er anvendt i Danmark, samt hvilke stoffer der udvælges til analyse i den videre undersøgelse. På baggrund af stoffernes anvendelsesperioder og driftsperioder for lossepladserne er der udvalgt 6 lossepladser til videre undersøgelse, med henblik på at belyse, om de udvalgte stoffer kan detekteres, og om de kan påvises i vandprøver udtaget fra lossepladserne.

2. Grundlag for litteraturgennemgangen

En stor del af de refererede undersøgelser er udenlandske. Beskrivelsen af anvendelsen af de forskellige stoffer er derfor i høj grad baseret på udenlandske beskrivelser. Det antages derfor, at stofferne er blevet anvendt på tilsvarende vis i en tilsvarende periode i Danmark.

Nogle af de referencer, der i nærværende rapport er anvendt til at belyse kilder, udbredelsen og koncentrationen af disse emerging contaminants er:

- Loos et al. (2010), en tværeuropæisk undersøgelse af tilstedeværelsen af persistente forureningsstoffer i grundvand. I undersøgelsen blev der udtaget 164 grundvandsprøver fordelt på 23 europæiske lande. Data fra denne undersøgelse er anvendt som grundlag for søjlediagrammerne i nærværende rapport.
- Masoner et al. (2014), en undersøgelse af forureningsstoffer i perkolat fra 19 amerikanske lossepladser. Undersøgelsen giver et overblik over hvor mange forskellige forureningsstoffer, der findes i perkolat, og som der er risiko for at påvise i grundvand.
- Lapworth et al. (2012), et review over eksisterende data for forureningsstoffer i grundvand fra både Europa og USA. Data fra dette review er anvendt i tabellerne i nærværende rapport.
- Stuart et al. (2011), en rapport der giver et overblik over hvilke forskellige grupper af forureningsstoffer, der findes i grundvand, samt evt. effekt på miljøet.
- Slack et al. (2005), et review om hvilke forureningsstoffer der er fundet i perkolat fra kommunale lossepladser.
- Öman og Junestedt (2008) har lavet en screening af forureningsstoffer i perkolat fra 12 svenske kommunale lossepladser.

Som det fremgår ovenfor er flere af de anvendte kilder baseret på analyser af grundvand og ikke specifikt på perkolatpåvirket grundvand. Kilderne er dog stadig yderst relevante, da de store undersøgelser udpeger stoffer og stofgrupper, som kan spredes i miljøet. Det er under de enkelte stofgrupper vurderet, hvorvidt stofferne også kan forventes at være til stede i perkolat.

3. Stofgrupper

I de følgende afsnit vil de forskellige stofgrupper, som potentielt kan udgøre en trussel for grundvand og overfladevand i Danmark blive beskrevet på basis af litteraturgennemgangen.

I beskrivelsen søges så vidt muligt belyst, hvor ofte de enkelte stoffer er påvist og hvilke koncentrationer, de er påvist i. Data dækker hovedsageligt påvisninger i grundvand.

3.1 Farmaceutiske stoffer

Farmaceutiske stoffers vej til miljøet sker især gennem menneskelig indtagelse og efterfølgende udskillelse, hvorved disse stoffer hovedsagelig findes i spildevand. Når det rensede spildevand fra rensesanlæg udledes til overfladevandsrecipienter eller evt. nedsives, eller hvis spildevandsslam spredes på landbrugsjord, udledes de ikke-omsatte farmaceutiske stoffer til miljøet. Ubrugte farmaceutiske stoffer eller emballage med rester af disse stoffer, rester fra produktion samt spildevandsslam kan ved afskaffelse ende på lossepladser, hvorved der er risiko for nedsivning til grundvandet.

I en amerikansk undersøgelse af forureningsstoffer i perkolat fra lossepladser er der fundet følgende farmaceutiske stoffer (Masoner et al. 2014):

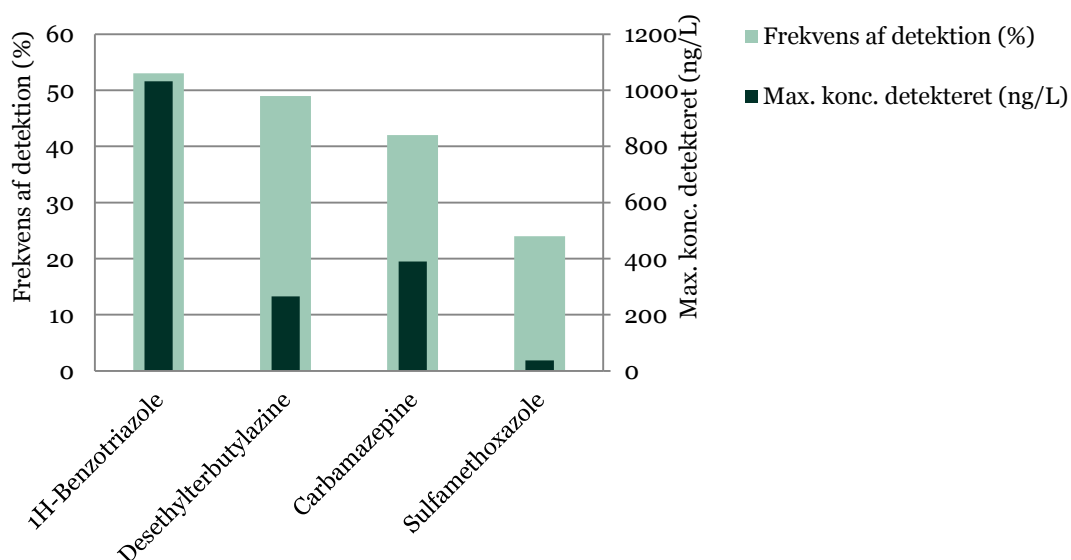
- 10-Hydroxy-amitriptyline (Amitriptyline nedbrydningsprodukt)
- Abacavir (Antiviral inhibitor)
- Acyclovir og oseltamivir (Antiviral)
- Albuterol (Bronchodilator)
- Amphetamine (Psychostimulant)
- Atenolol og nadolol (Beta blocker)
- Bupropion, fluvoxamine, duloxetine, venlafaxine og paroxetine (Antidepressiv)
- Carbamazepine og primidone (Antikonvulsiv)
- Carisoprodol, metaxalone og methocarbamol (Muskel afslapningsmiddel)
- Dehydronifedipine (Nifedipine nedbrydningsprodukt)
- Desvenlafaxine (Venlafaxine nedbrydningsprodukt)
- Diltiazem (Kalcium kanal blocker)
- Fenofibrate (Kolesterol nedsættende)
- Fluconazole og thiabendazole (Antifungal)
- Glipizide, glyburide og metformin (Antidiabetisk)
- Lamivudine (Reverse-transcriptase inhibitor)
- Loperamide og oxycodone (Antidiarré-middel)
- Lorazepam og meprobamate (Angstdæmpende)
- Metoprolol (Antihypertensiv)
- Morphine, tramadol, phenazopyridine, methadone, antipyrine, codeine, propoxyphene og quinine (Smertestillende)
- N-Desmethyldiltiazem (Diltiazem nedbrydningsprodukt)
- Orlistat (Antifedme middel)
- Oxazepam og pentobarbital (Sovemiddel)
- Pentoxifylline (Blodcirkulationsforstærker)
- Phendimetrazine (Appetitdæmpende middel)
- Phenytoin (Antiepileptisk middel)

- Prednisolone og prednisone (Immunsystemdæmpende)
- Raloxifene (Antiøstrogen)
- Sulfadimethoxine, trimethoprim, sulfamethizole, sulfamethoxazoles og erythromycin (Antibiotikum)
- Tamoxifen (Østrogen receptor modstand)
- Temazepam (Hypnotisk)
- Theophylline og triamterene (Vanddrivende)
- Verapamil (Blodtryksnedsættende)
- Warfarin (Antikoagulerende)

De farmaceutiske stoffer propylphenazone, phenazone og clofibril acid er også påvist i perkolat fra lossepladser (Slack et al., 2005).

Listen over farmaceutiske stoffer er lang, og mange af stofferne og deres nedbrydningsprodukter er både detekteret i spildevand fra renseanlæg, overfladevand, grundvand, drikkevand og adsorberet til sedimenter. Farmaceutiske stoffer er designet til at have en biologisk effekt. Derfor kan de i selv små koncentrationer udgøre en risiko for miljøet. Derudover bliver stofferne kontinuerligt udledt til miljøet, og der er risiko for, at organismer vil blive eksponeret for mange af disse stoffer gennem deres levetid. Økotoxikologiske studier har demonstreret skadelige effekter af farmaceutiske stoffer på reproduktion, vækst, adfærd og fødesøgning for fisk og invertebrater. I miljøet er farmaceutiske stoffer blevet detekteret i fiskevæv og østrogenlignende effekt på hanfisk i floder er blevet rapporteret. Ved indtagelse af drikkevand med et indhold af disse stoffer, vil stofferne sandsynligvis også udgøre en risiko for menneskers sundhed. En anden vigtig problemstilling er udledningen af antibiotika, der potentielt kan føre til resistens over for lægemidler (Monteriro og Boxall, 2010).

I figur 1 ses frekvensen af detektioner og den maksimale koncentration, der er detekteret for udvalgte farmaceutiske stoffer i en tværeuropæisk undersøgelse af forureningsstoffer i grundvand.



FIGUR 1: FREKVENNS AF DETEKTION (%) OG MAKSIMAL KONCENTRATION DETEKTERET (NG/L) FOR UDVALGTE FARMACEUTISKE STOFFER FRA EN TVÆREUROPEISK UNDERSØGELSE AF FORURENINGSSTOFFER I GRUNDVAND (LOOS ET AL. 2010).

1H-Benzotriazole har den absolut højst påviste koncentration, samtidig er det, det oftest påviste farmaceutiske stof i den pågældende undersøgelse.

I Tabel 2 ses frekvensen af detektioner og den maksimale koncentration, der er påvist af carbamazepine og sulfamethoxazole i grundvand i forskellige lande/regioner.

TABEL 2: FREKVENNS AF DETEKTIONER OG MAKSIMAL KONCENTRATION PÅVIST AF CARBAMAZEPINE OG SULFAMETHOXAZOLE I GRUNDVAND I FORSKELLIGE LANDE/REGIONER (LAPWORTH ET AL., 2012).

Carbamazepine			
Land/Region	Frekvens (%)	Max. konc. (ng/l)	Antal prøver
Europa	42,1	390	164
Frankrig	42	167	218
Schweiz	19	45	47
Tyskland	12	900	105
USA	1,5	420	1231
UK	1,2	3600	2644
Sulfamethoxazole			
Land/Region	Frekvens (%)	Max. konc. (ng/l)	Antal prøver
Europa	24,2	38	164
USA (a)	23,4	1110	47
Schweiz	18	48	100
Frankrig	18	18	147
Tyskland	10	410	105
USA (b)	0,41	170	1231

a og b: To forskellige undersøgelser fra USA

Tabel 2 er eksempler på nedsivning af farmaceutiske stoffer til grundvandet og som kan udgøre et problem i flere lande og regioner. Som beskrevet i bl.a. Masoner et al. (2014) og Slack et al. (2005) udgør perkolat fra lossepladser en væsentlig kilde til at farmaceutiske stoffer ender i grundvand, hvorfor det kan være interessant at se nærmere på nogle af disse stoffer.

3.2 Livsstilsstoffer

I nærværende rapport dækker betegnelsen "livsstilsstoffer" både over stoffer som koffein og nikotin samt ikke-receptpligtige farmaceutiske stoffer. Koffein og continin (nedbrydningsprodukt af nikotin) finder ligesom de farmaceutiske stoffer vej til miljøet bl.a. gennem menneskelig indtagelse og efterfølgende udskillelse. Disse stoffers vej til miljøet er derfor hovedsageligt gennem udledningen af rensat spildevand til overfladevand, ved spredning af spildevandsslam på landbrugsmarker eller deponering på lossepladser. Ubrugte stoffer eller emballage med rester kan før i tiden også være endt på lossepladser.

I en amerikansk undersøgelse af forureningsstoffer i perkolat fra lossepladser er der fundet følgende livsstilsstoffer (Masoner et al., 2014):

- 1,7-Dimethylxanthine (Koffein nedbrydningsprodukt)
- Ibuprofen og acetaminophen (Smertestillende)
- Koffein og nikotin (Stimulant)
- Chloroxymenol (Antimikrobiel)
- Chlorpheniramine, diphenhydramine og loratadine (Antihistamin)
- Cimetidine, famotidine og ranitidine (Histaminreceptor modstand)
- Cotinine (Nikotin nedbrydningsstof)
- Dextromethorphan (Hostenedsættende)
- Fexofenadine (Antihistamin nedbrydningsstof)
- Lidocaine (Lokalbedøvende)
- Pseudoephedrine (Appetitdæmpende)

Af disse forureningsstoffer i perkolat fra amerikanske lossepladser har ibuprofen både den højst påviste koncentration og den højeste frekvens af detektioner, mens koffein har fjerdepladsen (Masoner et al., 2014). Også i Slack et al. (2005) er både ibuprofen, nikotin, cotinine og koffein påvist i perkolat fra kommunale lossepladser.

Ifølge Moore et al. (2007) udgør koffein ikke en risiko for ferskvandsorganismer i de nuværende koncentrationer i overfladevand (median 0,1 µg/l og max. indhold 9,9 µg/l). De ikke-receptpligtige farmaceutiske stoffer kan ligesom de receptpligtige farmaceutiske stoffer udgøre en risiko for miljøet, idet de er designet til at have en biologisk effekt.

Koffein og ibuprofen er også påvist i en tværeuropæisk undersøgelse af forureningsstoffer i grundvand. Her er det fundet, at koffein har en høj detektionsfrekvens på 83 % men en relativ lav maksimal koncentration på 189 ng/l. Det forholder sig modsat med ibuprofen, der har en lav detektionsfrekvens på kun 6,7 % og en relativ høj maksimal påvist koncentration på 395 ng/l (Loos et al., 2010).

I Tabel 3 ses frekvensen af detektioner og den maksimale koncentration, der er påvist af koffein og ibuprofen i grundvand i forskellige lande/regioner.

TABEL 3: FREKVENNS AF DETEKTIONER OG MAKSIMAL KONCENTRATION PÅVIST AF KOFFEIN OG IBUPROFEN I GRUNDVAND I FORSKELLIGE LANDE/REGIONER (LAPWORTH ET AL., 2012).

Koffein			
Land/Region	Frekvens (%)	Max. konc. (ng/L)	Antal prøver
Europe	82,9	189	164
UK	27	4500	2644
USA (a)	12,8	130	47
USA (b)	0,24	290	1231

Ibuprofen			
Land/Region	Frekvens (%)	Max. konc. (ng/L)	Antal prøver
Europa	6,7	395	164
USA	2,1	3110	47
Frankrig	0,5	7	209
UK	0,3	290	2644
Schweiz	0	<dg	47
Tyskland	0	<dg	105

<dg: Mindre end detektionsgrænsen

I Tabel 3 ses det, at nedsivningen af livsstilsstofferne koffein og ibuprofen til grundvandet, i forskelligt omfang, finder sted i flere lande og regioner. I 2011 og 2013 er koffein ligeledes fundet ved undersøgelser i Horsens (Region Midtjylland, 2014) og Holstebro (Danish Crown, 2013) op til 2,4 µg/l. Som beskrevet tidligere kan disse stoffer bl.a. stamme fra perkolat fra lossepladser. Koffein udgør sandsynligvis ikke en risiko for grundvand og/eller overfladevand, men koffein kan anvendes som indikator for forurening. For nogle af de ikke-receptpligtige farmaceutiske stoffer er der en risiko for, at de kan have en negativ effekt på grundvand og/eller overfladevand.

3.3 Personlig pleje

Forurenende stoffer fra personlig pleje kan bl.a. være parabener, DEET eller UV-filtre. Parabener (alkylestere af p-hydroxybenzoesyre), har været anvendt siden 1930'erne som bakterie- og svampehæmmende middel i bl.a. kosmetik. DEET (N,N-diethyl-meta-toluamid) er et meget anvendt insektfrastødningsmiddel. UV-filtre som f.eks. benzophenoner og methoxycinnamater anvendes i solcreme. Triclosan er et bakterie- og svampedræbende middel, der anvendes i

produkter som tandpasta og sæbe. Polycyklisk moskus som f.eks. tonalid og galaxolid anvendes som duftstof i flere personlige-pleje-produkter (Stuart et al., 2012).

Ved anvendelse af sæbe, kosmetik og cremer og efterfølgende afvaskning eller udskillelse ender stoffer fra disse personlige-pleje-produkter i spildevand fra renseanlæg eller i havet og overfladevand, hvor mennesker bader. Ligesom de tidligere nævnte forureningsstoffer er der også risiko for, at disse personlige-pleje-produkter kan være endt som affald på lossepladser.

I en amerikansk undersøgelse af forureningsstoffer i perkolat fra lossepladser er der fundet følgende stoffer fra personlige-pleje-produkter (Masoner et al., 2014):

- Acetophenon (Duft og/eller smagsstof)
- Benzophenon (Fikseringsvæske til parfume og sæbe)
- Camphor (Duft og/eller smagsstof)
- Galaxolid (Duftstof til vaske- og rengøringsmidler)
- DEET (insektfrastødningsmiddel)
- Skatol (Duftstof)
- Triclosan (Desinfektionsmiddel til f.eks. tandpasta og sæbe)

Af disse stoffer fundet i perkolat fra amerikanske lossepladser har DEET både den højst påviste koncentration på 254 µg/l og den højeste frekvens af detektioner på 95 %. Camphor har den næsthøjeste koncentration på 205 µg/l og en detektionsfrekvens på 85 %. I et review af Slack et al. (2005) beskrives der også påvisninger af DEET samt camphor i perkolat fra lossepladser. DEET er også påvist i Europæisk grundvand med en frekvens af detektioner på 84 % og en maksimal påvist koncentration på 454 ng/l (Loos et al., 2010). Ifølge Lapworth et al. (2012) er triclosan ikke detekteret lige så hyppigt i europæiske studier som i studier fra USA.

Flere af disse stoffer fra personlige-pleje-produkter har toksiske og østrogenlignende effekter. Det er påvist, at DEET kan inhibere aktiviteten af et enzym i centralnervesystemet i både insekter og pattedyr. Parabener udviser en svag østrogenlignende effekt (Stuart et al. 2012).

Da nogle af disse forureningsstoffer fra personlige-pleje-produkter både er påvist i perkolat fra lossepladser og i grundvand samt sandsynligvis kan udgøre en risiko for overfladevand, kan det være interessant at se nærmere på nogle af dem.

3.4 Industrielle additiver og biprodukter

Nogle industrielle additiver og biprodukter har været kendt og anvendt længe mens andre er nyere. Nogle af de ældre industrielle additiver og biprodukter kan være chlorerede opløsningsmidler som PCE (tetrachlorethylen) og TCE (trichlorethylen). Disse stoffer anvendes f.eks. på renserier og på maskinværksteder. Almindelige olieprodukter, polyaromatiske kulbrinter (PAH'er) og den oktanforhøjende komponent MTBE (methyl-tert-butylether), som anvendes i benzin, udgør også nogle af de stoffer, som ved bortskaffelse eller spild kan ende i miljøet. Disse stoffer er ofte allerede en del af analyseprogrammerne for perkolat.

Nogle af de nyere stoffer, som er påvist i grundvandet, er 1,4-dioxan, phtalater, bisphenol A, bromerede flammehæmmere, fluorerede stoffer, nonylphenol og freoner. Disse stoffer er beskrevet nærmere i de følgende afsnit.

3.4.1 1,4-dioxan

1,4-dioxan anvendes hovedsageligt som stabilisator for det chlorerede opløsningsmiddel 1,1,1-trichloroethan (1,1,1-TCA). Det har en høj opløselighed i vand, er resistent mod naturlig

bionedbrydning, sorberer meget lidt til jord og udvaskes derfor let til grundvandet (Stuart et al., 2012 og Miljøstyrelsen, 2011).

Der er i USA mange fund af 1,4-dioxan i grundvand på lokaliteter, hvor der har været forurening med chlorerede opløsningsmidler. Disse fund er oftest knyttet til industrielle aktiviteter som genindvindingsfaciliteter for chlorerede opløsningsmidler, metalindustrien og industrielle lossepladser (Miljøstyrelsen, 2011).

I Danmark er der bl.a. truffet forurening med 1,4-dioxan i forureningsfanen fra Hørløkke Losseplads. Her har Region Syddanmark påvist et væsentligt indhold af 1,4-dioxan, og i et enkelt filter er der 1,4-dioxan til stede, til trods for, at der ikke er konstateret chlorerede opløsningsmidler. Det er dog usikkert om denne forurening stammer fra chlorerede opløsningsmidler, idet der kan være deponeret forskellige typer kemikalier på pladsen. På Vakopon på Fyn, hvor der tidligere har ligget et petrokemisk værk, der håndterede større mængder opløsningsmidler, er der fundet op til 83 µg/l af stoffet 1,4-dioxan i grundvandet (Miljøstyrelsen, 2011).

På grund af 1,4-dioxans carcinogenitet og store mobilitet i jord og grundvand kan 1,4-dioxan udgøre en trussel for grundvandsressourcen (Miljøstyrelsen, 2011).

3.4.2 Phtalater

Phtalater anvendes som blødgørere i plastik. Plastik som indeholder phtalater er ofte brugt i bl.a. bygningsmateriale, tøj, kosmetik, parfume, madindpakning og legetøj. Phtalater er hormonforstyrrende. Eksponering af stofferne kan føre til øget udvikling af abnormitet som ganespaltning og misdannelser af skelettet (U.S. EPA, 2006).

Ifølge et review af Slack et al. (2005) er der fundet flere forskellige phtalater i perkolat fra kommunale lossepladser fra forskellige lande. Nedbrydningsproduktet phthalic acid er blevet fundet i koncentrationer helt op til 14 mg/l. Ligeledes er der i et studie af perkolat fra svenske lossepladser også påvist flere forskellige phtalater (Öman og Junestedt, 2008). I en amerikansk undersøgelse af forureningsstoffer i perkolat fra lossepladser er der også blevet påvist forskellige phtalater, nogle med koncentrationer på over 120 µg/l (Masoner et al., 2014).

3.4.3 Bisphenol A (BPA)

BPA anvendes i fremstillingen af bl.a. plastisk resin (råmateriale til fremstilling af plastemner) og flammehæmmere. Stoffet kan blive udledt til miljøet under fremstilling eller ved udledning af det endelige produkt. Bisphenol A kan være endokrin forstyrrende, hvorved det kan interferere med hormonsystemet i forskellige organismer (Stuart et al., 2011). Der er dog uenighed om, hvor høje koncentrationer der skal til for at stoffet giver effekter.

Bisphenol A er i nogle lande et almindeligt forureningsstof i perkolat fra lossepladser, og er ofte fundet i høje koncentrationer (Slack et al., 2005). I en amerikansk undersøgelse af forureningsstoffer i perkolat fra lossepladser har bisphenol A den anden højeste påviste koncentration, samtidig har stoffet en detektionsfrekvens på 100 % (Masoner et al., 2014).

3.4.4 Bromerede flammehæmmere

Den kemiske betegnelse for bromerede flammehæmmere er polybrominated diphenyl ether (PBDE). PBDE anvendes i plastik, tekstiler og møbelskum for at reducere brandrisikoen af produkterne (Stuart et al., 2011). PBDE har potentielle hormonforstyrrende egenskaber, er persistent og kan bioakkumuleres i miljøet. Det er et lipofilt stof, der i akvatiske miljøer vil adsorbere til f.eks. sedimenter eller fedtvæv (Rahman et al., 2001).

I et studie af perkolat fra svenske lossepladser er der påvist flere forskellige bromerede flammehæmmere (Öman og Junestedt, 2008).

3.4.5 Fluorerede stoffer

Perfluoralkylforbindelser (PFAS-forbindelser eller PFC'er) er en meget varieret stofgruppe med omkring 1000 forskellige stoffer. PFC'er er blevet anvendt i Danmark siden 1960'erne. I 2011 har hovedparten af PFC'er været brugt i maling, lak og polish. Stofferne er hydrofobe og lipofobe, dvs. de skyr både vand, fedt og snavs. Derudover har de en meget lav overfladespænding og en høj grad af udflydning. Disse egenskaber gør PFC'er meget egnede som overfladeaktive stoffer i diverse industrier og produkter. Spredningen i miljøet er stor og forskellige PFC'er er påvist i både indeluft, udeluft, jord, sediment, slam, grundvand, regnvand, overfladevand, dyr og mennesker. De langkædede forbindelser er persistente og bioakkumulerbare i miljøet. Nogle af PFC'erne er hormonforstyrrende, andre kan give celleforandringer og forstørret lever, nogle kan resultere i induktion af forskellige enzymer, nogle er påvist kræftfremkaldende og atter nogle er neurotoksiske. Generelt vokser giftigheden med kulstofkædelængden (Miljøstyrelsen, 2014b).

De to PFC'er; PFOA og PFOS, som bl.a. anvendes i brandslukningsskum, er klassificeret som værende kræftfremkaldende, reproduktionstoksiske og akut giftige. Stofferne er desuden under mistanke for at være hormonforstyrrende. Den generelle viden om toksikologien for mange af forbindelserne i gruppen er dog mangelfuld. PFOS, PFOA og andre PFC'er er desuden optaget på Miljøstyrelsens Liste Over Uønskede Stoffer (LOUS) på grund af deres persistens og bioakkumulerende potentiale (Miljøstyrelsen, 2014b).

I Miljøstyrelsen (2014b) er der udført en screeningsundersøgelse for PFC'er i grundvandet på 8 brandøvelsespladser, 4 fyld-/lossepladser, 2 forkromningsindustrier, en tæppeproducent og en malingsproducent. Der blev påvist indhold af PFC'er på 5 ud af 8 brandøvelsespladser (op til 7.552 ng/l) og ved en tæppeproducent (1.443 ng/l). Der blev ikke fundet høje niveauer af PFC'er ved lossepladserne (op til 79 ng/l), forkromningsindustrierne (op til 47 ng/l) eller malingsproducenten (ikke påvist). Omfanget og kvaliteten af undersøgelserne af disse lokaliteter var dog begrænset, og undersøgelsen har kun omfattet 9 PFC'er. Derfor kan det ikke ud fra dette studie konkluderes, at fyld-/lossepladser ikke udgør en kilde til forurening med PFC'er.

3.4.6 Nonylphenol (NP)

NP er et nedbrydningsprodukt af nonylphenol ethoxylater, som i stor udstrækning anvendes i industrien som et overfladeaktivt stof, f.eks. til fremstilling af vaskemidler. Stoffet har lav opløselighed og høj hydrofobitet, hvorved det akkumuleres i miljøet i materiale med højt organisk indhold som f.eks. spildevandsslam og flodsediment. NP er et toksisk stof, som ikke forekommer naturligt i levende organismer, og som kan interferere med hormonsystemet i flere organismer. Udbredelse til miljøet kan derfor føre til feminisering af vandlevende organismer, fald i yngledygtighed hos handyr samt fald i antallet af overlevende yngel ved koncentrationer ned til 8,2 µg/l. Grundet den skadelige effekt NP har på miljøet, er anvendelse og produktion af stoffet blevet forbudt i EU lande og stærkt overvåget i lande som Canada og Japan. NP er også refereret til i Listen Over Prioriterede Stoffer i Vandrammedirektivet med et generelt kvalitetskrav for vandområder på 0,3 µg/l og i tredje udkast af "Arbejdsdokument for spildevandsslam i EU" (Soares et al., 2008).

Nonylphenol er i nogle lande blevet påvist i perkolat fra kommunale lossepladser (Slack et al., 2005). I en amerikansk undersøgelse af forureningsstoffer i perkolat fra lossepladser er NP blevet påvist med en maksimal påvist koncentration på 83,2 µg/l og med en detektionsfrekvens på 15 % (Masoner et al., 2014).

3.4.7 Freoner

Freoner er syntetiske organiske kemikalier fuldt substituerede med chlor- og fluoratomer, hvorved det kemiske navn er chlorofluorocarbons (CFC). Freoner er produceret siden 1930'erne og har siden da været anvendt i hele verden, bl.a. som kølemiddel i køleskabe og frydere, til luftkonditioneringsanlæg, i brandbekæmpelse, som drivmidler, rensningsmiddel i renseserier, til metalfæddning, fremstilling af polymere, i plastvirksomheder, opskumningsmiddel, i isoleringsmaterialer og til rensning af print i elektronikbranchen. Da affald fra disse aktiviteter tidligere er endt på bl.a. lossepladser, anses deponering af affald som en kilde til freon og nedbrydningsprodukter i jord og grundvand. Freonerne er siden 1990'erne blevet udskiftet med HFC'er og HCFC'er, som ikke er fuldt substitueret med chlor og fluor, men også indeholder mindst et brintatom. Mange freoner er gasformige ved typiske jord- og grundvandstemperaturer, og de vil afdampe til atmosfæren, men bl.a. freon-11 og freon-113 er væsker ved disse temperaturer. Freoner er meget flygtige stoffer med en relativ høj vandopløselighed (Mogensen et al. 2013).

Freon anses i sig selv ikke for at udgøre en trussel for mennesker ved kontakt eller indånding. De blev udfaset fra brug pga. deres ozonnedbrydende egenskaber. Freon i grundvandet formodes ikke at have nogen human- eller økologisk betydning, hvis de optræder i koncentrationsniveauet µg/l. Men nedbrydningsprodukterne fra freon kan være sundhedsskadelige og de bør derfor undgås i grundvandsmagasiner og boliger m.m. Nedbrydningsprodukterne af freon-11 og freon-113 er tidligere omtalt som toksiske/kræftfremkaldende. Miljøstyrelsen har i 2014 fastsat grundvandskvalitetskriterier for udvalgte freonforbindelser (CFC11 og CFC12). På baggrund af de fastsatte kriterier vurderes disse freonforbindelser at være mindre belastende for grundvand.

3.4.8 Fund i perkolat og grundvand

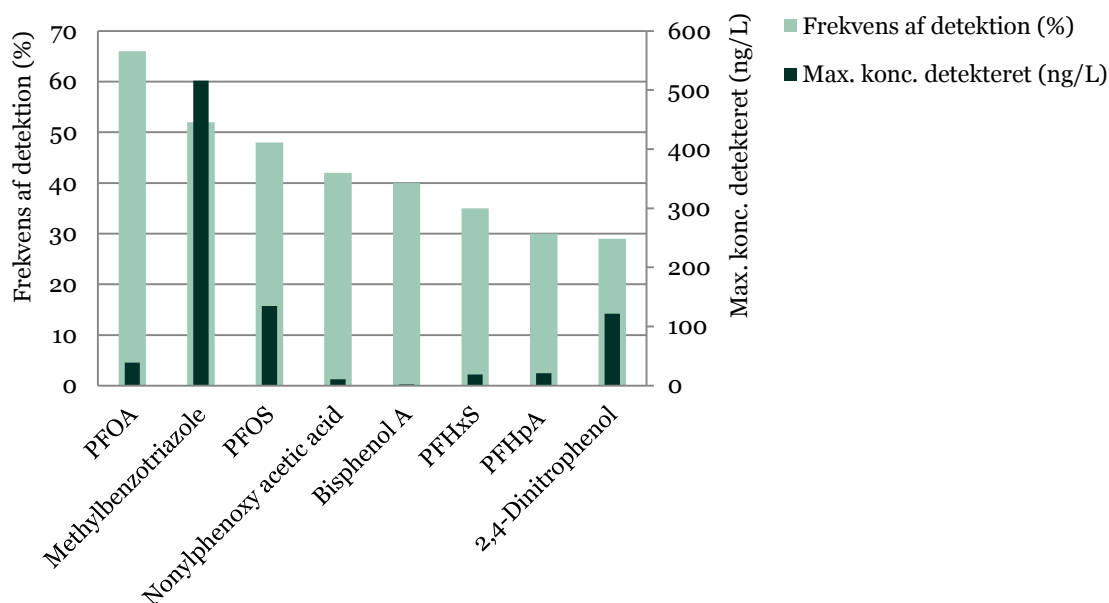
Som beskrevet ovenfor findes industrielle additiver og biprodukter i et utal af produkter og kan derfor ende i grundvandet via flere veje. En væsentlig vej for disse forureningsstoffer til grundvandet kan være via perkolat fra lossepladser.

I en amerikansk undersøgelse af forureningsstoffer i perkolat fra lossepladser er der fundet følgende industrielle additiver og biprodukter (Masoner et al., 2014):

- Bisphenol A (Komponent i plastik mv.)
- Tri(2-chloroethyl)phosphate (Blødgøringsmiddel, flammehæmmer)
- Tri(dichlorisopropyl)phosphate (Flammehæmmer)
- Tributylphosphate (Antiskummiddel, flammehæmmer)
- 1,4-Dichlorobenzene og phenol (Desinfektionsmiddel)
- 1-Methylnaphthalene, 2-Methylnaphthalene (Komponent af petroleum)
- 4-Cumylphenol, diethyl phthalate, diethylhexyl phthalate og triphenyl phosphate (Blødgøringsmiddel)
- 4-Nonylphenol, 4-Nonylphenol monoethoxylate, 4-Nonylphenol diethoxylate, 4-tert-Octylphenol, 4-tert-Octylphenol monoethoxylate og 4-tert-Octylphenol diethoxylate (Nedbrydningsprodukt af ikke-ionisk rengøringsmiddel)
- Anthracene (Komponent af tjære, diesel eller råolie)
- Bromoform (Desinfektionsbiprodukt)
- Isophorone (Opløsningsmiddel for oliestoffer)
- Isopropylbenzene (Fortyndingsmiddel til brandstof og maling)
- Methyl-1H-benzotriazole (Korrosionsinhibitor)
- Naphthalene (Desinfektionsmiddel, Komponent af benzin)
- Para-cresol og pentachlorophenol (Træ imprægneringsmiddel)
- Phenanthrene (Sprængstof, komponent af tjære, diesel eller råolie)

Af disse stoffer har para-cresol den højeste påviste koncentration på 7.020 µg/l og en detektionsfrekvens på 55 %. Stoffet indgår ofte allerede i analyseprogrammer for perkolat.

Industrielle additiver og biprodukter er også detekteret i europæisk grundvand. I figur 2 ses frekvensen af detektioner og den maksimale koncentration, der er påvist for udvalgte industrielle additiver og biprodukter i en tværeuropæisk undersøgelse af forureningsstoffer i grundvand.



FIGUR 2: FREKVENNS AF DETEKTION (%) OG MAKSIMAL KONCENTRATION PÅVIST (NG/L) FOR UDVALGTE INDUSTRIELLE ADDITIVER OG BIPRODUKTER FRA EN TVÆREUROPEISK UNDERSØGELSE AF FORURENINGSSTOFFER I GRUNDVAND (LOOS ET AL., 2010).

Ud fra figur 2 ses det, at methylbenzotriazol har den højst påviste koncentration samt den anden højeste frekvens af detektioner. I denne undersøgelse af industrielle additiver og biprodukter i grundvand har bisphenol A den lavest påviste maksimale koncentration på kun 2,3 ng/l. De kræftfremkaldende PFOA og PFOS (Miljøstyrelsen, 2014b) har den højeste og tredje højeste detektionsfrekvens.

Bisphenol A er også påvist i grundvand i andre undersøgelser. I Tabel 4 ses frekvensen af detektioner og den maksimale koncentration, der er påvist af bisphenol A og nonylphenol (NP) i grundvand i forskellige lande/regioner.

TABEL 4: FREKVENNS AF DETEKTIONER OG MAKSIMAL KONCENTRATION PÅVIST AF BISPHENOL A OG NONYLPHENOL I GRUNDVAND I FORSKELLIGE LANDE/REGIONER (LAPWORTH ET AL., 2012)

Bisphenol A			
Land/Region	Frekvens (%)	Max. konc. (ng/L)	Antal prøver
Østrig	59	930	110
Europa	39,6	2299	164
USA	29,8	2550	47
UK (Storbritanien)	8	9300	2644

Nonylphenol (NP)			
Land/Region	Frekvens (%)	Max. konc. (ng/L)	Antal prøver
Østrig	69	1500	111
Europa	11	3850	164
Danmark	1,1	4200	860

Ud fra Tabel 4 ses det, at bisphenol A og NP er påvist i grundvand i flere lande og regioner.

Da flere af disse industrielle additiver og biprodukter både er påvist i perkolat fra lossepladser og i grundvand, samtidig med at de kan udgøre en væsentlig risiko for overfladevand, er mange af disse stoffer meget interessante at se nærmere på.

3.5 Tilsætningsstoffer til madvarer

Tilsætningsstoffer til madvarer som kunstige sødemidler (acesulfame, saccharine, cyclamate og sucralose), konserveringsmidler, smagsstoffer (menthol) og farvestoffer finder vej til miljøet gennem menneskelig indtagelse og efterfølgende udskillelse. Disse stoffer er derfor hovedsagelig at finde i spildevand, som efter rensning for næringsstoffer udledes til overfladevand eller havet. Stofferne kan tilsvarende de tidligere beskrevne forureningsstoffer også være endt på lossepladser.

Nogle eksempler på tilsætningsstoffer i madvarer er triethyl citrat som anvendes til at stabilisere skum og som coating på medicinske præparater. Butyleret hydroxyanisol (BHA) og butyleret hydroxytoluen (BHT) er brugt til at forhindre nedbrydelse af fedt i madvarer (Stuart et al., 2011).

Andre eksempler på tilsætningsstoffer i madvarer kan være (Stuart et al., 2011):

- Ethyl citrate
- Camphor
- 1,8-cineole (eucalyptol)
- Citral
- Citronellal
- Cis-3-hexenol
- Heliotropin
- Hexanoic acid
- Phenylethyl alcohol
- Triacetin
- Terpeneol

Nogle af disse stoffer kan have negative effekter på organismer, de kan virke som oxidanter eller have hormonforstyrrende effekter (Stuart et al. 2011). Ud af overstående liste er BHT, ethyl citrat og triacetin påvist i grundvand. Camphor, 1,8-cineol, terpeneol og menthol er detekteret i perkolat fra lossepladser (Slack et al., 2005).

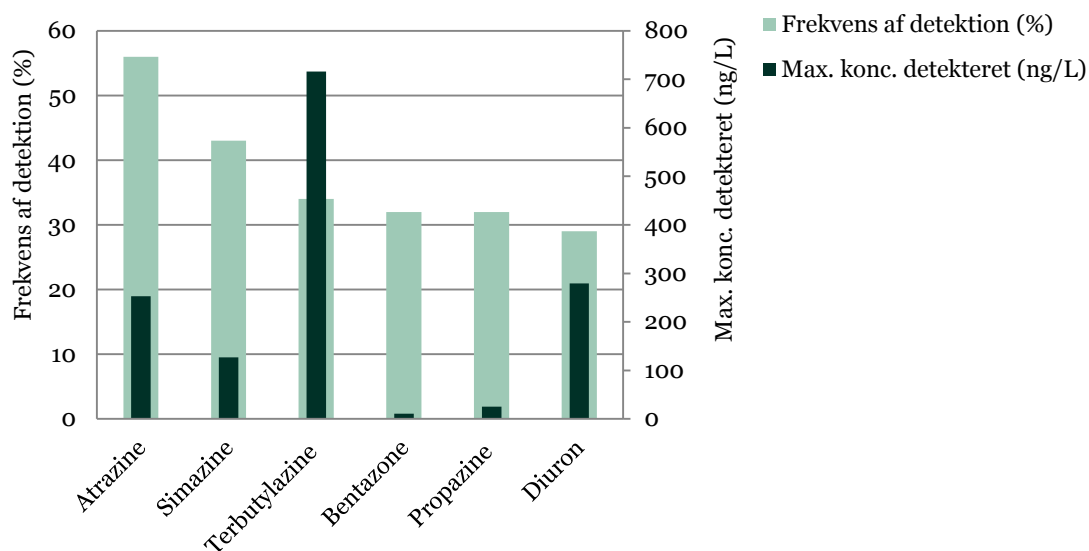
Da denne stofgruppe i litteraturen ikke virker til at udgøre en væsentlig trussel for grundvandet, vil der ikke blive set nærmere på denne stofgruppe i perkolat.

3.6 Pesticider

Transport af pesticider til miljøet (jord, grundvand og overfladevand) sker primært gennem anvendelse i landbrug og gartneri samt befæstede arealer og haver. Stofferne anvendes for at hindre eller mindske udbredelsen af uønskede skadedyr og planter. Pesticider inddeles ofte i; ukrudts-, svampe-, bakterie- og insektmiddel. Udover direkte udvaskning til overfladevand og nedslivning til grundvand kan pesticider ende på lossepladser ved bortskaffelse af ubrugte pesticider eller gammelt emballage.

Ifølge SVANA er pesticider fundet i 48 % af de undersøgte generelle overvågningsboringer i perioden 1990-2007. I 18 % af boringerne var drikkevandskravene overskredet en eller flere gange. Langt de fleste fund i disse boringer kan henføres til landbrugsmæssig anvendelse.

I figur 3 ses frekvensen af detektioner og den maksimale koncentration, der er påvist, for udvalgte pesticider i en tværeuropæisk undersøgelse af forureningsstoffer i grundvand.



FIGUR 3: FREKVENNS AF DETEKTION (%) OG MAKSIMAL KONCENTRATION PÅVIST (NG/L) FOR UDVALGTE PESTICIDER FRA EN TVÆREUROPEISK UNDERSØGELSE AF FORURENINGSSTOFFER I GRUNDVAND (LOOS ET AL., 2010).

Terbutylazin har den absolutte højst påviste koncentration samtidig med, at det er det tredje mest detekterede pesticid i den pågældende undersøgelse. Det skal bemærkes, at Atrazin og Simazin er underlagt anvendelsesforbud i EU, hvorimod de øvrige fortsat kan anvendes.

Pesticider er også påvist i perkolat fra lossepladser (Slack et al., 2005, Öman og Junestedt, 2008), men da forekomsten af disse forureningsstoffer i perkolat er et kendt og velundersøgt problem i Danmark, er de ikke et emne i denne rapport.

3.7 Øvrige stofgrupper

Øvrige stofgrupper, der kan have en toksisk effekt på miljøet, kan være naturlige hormoner, nanomaterialer og salte.

Hormoner dannes naturligt i mennesker og udskilles efterfølgende, hvorved stofferne er at finde i spildevandet. Ligesom de farmaceutiske hormoner kan naturlige hormoner også have en hormonforstyrrende effekt i grundvand og overfladevand. Da naturlige hormoner kun via spildevandsslam i mindre omfang forekommer på lossepladser, er denne stofgruppe ikke nærmere undersøgt.

Nanomaterialer er partikler, der i mindst én dimension er mindre end én nanometer. Disse nanopartikler anvendes bl.a. i personlig-pleje-produkter som kosmetik og solcreme. Nanopartikler kan fungere som bærere af andre forureningsstoffer gennem vand og jord. Partiklerne kan også blive optaget i organismer, hvor de kan medføre forskellige typer toksiske effekter (Stuart et al., 2011).

Nogle salte bliver opfattet/anvendt som en "grøn" erstatning for industrielle flygtige forbindelser. Nogle af disse salte kan f.eks. være nitrocykliske ringe og kvaternære ammonium salte. Saltene har en signifikant vandopløselighed, og er sandsynligvis toksiske og svært nedbrydelige (Stuart et al., 2012).

4. Potentielle problemstoffer

Ved projektets start var det planlagt at undersøge perfluorerede kulbrinter (PFC), bromerede flammehæmmere, 1,4-dioxan og freon-forbindelser i perkolat fra lossepladser og perkolatpåvirket grundvand. Ovenstående gennemgang af ”nye” stoffer i grundvand og perkolat bekræfter, at disse 4 stofgrupper er relevante. Derudover er der i litteraturen fundet en meget lang række andre forureningsstoffer i grundvand og perkolat. For hovedparten af disse stoffer gælder, at de findes i meget lave koncentrationer og oftest er der ikke kendskab til, at de er særligt toksiske. Dog vurderes det relevant at supplere det oprindelige analyseprogram med phtalater, bisphenol A og triclosan, som alle kan have negative virkninger på miljøet og er fundet i væsentlige koncentrationer i lossepladsperkolat. Endelig er koffein medtaget som indikator for evt. spildevandsslam-belastet perkolat.

Derfor er følgende stofgrupper medtaget i analyseprogrammet:

- PFC'er (anvendt siden 1960'erne, med de største mængder produceret i 1990'erne)
- Freoner (anvendt 1930'erne til 1990'erne)
- Bromerede flammehæmmere (første kommercielle anvendelse i 1950'erne, med stigende forbrug fra start af 1970'erne)
- 1,4-dioxan (tilsat 1,1,1-TCA siden 1950'erne og sandsynligvis før)
- Phtalater (anvendt siden 1920'erne)
- Bisphenol A (anvendt siden 1950'erne)
- Triclosan (første registreret i 1969, anvendt på hospitaler siden start af 1970'erne og efterfølgende i en lang række personlige plejemidler med stigende forbrug fra 1990'erne)
- Koffein (indtaget via kaffe i flere århundreder)

Alle otte stofgrupper har været anvendt over en lang periode. I perkolat fra lossepladser, som f.eks. har modtaget affald i 1970'erne, vil der være en mulighed for, at alle otte stofgrupper kan detekteres.

Blandt de nævnte stoffer/stofgrupper er kun visse phtalater analyseret i forbindelse med grundvands- og overfladevandsovervågningen (GRUMO og NOVANA). PFC'erne er for nyligt kommet med i drikkevandbekendtgørelsen, og PFC'erne er derfor i 2015 taget med mange steder i analyseprogrammerne for drikkevand, men en samlet oversigt over fund findes endnu ikke. De øvrige stoffer er i Danmark kun analyseret sporadisk i forbindelse med diverse undersøgelser.

5. Lossepladser

5.1 Historik

Der er gennem tiden sket deponering af affald på tre overordnede måder; deponering på en fyldplads, en losseplads eller et specialdepot. Praksis afhænger af affaldets art og dermed risikoen for en forurening af det omkringliggende miljø.

Før i tiden blev fyld- og lossepladser ofte etableret i gamle grus- eller mergelgrave efter endt råstofindvinding samt i lavninger, slugter, moser mv. En del af dem blev anlagt og afsluttet før der var en egentlig lovgivning på området. Derfor er der ikke etableret foranstaltninger til sikring af afstrømmende overfladevand eller grundvandsressource. Disse tidligere fyld- og lossepladser betegnes som ukontrollerede pladser. Igennem årene er der gradvist sket ændringer i lovgivningen omkring fyld- og lossepladser med stigende krav til indretning og affaldstyper (Miljøstyrelsen, 2014a).

I modsætning til de gamle fyld- og lossepladser indeholder nye lossepladser bl.a. opsamlingssystem for overfladevand (nedbør). De bliver etableret med membran, som hindrer nedsivning af perkolat til grundvandet samt et drænsystem over membranen som bortleder perkolat. En membran kan dog udelades, såfremt undersøgelser har påvist, at det er forsvarligt. Sådanne nye lossepladser betegnes som kontrollerede lossepladser. Disse kontrollerede lossepladser er etableret efter vedtagelse af Miljøbeskyttelsesloven i 1974 og Olie- og kemikaliebekendtgørelsen i 1976 og reguleres i dag med Deponeringsbekendtgørelsen (Miljøstyrelsen, 2014a).

Betegnelsen fyldplads anvendes i dag om en plads, hvor der deponeres affald, som kun i ringe grad vil kunne udgøre en risiko i forhold til bl.a. grundvand og overfladevand. Det kan f.eks. være bygge- og anlægsaffald eller andet affald, som kun i begrænset omgang er opløseligt eller nedbrydeligt og uden indhold af miljøskadelige stoffer. Fyldpladser kan også anvendes til deponering af haveaffald og jord på baggrund af en konkret vurdering af forureningsrisikoen. Ved denne anvendelse kan fyldpladser placeres, indrettes og reetableres med begrænsede miljøbeskyttende foranstaltninger (Miljøstyrelsen, 2014a).

Et specialdepot er et depot, hvor der kan deponeres en enkelt eller et begrænset antal affaldstyper med en kendt sammensætning. Det kan f.eks. være affaldstyper som slagger, flyveaske eller spildevandsslam. Et specialdepot etableres i de tilfælde, hvor der opstår et ekstraordinært stort behov for deponering af en enkelt affaldstype, og hvor sammenblanding med andre affaldstyper skal undgås (Miljøstyrelsen, 2014a).

En lokalitet kan godt samtidig indeholde flere af de ovennævnte funktioner.

5.2 Transport og attenuering

I Danmark findes der ca. 3.000 kendte lossepladser, og der er store forskelle på disse lossepladser i både alder, størrelse, affaldstyper og fysisk placering i landskabet. Forholdene på de forskellige lossepladser har betydning for hvilken påvirkning lossepladserne kan have på overflade- og grundvand. Risikoen for påvirkning af overflade- og grundvand vil for de enkelte lossepladser afhænge af kildestyrken, typen af det pågældende stof, afstanden til overflade- og/eller grundvand og fortyndingen i denne (Miljøstyrelsen, 2014a).

Transportvej for forureningsstoffer fra en losseplads mod overfladevand og/eller grundvand afhænger af lossepladsens typologi. Overfladeafstrømning/intern afstrømning af perkolat og drænastrømning vil kunne medføre transport af forurenende stoffer til overfladevand.

Udstrømning af perkolat via f.eks. utæt membran vil kunne medføre transport af forureningsstoffer til grundvand og overfladevand. Transporten af forureningsstoffer er i varierende grad påvirket af forskellige tilbageholdelsesprocesser som ionbytning, udfældning/opløsning, reduktion/oxidation, sorption/desorption og nedbrydning (Miljøstyrelsen, 2014a).

6. Udvælgelse af lossepladser

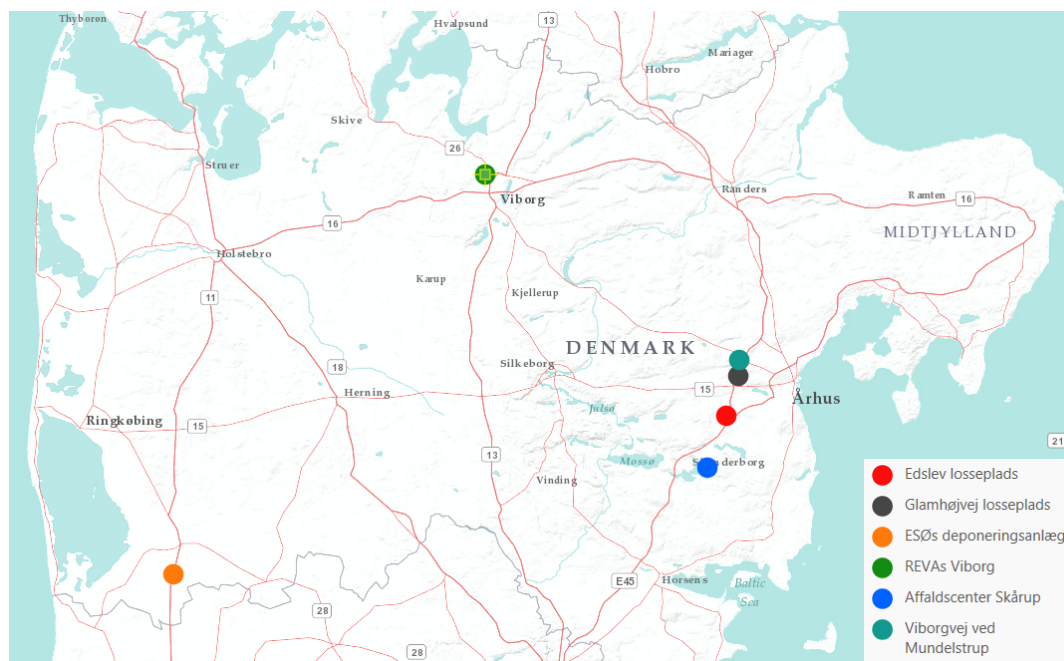
På baggrund af den indledende gennemgang af ni lossepladser er der i samarbejde med Region Midtjylland udvalgt seks lossepladser. Udvælgelsen er sket ud fra alderen på det deponerede affald og muligheden for at udtage ufortyndede perkolatprøver således at der skulle være en vis sandsynlighed for at fange en evt. forurening med de 8 stoffer/stofgrupper.

Der er fra de seks lossepladser udtaget vandprøver af enten perkolat eller perkolat påvirket grundvand. Fra en af lossepladserne er der udtaget to prøver, idet de repræsenterer to forskellige adskilte deponier.

De seks udvalgte lossepladser er følgende:

- Glamhøjvej losseplads
- Eskelund losseplads
- ESØs Deponeringsanlæg ved Brosbøl (to prøver)
- REVAS Viborg
- Affaldscenter Skårup
- Viborgvej ved Mundelstrup

Lossepladserne beliggenhed er vist på Figur 4.

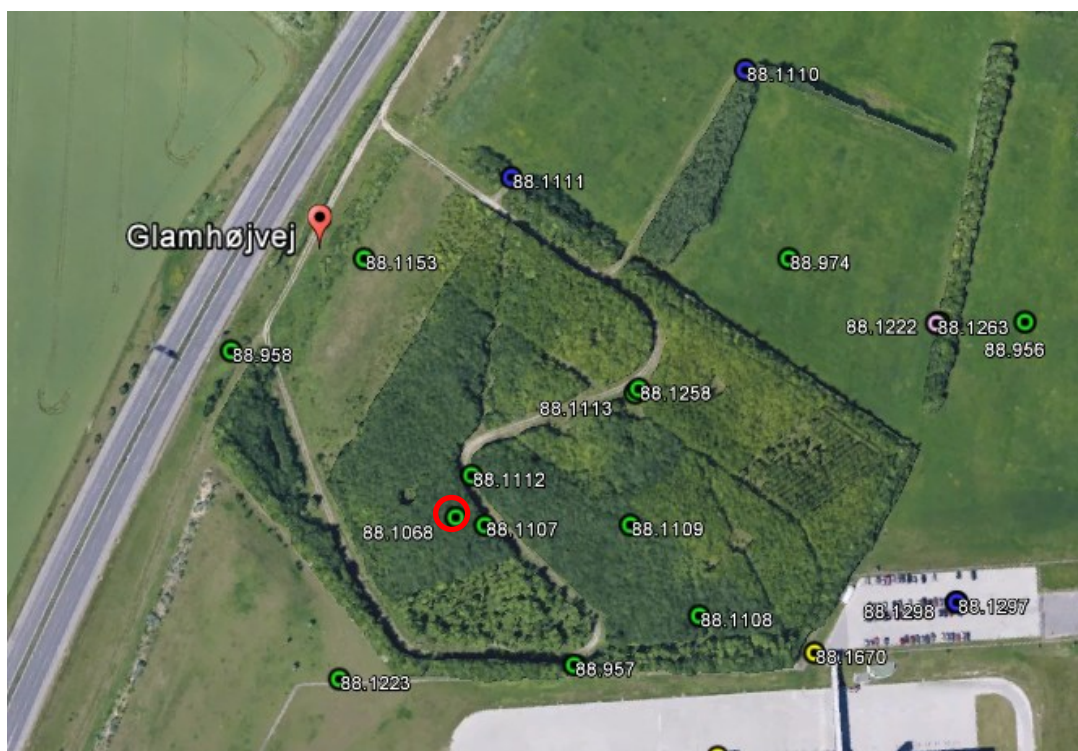


FIGUR 4: PLACERING AF DE SEKS UDVALGTE LOSSEPLADSER I REGION MIDTJYLLAND, VIST MED FARVEDE CIRKLER

6.1 Glamhøjvej losseplads

Lokaliteten er beliggende vest for Aarhus op til motorvej E45. En del af pladsen er beplantet med træer. Der har været losseplads fra 1969 til 1981. På pladsen er deponeret husholdningsaffald, jord- og bygningsaffald, industriaffald, haveaffald, kraftværksslagger, ristestof og kemikalieaffald.

Lossepladsen er ikke forsynet med membran. Afværgeboringer og dræn blev etableret i 1989. Vandet herfra ledes dels til Årslev Bæk og dels til rensningsanlæg. Der oppumpes perkolat fra to borer DGU nr. 88.1107 og DGU nr. 88.1068, se placering på Figur 5. Det oppumpede perkolat fra borerne ledes til kloak. I perkolat fra de to borer er der påvist indhold af kulbrinter og pesticider.



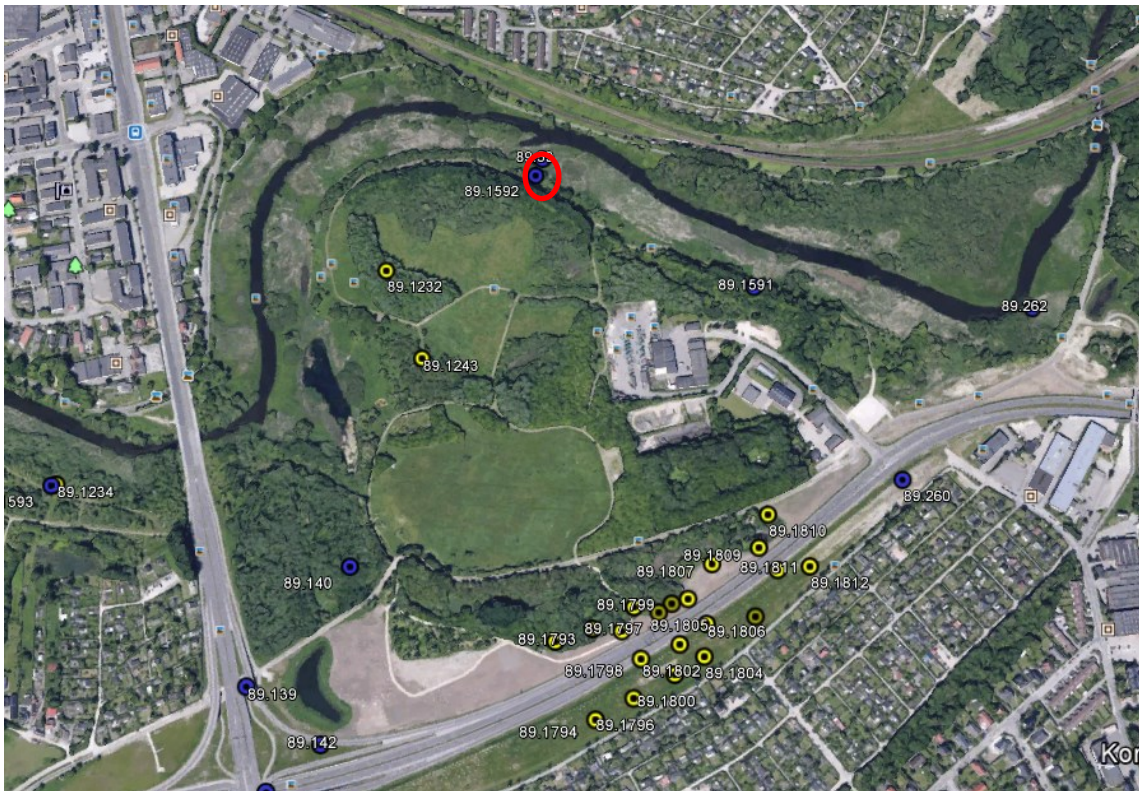
FIGUR 5: GLAMHØJVEJ LOSSEPLADS MED DGU NR. 88.1068, HVORFRA VANDPRØVE ER UDTAGET (RØD CIRKEL).

6.2 Eskelund losseplads

Lokaliteten er en gammel kommunal losseplads beliggende vest for Aarhus langs engarealer omkring Århus Å. Der har været losseplads fra 1930'erne og frem til 1980'erne. På pladsen er deponeret husholdningsaffald, bygningsaffald, slam og emballage. I perioden 1963-1978 er der ligeledes deponeret industriaffald, spildolie og kemikalieaffald.

Afværge blev startet i 1988 og er gennem tiden blevet ændret. Afværgeanlægget omfatter oppumpning af perkolat fra det øvre grundvandsmagasin samt fra et omfangsdræn. Vandet fra omfangsdrænet og en afværgeboring DGU nr. 89.1243 (se Figur 6) ledes til rensningsanlæg, mens vand fra de øvrige afværgeboringer ledes til Århus Å.

I perkolatet er der påvist højt indhold af uorganiske salte, arsen, nikkel og olie. Der er ikke målt væsentlige indhold af flygtige miljøfremmede stoffer. Generelt vurderes prøver fra DGU nr. 89.1592 (pumpestation fra omfangsdræn) at være mest perkolatpåvirkede.



FIGUR 6: ESSELUND LOSSEPLADS MED DGU NR. 89.1592, HVORFRA VANDPRØVE ER UDTAGET (RØD CIRKEL).

6.3 ESØs deponeringsanlæg ved Brosbøl

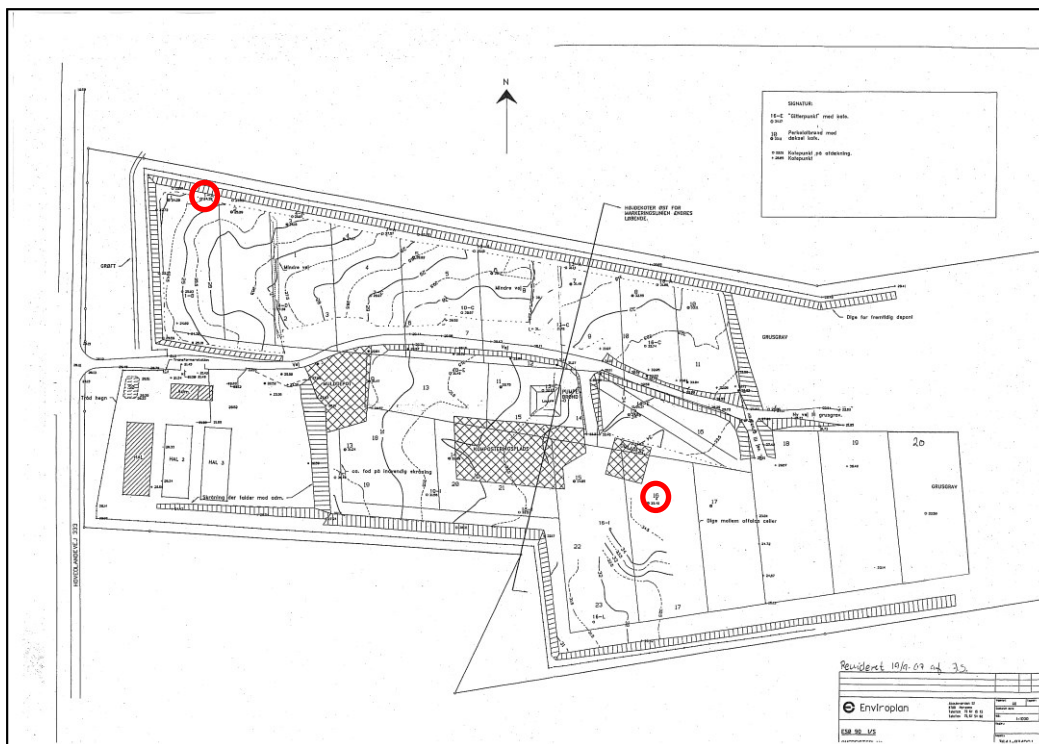
Lokaliteten er beliggende på Vardevej syd for Tarm by og øst for Ringkøbing Fjord. Der har været losseplads fra 1976 og frem til 2009. På pladsen er deponeret dagrenovation, bygningsaffald, blandet kommunalt indsamlet affald, jern- og stålaffald, slam fra klaring af drikkevand, slagger, flyveaske, ballast fra banespor, bitumenholdige blandinger, træbeskyttelsesmidler, affald fra papirproduktion mv.

Brosbøl deponeringsanlæg er opdelt i 20 deponeringsceller med deponering over ca. 1 år i hver celle. Alle celler er etableret med membran og dræn til opsamling af perkolat. Perkolat fra hver enkelt celle analyseres hvert 3. år.

Perkolatet fra drænledningerne ledes til forrensning og en beluftningslagune, hvorefter det pumpes til kommunalt rensningsanlæg. Det er muligt at udtage en vandprøve ved hver deponeringscelle.

I perkolatet er der påvist lave indhold af klorerede opløsningsmidler og kulbrinter. Der er siden etablering af deponeringsanlægget analyseret for indhold af lossepladsparametre.

Perkolatprøver er udtaget til analyse for nye stoffer fra pumpebrønde PB1 og PB16, der således repræsenterer hhv. det ældst deponerede affald og noget af det nyere deponerede affald. Pumpebrøndenes placering ses på Figur 7.



FIGUR 7: ESØS DEPONERINGSANLÆG VED BROSBØL, PRØVETAGNINGSTEDER VIST MED RØD CIRKEL.

6.4 REVAS Viborg

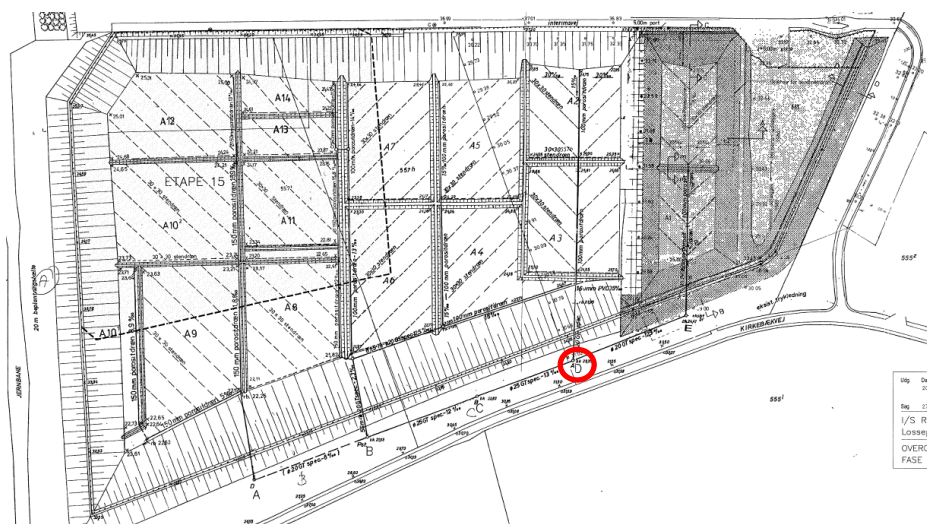
Lokaliteten er en tidligere kommunal losseplads beliggende nordvest for Viborg i udkanten af et skovområde. Der har været losseplads fra 1979 til efter 1994. På pladsen er deponeret blandet affald.

Lossepladsen er opfyldt i etaper med etablering af en ny etape hvert år. Etaperne er etableret både med og uden membran og perkolatopsamling. Perkolat fra flere enheder ledes til samme pumpestation.

Perkolatprøver er siden 2012 analyseret for miljøfremmede stoffer, herunder chlorerede opløsningsmidler, olie/benzinkomponenter, PAH, phenoler, pesticider og phtalater foruden spormetaller. Der er påvist lave indhold af chlorerede opløsningsmidler, phenoler, olie/benzinkomponenter og pesticider.

I forbindelse med grundvandsmoniteringen er der påvist moderate indhold af klorerede opløsningsmidler, lave indhold af kulbrinter og forhøjede indhold af arsen i grundvandet. Der er igennem flere år analyseret for indhold af lossepladsparametre og spormetaller.

Perkolatprøven til analyse for nye stoffer er udtaget fra samlebrønd D, se Figur 8.

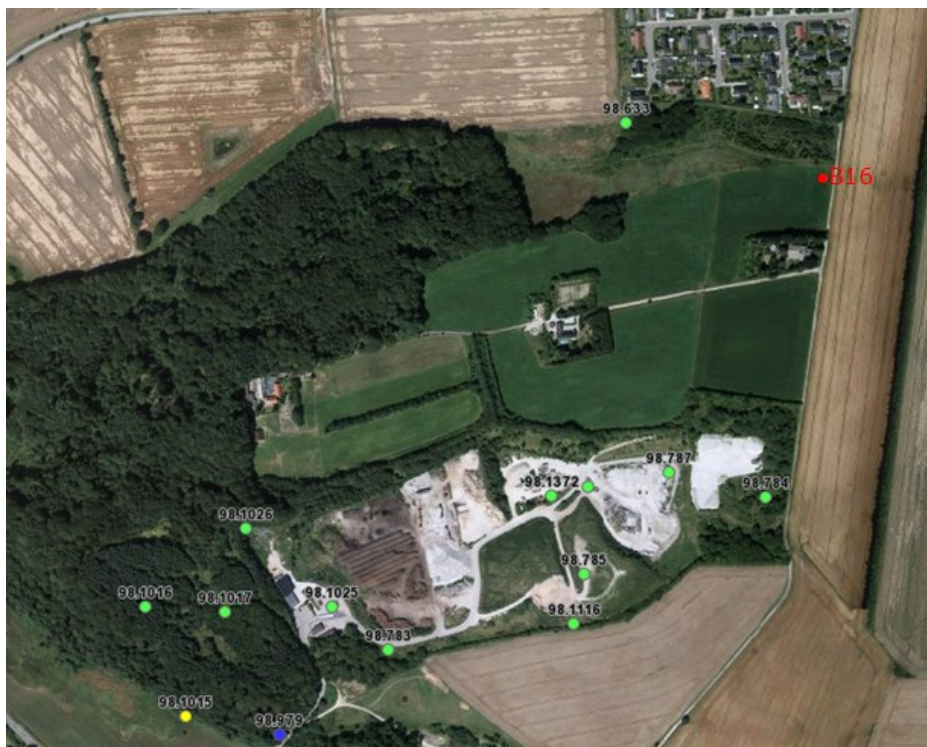


FIGUR 8: REVAS VIBORG, PRØVETAGNINGSTED VIST MED RØD CIRKEL.

6.5 Affaldscenter Skårup

Lokaliteten er en gammel kommunal losseplads beliggende sydøst for Skanderborg ca. 800 m nord for Skanderborg Sø. Der har været ukontrolleret losseplads (etape 0) fra 1967 og frem til 1980. Fra 1980 har lossepladsen været kontrolleret (etape 1 og frem), og en del heraf er stadig i drift. På den ukontrollerede del af pladsen er deponeret dagrenovation, bygningsaffald, slam, industriaffald, storskrald og jord. På den kontrollerede del af lossepladsen er deponeret slam, flyveaske, dagrenovation, storskrald, haveaffald, erhvervsaffald, bygningsaffald og asbest og muligvis tæppeaffald.

Fra etape 1 og frem er pladsen etableret med lermembran og perkolatopsamling. Perkolatet ledes til pumpebrønd og videre til rensningsanlæg. Vandprøver til beskrivelse af perkolat udtages fra samlebrønd (B16), som er placeret et stykke fra lossepladsen, se Figur 9.



FIGUR 9: AFFALDSCENTER SKÅRUP MED B16, HVORFRA VANDPRØVE ER UDTAGET

6.6 Viborgvej ved Mundelstrup

Lokaliteten ligger i et område ved motorvej E45 vest for Aarhus. Området er afgrænset af E45, til-/frakørselsramper til E45 og Viborgvej. Arealet nord for Viborgvej har været losseplads – mens arealet syd for, hvor boringen er placeret, er et specialdepot. Affaldet er deponeret fra 1972 og frem til 1975. På pladsen er deponeret dagrenovation, jord- og bygningsaffald, storskrald m.m. Der er med stor sandsynlighed deponeret kemikalieaffald.

Der er ikke etableret membran under lossepladsen eller perkolatopsamling. Der findes ikke betydende vandindhold i fyldet eller umiddelbart under lossepladsfyldet. I lossepladsen er etableret flere boringer, hvorfra der udtages vandprøver bl.a. fra DGU nr. 88.1755 og DGU nr. 88.1661.

Vandprøver fra DGU nr. 88.1755 filter 2 (det mest terrænnære filter) viser kraftigst forurening med kulbrinter, klorerede ethener og ethaner. Vandprøver fra DGU nr. 88.1661 vurderes at være mest perkolatpåvirkede baseret på boringskontrolanalyse.

Vandprøve til analyse for nye stoffer er udtaget fra boring 88.1755 filter 2, se Figur 10, da denne er vurderet mest forurenet med miljøfremmede stoffer og har det mest terrænnære filter.



FIGUR 10: LOSSEPLADSEN NORD FOR VIBORGVEJ. BORINGEN MED DGU NR. 88.1755, HVORFRA VANDPRØVE ER UDTAGET (RØD CIRKEL), LIGGER PÅ SPECIALDEPOTET SYD FOR VIBORGVEJ.

7. Udførte undersøgelser

Grundvand eller perkolat udtaget fra de 7 målepunkter på 6 tidligere lossepladser er analyseret for indhold af triclosan, livsstilsstoffet koffein, og de industrielle additiver og biprodukter: bisphenol A, freon-forbindelser, 1,4-dioxan, phtalater, PFAS-forbindelser og bromerede flammehæmmere.

Vandprøverne er sendt til ALS Danmark A/S til analyse. ALS Danmark har til analyse af de bromerede flammehæmmere anvendt en underleverandør: GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH, DAKKS D-PL-14170-01-00.

ALS Danmark A/S er akkrediteret af DANAK til analyse af PFAS-forbindelser, freon 113 og trichlorfluormethan.

I nedenstående tabel 4 er angivet, hvilke enkeltstoffer der indgår i de analyserede pakker samt hvilken analysemetode laboratoriet har anvendt.

TABEL 4: ANALYSEPROGRAM

Analysepakke	Enkeltstoffer	Analysemetode
	Bisphenol A	GC/MS/SIM
HS freon	Dichloridfluormethan	HS GC/MS
	Freon 113	HS GC/MS
	Trichlorfluormethan	HS GC/MS
	Dichlorfluormethan	HS GC/MS
	Chlorfluormethan	HS GC/MS
	Chlortrifluormethan	HS GC/MS
	1,4-Dioxan	HS GC/MS
Phtalater	DMP (Dimethylphtalat)	GC/MS/SIM
	DEP (Diethylphtalat)	GC/MS/SIM
	BBP (Benzylbutylphtalat)	GC/MS/SIM
	DEHP (Bis(2-ethylhexyl)phtalat)	GC/MS/SIM
	DBP (Dibutylphtalat)	GC/MS/SIM
	DNP (Diisononylphtalat)	GC/MS/SIM
Livsstilsstoffer	Koffein	LC/MS
Personlig-pleje-stoffer	Triclosan	LC/MS
PFAS-forbindelser	PFHpA	DIN 38407-42
	PFOA	DIN 38407-42
	PFNA	DIN 38407-42
	PFBS	DIN 38407-42
	PFHxS	DIN 38407-42
	PFOS	DIN 38407-42
	PFDS	DIN 38407-42
	PFOSA	DIN 38407-42
	PFHxA	DIN 38407-42
	PFBA	DIN 38407-42
	PFUnDa	DIN 38407-42
	PFPeA	DIN 38407-42
	PFDA	DIN 38407-42

Analysepakke	Enkeltstoffer	Analysemetode
	FTS 6:2	DIN 38407-42
	PFDaDa	DIN 38407-42
Bromerede flammehæmmere	TeBDE	22032
	PBDE 47	22032
	PeBDE	22032
	PBDE 99	22032
	PBDE 100	22032
	HxBDE	22032
	HpBDE	22032
	OBDE	22032
	NBDE	22032
	DeBDE	22032
	TBBPA	22032
	DeBB	22032
	HBCD	22032

Nedenfor er desuden beskrevet hvor og hvordan prøverne er udtaget og om de repræsenterer perkolat eller perkolatpåvirket grundvand, se desuden sammenfatning i tabel 5.

Eskelund losseplads:

På Eskelund losseplads er der udtaget en prøve fra DGU nr. 89.1592, der repræsenterer omfangsdrænet fra lossepladsen. Vandprøven repræsenterer således perkolatpåvirket grundvand.

Glamhøjvej losseplads:

Vandprøven fra Glamhøjvej losseplads er udtaget fra afværgeboring DGU nr. 88.1068 (K8) filtersat 9-13 m u.t., der oppumper perkolat, som afledes til kloak. Vandprøven repræsenterer således perkolat.

ESØs deponeringsanlæg ved Brosbøl:

På ESØs deponeringsanlæg ved Brosbøl er der udtaget vandprøver fra pumpebrønde, der opsamler perkolat over cellernes bundmembran. Vandprøverne er udtaget fra PB1 (affald deponeret 1976) og PB16 (affald deponeret 1991) og repræsenterer således perkolat.

REVAS Viborg:

På REVAS er vandprøven udtaget fra brønd D, som er en Ø1000 mm gennemløbsbrønd, der opsamler perkolat. Perkolat i denne brønd er en blanding fra de fleste deponeringsenheder. Vandprøven repræsenterer således perkolat.

Affaldscenter Skårup:

Vandprøven fra Affaldscenter Skårup er udtaget fra samlebrønd B16 (blanding af perkolat fra hele pladsen opsamlet over membranen), som er placeret et stykke fra lossepladsen. Vandprøven er udtaget med 12 v dykpumpe. B16 er en Ø1000 gennemløbsbrønd. Vandprøven repræsenterer således perkolat.

Viborgvej ved Mundelstrup:

Vandprøven er udtaget fra DGU nr. 88.1755 (B6-2), som er en Ø80 mm monitoringsboring filtersat under lossepladsen 9,8-11,8 m u.t. Der er ingen membran under pladsen, så prøven repræsenterer perkolatpåvirket grundvand. I boringen sad en 12 v dykpumpe og slange. Pumpen virkede ikke, og vandprøven er i stedet udtaget med bailer.

TABEL 5: PRØVETAGNING

Lokalitet	Prøvested	Perkolat/grundvand	Prøvetagningsdato	Prøvetagning
Eskelund	Pumpebrønd	Perkolatpåvirket grundvand	14.8.2015	Bailer
Glamhøjvej	Afværgeboring	Perkolat	14.8.2015	Bailer
ESØ	Pumpebrønde	Perkolat	18.8.2015	Bailer
REVAS	Samlebrønde	Perkolat	18.8.2015	Bailer
Affaldscenter Skårup	Gennemløbsbrønd	Perkolat	18.8.2015	Dykpumpe
Viborgvej	Moniteringsboring	Perkolatpåvirket grundvand	14.8.2015	Bailer

Alle vandprøver er udtaget i emballage beregnet til de enkelte analyser, henholdsvis plast- og glasflasker. Emballage er udleveret af laboratoriet. Efter prøvetagning er vandprøverne opbevaret køligt og sendt til laboratoriet samme dag, som de er udtaget. Laboratoriet har igangsat analysearbejdet samme dag, som prøverne er modtaget.

8. Resultater

I dette kapitel er analyseresultaterne gennemgået. Analyseresultaterne er vedlagt i bilag 1 og i det følgende gengivet i skemaer, hvor alle påviste indhold over detektionsgrænserne er markeret med lyseblå baggrund. Hvor der findes grundvandskvalitetskriterier, drikkevandskriterier eller vandkvalitetskrav til overfladevand er perkolatprøvernes indhold af de analyserede stoffer sammenlignet hermed for at belyse risikoen for grundvand/overfladevand.

8.1 Bisphenol A

I alle syv analyserede vandprøver er der påvist indhold af bisphenol A. Bisphenol A er påvist i intervallet 1,4-320 µg/l, jf. tabel 6. Miljøkvalitetskrav for bisphenol A til ferskvand er fastsat til 0,1 µg/l og 0,01 µg/l for marint vand (BEK nr. 1070 af 09/09/2015).

Laveste koncentration er påvist på Eskelund losseplads, mens den højeste koncentration er påvist på affaldscenter Skårup. Perkolatprøvernes indhold af bisphenol A overskrider miljøkvalitetskravet til ferskvand og marint vand indtil hhv. 3.200 og 32.000 gange.

TABEL 6: BISPHENOL A KONCENTRATIONER PÅVIST I LOSSEPLADSPERKOLAT OG PERKOLATPÅVIRKET GRUNDVAND

GRUNDVAND							
Lokalitet	Glamhøjvej	Eskelund 89.1592 (PB5)	ESØ	ESØ	REVAS	Skårup	Viborgvej 88.1755 (B6-2)
Prøvetagningssted	88.1068 (K8)		PB1	PB16	Brønd D	B16	
Bisphenol A	µg/l	16	1.4	7.8	1.5	26	320
							6.8

Litteraturstudierne viser, at bisphenol A har en detektionsfrekvens på 40 % i grundvand generelt med en påvist maksimal koncentration på kun 0,0023 µg/l. Detektionsfrekvensen i denne undersøgelse er 100 % svarende til den amerikanske undersøgelse af lossepladisperkolat (Masoner et al., 2014). De påviste koncentrationer er dog lavere end de maksimale koncentrationer påvist i udlandet på mere end 6.000 µg/l i perkolat og med en mediankoncentration for 19 lossepladser på 45 µg/l.

Bisphenol A er vandopløseligt i koncentrationer op til 120-300 mg/l, har en fordelingskoefficient $\log K_{ow}$ på 2,2-3,4 og et lavt damptryk (ECHA). Disse egenskaber bevirker, at stoffet kan opløses og spredes via grundvandet. Bisphenol A er bionedbrydeligt, men nedbrydeligheden varierer i forskellige test-setup (ECHA).

Med de høje koncentrationer påvist, de lave vandkvalitetskrav og de fysisk/kemiske egenskaber, må det forventes, at Bisphenol A for nogle lossepladser kan udgøre en risiko for nærliggende overfladevande.

Der findes ingen danske krav til indhold af bisphenol A i drikkevand. I USA anvendes i en stat et drikkevandskrav på 20 µg/l (Minnesota Department of Health, 2014), herudover er der ikke fundet andre drikkevandskrav for bisphenol A. I Canada er der ved undersøgelse af drikkevand i drikkevandsflasker fundet bisphenol A på op til 8,8 µg/l, uden at dette blev vurderet at udgøre en sundhedsmæssig risiko, (Health Canada, 2009). Der er ikke umiddelbart datagrundlag nok til at vurdere om de påviste indhold af bisphenol A i dansk lossepladisperkolat kan udgøre en risiko for grundvandet.

8.2 HS freon

Der er analyseret for 6 enkeltstoffer og kun i en enkelt vandprøve er der påvist indhold over analyselaboratoriets detektionsgrænse, jf. tabel 7. I vandprøven fra Affaldscenter Skårup er der påvist et indhold af dichlorfluormethan på 10 µg/l. Miljøstyrelsen har ikke fastsat et grundvandskvalitetskriterium for dette stof.

TABEL 7: KONCENTRATIONER AF FREONFORBINDELSER PÅVIST I LOSSEPLADSPERKOLAT OG PERKOLATPÅVIRKET GRUNDVAND

Lokalitet		Glamhøjvej 88.1068 (K8)	Eskelund 89.1592 (PB5)	ESØ PB1	ESØ PB16	REVAS Brønd D	Skårup B16	Viborgvej 88.1755 (B6-2)
Prøvetagningssted								
Dichlordifluormethan(F12)	µg/l	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Freon 113 (F113)	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Trichlorfluormethan(F11)	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Dichlorfluormethan(HCFC-21)	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	10	<0,10
Chlorfluormethan(HCFC-31)	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Chlortrifluorethan(CTFE, F133a)	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10

Der findes grundvandskvalitetskriterier for CFC-11 (F11), CFC-12 (F12) og HCFC-31 på hhv. 15, 10 og 8,8 mg/l. Selv om der evt. kunne fastsættes lavere kriterier for visse nedbrydningsprodukter giver analysedata fra nærværende undersøgelse ikke anledning til at tro, at freon generelt set kan medføre en risiko for lossepladser.

8.3 1,4-dioxan

I fem ud af syv analyserede vandprøver er der påvist indhold af 1,4-dioxan over laboratoriets detektionsgrænse, hvilket svarer til en detektionsfrekvens på ca. 70 % jf. tabel 8. Der er ikke påvist indhold af 1,4-dioxan i vandprøverne fra Glamhøj losseplads og fra lossepladsen ved Viborgvej.

I de resterende fem vandprøver er der påvist indhold af 1,4-dioxan i intervallet 2,5-13 µg/l. Den højeste koncentration er påvist i vandprøven udtaget på REVAS.

TABEL 8: KONCENTRATIONER AF 1,4-DIOXAN PÅVIST I LOSSEPLADSPERKOLAT OG PERKOLATPÅVIRKET GRUNDVAND

Lokalitet		Glamhøjvej 88.1068 (K8)	Eskelund 89.1592 (PB5)	ESØ PB1	ESØ PB16	REVAS Brønd D	Skårup B16	Viborgvej 88.1755 (B6-2)
Prøvetagningssted								
1,4-dioxan	µg/l	<1,0	4,3	2,8	2,5	13	5,4	<1,0

1,4-dioxan ses ofte sammen med klorerede opløsningsmidler, da 1,4 dioxan har været anvendt som tilsætningsstof (stabilisator) til de klorerede opløsningsmidler, specielt til 1,1,1-TCA, men har også været anvendt til en lang række andre formål. Der er dog på det foreliggende datagrundlag ikke umiddelbart sammenhæng mellem de påviste niveauer af 1,4-dioxan og indholdet af klorerede opløsningsmidler påvist ved den jævnlige kontrol af perkolat og grundvand på lossepladserne.

1,4 dioxan er opløselig i vand, har et lavt damptryk, er meget mobilt i grundvandszonen og nedbrydes kun i meget ringe grad. Disse egenskaber medfører en stor risiko for spredning i grundvandszonen. Pga. den lille nedbrydelighed er der set flere eksempler på, at de klorerede opløsningsmidler er nedbrudt, mens 1,4 dioxan stadig findes. 1,4 dioxan kan derfor være til stede, selvom der ikke påvises klorerede opløsningsmidler.

Der findes ingen kriterier for stoffet i grundvand, overfladevand eller drikkevand, men US EPA har beregnet en grænseværdi på 0,35 µg/l for drikkevand. Det højest påviste indhold af 1,4-dioxan skal således fortolkes ca. 15 gange for at den amerikanske grænseværdi overholdes. Dette indikerer, at

de fundne koncentrationer generelt ikke er på et niveau, som vil udgøre en risiko for grundressourcen. Der kan dog være lokale geologiske og hydrogeologiske forhold, som medfører at de påviste niveauer lokalt kan udgøre en risiko for grundvand.

8.4 Phtalater

Phtalater er påvist i fem ud af syv analyserede vandprøver, hvilket svarer til en detektionsfrekvens på ca. 70 %. Der er ikke påvist indhold af phtalater over detektionsgrænser i vandprøver udtaget på Eskelund losseplads og fra PB16 på ESØs deponeringsanlæg ved Brosbøl, jf. tabel 9.

TABEL 9: KONCENTRATIONER AF PHTALATER PÅVIST I LOSSEPLADSPERKOLAT OG PERKOLATPÅVIRKET GRUNDVAND

Lokalitet		Glamhøjvej	Eskelund	ESØ	ESØ	REVAS	Skårup	Viborgvej
Prøvetagningssted		88.1068 (K8)	89.1592 (PB5)	PB1	PB16	Brønd D	B16	88.1755 (B6-2)
DMP	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,73	16	<0,10
DEP	µg/l	0,12	<0,10	<0,10	<0,10	0,71	0,5	0,2
BBP	µg/l	0,16	<0,10	<0,10	<0,10	0,13	0,43	<0,10
DOP	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
DEHP	µg/l	1,7	<0,10	0,18	<0,10	1,7	3,4	4,7
DBP	µg/l	0,28	<0,10	0,75	<0,10	1,2	4,7	0,21
DNP	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
SUM uden DEHP	µg/l	0,56	i.d.	0,75	i.d.	2,8	22	0,4

Da phtalater har været anvendt siden 1920'erne var det forventet, at de kunne detekteres i alle de analyserede vandprøver. I forhold til undersøgelser af perkolat fra lossepladser i forskellige lande, herunder en amerikansk undersøgelse (Masoner et al., 2014), er der påvist forholdsvis lave koncentrationer af phtalater i perkolat i nærværende undersøgelse. Miljøstyrelsen har fastsat et grundvandskvalitetskriterium for sum af phtalater (ikke DEHP) på 1 µg/l. Dette kriterium er overskredet på vandprøver udtaget fra REVAS og affaldscenter Skårup.

DMP (Dimethylphthalat)

DMP er påvist i vandprøven fra REVAS og i vandprøven fra Affaldscenter Skårup. På REVAS er der påvist et indhold af DMP på 0,73 µg/l og på Affaldscenter Skårup er der påvist et indhold på 16 µg/l.

DEP (Diethylphthalat)

DEP er påvist i vandprøver fra Glamhøjvej losseplads, REVAS, Affaldscenter Skårup og lossepladsen ved Viborgvej. Der er påvist indhold af DEP i intervallet 0,12-0,71 µg/l.

BBP (Benzylbutylphthalat)

BBP er påvist i tre ud af syv analyserede vandprøver. I vandprøven fra Glamhøjvej losseplads er der påvist et indhold af BBP på 0,16 µg/l, på REVAS er der påvist et indhold af BBP på 0,13 µg/l og på affaldscenter Skårup er der påvist et indhold af BBP på 0,43 µg/l. De generelle vandkvalitetskrav for fersk og marint vand er hhv. 7,5 og 0,75 µg/l.

DOP (Dioctylphthalat)

Der er ikke i de analyserede vandprøver påvist indhold af DOP over laboratoriets detektionsgrænse.

DEHP (Bis(2-ethylhexyl)phthalat)

DEHP er påvist i fem ud af syv analyserede vandprøver. DEHP er påvist i intervallet 0,18-4,7 µg/l. Den højeste koncentration er påvist i vandprøven fra lossepladsen ved Viborgvej.

Miljøstyrelsen har fastsat et grundvandskvalitetskriterium for DEHP på 1 µg/l og i BEK 1070 findes et generel vandkvalitetskrav på 1,3 µg/l for både fersk og marint vand. Disse kriterier er

overskredet på vandprøver udtaget fra Glamhøjvej, REVAS, affaldscenter Skårup og lossepladsen ved Viborgvej. Den højeste koncentration er detekteret på lossepladsen ved Viborgvej, hvor der ses en overskridelse af grundvandskvalitetskriteriet indtil næsten 5 gange.

DBP (Dibutylphthalat)

DBP er påvist i fem ud af syv analyserede vandprøver. DBP er påvist i intervallet 0,21-4,7 µg/l. Den højeste koncentration er påvist i vandprøven fra affaldscenter Skårup. De generelle vandkvalitetskrav for fersk og marint vand er hhv. 2,3 og 0,23 µg/l.

DNP (Diisononylphthalat)

Der er ikke i de analyserede vandprøver påvist indhold af DNP over laboratoriets detektionsgrænse.

Sum phtalater

Sammenlignes de påviste indhold af phtalater i perkolatprøverne med grundvandskvalitetskriterierne for sum af phtalater på 1 µg/l ses, at perkolatprøvernes indhold af phtalater overskrider kriterierne indtil 22 gange.

Phtalaterne har generelt høje logK_{ow}-værdier, lave opløseligheder i vand og lave damptryk, hvilket medfører en begrænset spredning i grundvandszonen. Sammenholdt med de forholdsvis lave koncentrationer påvist vurderes risikoen for grundvand og overfladevand som begrænset.

8.5 Livsstilsstoffer og personlig-pleje-stoffer

Koffein

I alle syv vandprøver er der påvist indhold af koffein, se tabel 10. De påviste indhold ligger i intervallet 0,047-12 µg/l. Det højeste indhold er påvist i perkolat fra PB16 på ESØ.

TABEL 10: KONCENTRATIONER AF KOFFEIN PÅVIST I LOSSEPLADSPERKOLAT OG PERKOLATPÅVIRKET GRUNDVAND

Lokalitet	Glamhøjvej	Eskelund 89.1592 (PB5)	ESØ	ESØ	REVAS	Skårup	Viborgvej 88.1755 (B6-2)
Prøvetagningssted	88.1068 (K8)		PB1	PB16	Brønd D	B16	
Koffein	µg/l	0.46	0.17	0.047	12	7.2	0.071
							0.62

Der findes ikke kvalitetskriterier for koffein, og stoffet vurderes uskadeligt i de påviste koncentrationer. Koffein findes i spildevandsslam og i dagrenovationsaffald og kan evt. bruges i fremtidige undersøgelser til vurdering af, om der sker en perkolatpåvirkning af grundvandet på samme måde som stoffet i dag bruges til at detektere om grundvandet er påvirket af kloakvand.

Triclosan

I fire af de syv analyserede vandprøver er der jf. tabel 11 påvist indhold af triclosan. Triclosan er påvist i intervallet 0,11-0,87 µg/l. Det højeste indhold er påvist i perkolat fra PB16 på ESØ.

TABEL 11: KONCENTRATIONER AF KOFFEIN PÅVIST I LOSSEPLADSPERKOLAT OG PERKOLATPÅVIRKET GRUNDVAND

Lokalitet	Glamhøjvej	Eskelund 89.1592 (PB5)	ESØ PB1	ESØ PB16	REVAS Brønd D	Skårup B16	Viborgvej 88.1755 (B6-2)
Prøvetagningssted	88.1068 (K8)						
Triclosan	µg/l	0,11	<0.010	<0.010	0,87	0,7	<0.010
							0,52

Triclosan har været anvendt siden start af 1970'erne med et stigende forbrug fra 1990'erne. Eskelund losseplads har været i drift i perioden 1930-1980'erne, hvilket kan være årsagen til, at der ikke er påvist indhold af triclosan i perkolat herfra. Dette kan ligeledes være årsagen til den store forskel på indholdet i de to analyserede prøver fra ESØ, som dækker affald deponeret i hhv. 1976 (PB1) og 1991 (PB16).

Der findes ikke danske kriterier for triclosan i grundvand, drikkevand eller overfladevand, men i USA anvendes ofte et kriterium for drikkevand på 50 µg/l. Triclosan er antibakteriel, bioakkumulerbar og sandsynligvis hormonforstyrrende og kan derfor medføre en risiko.

De påviste indhold af triclosan i tabel 9 sammenholdt med ovennævnte kriterie for drikkevand indikerer, at ældre lossepladser mht. triclosan ikke udgør en risiko for grundvand.

8.6 PFAS-forbindelser

Analyseresultater for PFAS ses i tabel 12 og 13. I seks ud af de syv analyserede vandprøver er der påvist indhold af PFAS-forbindelser, hvilket svarer til en detektionsfrekvens på ca. 85 %. I vandprøven fra lossepladsen ved Viborgvej er der ikke påvist indhold af PFAS-forbindelser.

Bl.a. PFOS og PFOA er optaget på Miljøstyrelsens Liste Over Uønskede Stoffer (LOUS) grundet deres persistens og bioakkumulerende potentiale. Miljøstyrelsen har fastsat et grundvandskvalitetskriterium på 0,1 µg/l for sum af 12 perfluorerede alkylsyreforbindelser. For overfladevand er der desuden fastsat et kriterium for PFOS på 0,65 ng/l og 0,13 ng/l i hhv. fersk og marint vand, som er gældende fra d. 22. december 2018.

Sum af 12 stk. PFAS-forbindelser

Sum af 12 stk. PFAS-forbindelser er påvist i seks vandprøver i intervallet 0,040-2,82 µg/l, se alle komponenter i den samlede liste i bilag 1. Højeste koncentration er påvist for PFHxA. Det er generelt de samme PFAS forbindelser, der detekteres i de forskellige prøver, og generelt udgør perfluorcarboxylsyernerne den største andel af PFAS-summen (67-93 %), jf. bilag 1. Den højeste koncentration af PFAS er påvist på Affaldscenter Skårup, jf. tabel 12, der også viser indholdet af PFOS i prøverne. De påviste indhold i perkolatprøven herfra overstiger grundvandskvalitetskriteriet med op til en faktor 28 og kriteriet for PFOS i overfladevand med ca. en faktor 250.

TABEL 12: KONCENTRATIONER AF 12 PFAS PÅVIST I LOSSEPLADSPERKOLAT OG PERKOLATPÅVIRKET GRUNDVAND

Lokalitet		Glamhøjvej	Eskelund	ESØ	ESØ	REVAS	Skårup	Viborgvej
Prøvetagningssted		88.1068 (K8)	89.1592 (PB5)	PB1	PB16	Brønd D	B16	88.1755 (B6-2)
PFOS	µg/l	0,028	0,019	0,003	0,018	0,033	0,16	<0,0010
Sum af 12 stk. PFAS*	µg/l	0,22	0,074	0,040	0,42	0,59	2,82	<0,0010

* PFBS, PFHxS, PFOA, PFOSA, FTS 6:2, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOS, PFNA, PFDA

Pga. den høje frekvens for detektion og de lave kriterier for grundvand og specielt PFOS i overfladevand, kan PFAS-forbindelserne være relevante at inddrage i fremtidige undersøgelser af perkolatpåvirket grundvand.

Øvrige PFAS

Der er ikke i de analyserede vandprøver påvist indhold af de tre resterende analyserede PFAS-forbindelser over laboratoriets detektionsgrænse, jf. tabel 13. Der er ikke fastsat grundvandskvalitetskriterier for disse perfluorerede stoffer.

TABEL 13: KONCENTRATIONER AF ØVRIGE PFAS PÅVIST I LOSSEPLADSPERKOLAT OG PERKOLATPÅVIRKET GRUNDVAND

Lokalitet		Glamhøjvej	Eskelund	ESØ	ESØ	REVAS	Skårup	Viborgvej
Prøvetagningssted		88.1068 (K8)	89.1592 (PB5)	PB1	PB16	Brønd D	B16	88.1755 (B6-2)
PFDS	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
PFUnDa	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
PFDoDa	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

8.7 Bromerede flammehæmmere

Der er i én vandprøve fra REVAS påvist indhold af bromerede flammehæmmere over laboratoriets detektionsgrænse, idet der er påvist en koncentration af PBDE 47 på 0,0003 µg/l og en koncentration af PBDE 99 på 0,00044 µg/l, jf. bilag 1. Der er ikke i de resterende vandprøver påvist indhold af bromerede flammehæmmere.

Der er fastsat et miljøkvalitetskrav for ferskvand på 0,0005 µg/l for en gruppe på seks bromerede flammehæmmere (PBDE 28, 47, 99, 100, 153 og 154). Dette kvalitetskrav er overskredet med en faktor 1,5. Fra december 2015 er der ikke længere fastsat generelle vandkvalitetskrav, men kun korttidskrav på 0,14 og 0,014 µg/l for hhv. fersk og marint vand. De påviste indhold sammenholdt med miljøkvalitetskravene tyder ikke på, at det undersøgte perkolat udgør en risiko for overfladevand.

Referencer

- Danish Crown. 2013. Udvalgte miljøfremmede stoffer I grundvand ved Danish Crown, Holstebro. Niras, 10.6.2013.
- ECHA, European Chemical Agency, <http://www.echa.europa.eu/>
- Health Canada, 2009. Survey of Bisphenol A in Bottled Water Products. July 2009.
- Lapworth, D.J., Baran, N., Stuart, M.E., Ward, R.S., 2012. Emerging organic contaminants in groundwater: A review of sources, fate and occurrence. Environ. Pollut. 163, 287–303. doi:10.1016/j.envpol.2011.12.034
- Loos R., Locoro G., Comero S., Contini S., Schwesig D., Werres F., Balsaa P., Gans O., Weiss S., Blaha L., Bolchi M. og Gawlik B. M., 2010. Pan-European survey on the occurrence of selected polar organic persistent pollutants in ground water. Water Research 44, 4115–4126.
- Masoner, J.R., Kolpin, D.W., Furlong, E.T., Cozzarelli, I.M., Gray, J.L., Schwab, E. a, 2014. Contaminants of emerging concern in fresh leachate from landfills in the conterminous United States. Environ. Sci. Process. Impacts 16, 2335–54. doi:10.1039/c4em00124a
- Miljøstyrelsen. 2011. Kortlægning af tilsætningsstoffer i chlorerede opløsningsmidler. Miljøprojekt nr. 1391.
- Miljøstyrelsen. 2014a. Risikovurdering af lossepladser påvirkning af overfladevand. Miljøprojekt nr. 1604.
- Miljøstyrelsen. 2014b. Screeningsundersøgelse af udvalgte PFAS forbindelser som jord- og grundvandsforurening i forbindelse med punktkilder, Miljøprojekt nr. 1600.
- Minnesota Department of Health, 2014. Bisphenol A in Drinking Water, July 2014.
- Mogensen, S.B., Langeland, M., Andersen, K.M., Jensen, P.E. 2013. Freon – en ny spiller på banen. Videncenter for Jordforurening, Jordforurening.info 3, 13-25.
- Moore, M.T., Greenway, S.L., Farris, J.L., Guerra, B. 2007. Assessing Caffeine as an Emerging Environmental Concern Using Conventional Approaches. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 54, 31–35. doi:10.1007/s00244-007-9059-4
- Öman, C.B., Junestedt, C. 2008. Chemical characterization of landfill leachates – 400 parameters and compounds. Waste Management 28, 1876-1891.
- Rahman, F., Langford, K.H., Scrimshaw, M.D., Lester, J.N. 2001. Polybrominated diphenyl ether (PBDE) flame retardants. Sci. Total Environ., 275, 1-17.
- Region Midtjylland. 2014. Erfaringer med undersøgelser af overfladenært grundvand og drængrøfter for koffein. Indlæg af Rolf Johnsen ved ATV møde 15.1.2014.
- Slack, R.J., Gronow, J.R., Voulvoulis, N. 2005. Household hazardous waste in municipal landfills: contaminants in leachate. Sci. Total Environ. 337, 119-137.

- Soares, A., Guieysse, B., Jefferson, B., Cartmell, E., Lester, J.N. 2008. Nonylphenol in the environment: a critical review on occurrence, fate, toxicity and treatment in wastewaters. 34,1033-49, doi: 10.1016/j.envint.2008.01.004.
- Stuart, M., Lapworth, D., Crane, E., Hart, A., 2012. Review of risk from potential emerging contaminants in UK groundwater. Sci. Total Environ. 416, 1–21.
doi:10.1016/j.scitotenv.2011.11.072
- Stuart, M.E., Manamsa, K., Talbot, J.C., Crane, E.J. 2011. Emerging contaminants in groundwater. British Geological Survey, Groundwater Science Programme, Open report OR/11/013.
- U.S. EPA, Toxicity and Exposure Assessment for Children's Health. 2006. Phthalates, TEACH Chemical Summary.

Lokalitet	Glemtevej	Eskelund	ESØ	ESØ	REVAS	Skårup	Viborgvej	Detektorf rekvens (%)	Koncentratio nsinterval (µg/l)	Grundvand skvalitetskri terium (µg/l)	Miljøkvalitetskra v (µg/l)
prøvetagningssted	(K8)	89.1592 (P85)	P81	P816	Brønd D	B161755 (B6-2)					
Bispevej A	16	1,4	7,8	1,5	26	320	6,8	100	1,4-320	1,1	0,1
HS Freon (11, 12, 21, 31, 113 og 133a)											
Dichlorfluormethan(F12)	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	0	l.d.	10000	l.f.
Freon 113 (F113)	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0	l.d.	l.f.	l.f.
Trichlorfluormethan(F11)	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0	l.d.	15000	l.f.
Dichlorfluormethan(HCFC-21)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	10	<0,10	14	l.d.-10	l.f.	l.f.
Chlorfluormethan(HCFC-31)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0	l.d.	l.f.	l.f.
Chlortrifluorethan(CTFE, F133a)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0	l.d.	l.f.	l.f.
HS Polære dioxaner											
1,4-dioxan	<1,0	4,3	2,8	2,5	13	5,4	<1,0	71	l.d.-13	l.f. ¹⁾	l.f.
Phthalater											
DMP	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,73	16	<0,10	29	l.d.-16	l.f.	l.f.
DEP	0,12	<0,10	<0,10	<0,10	0,71	0,5	0,2	57	l.d.-0,71	l.f.	l.f.
BBP	0,16	<0,10	<0,10	<0,10	0,13	0,43	<0,10	43	l.d.-0,43	l.f.	l.f.
DOP	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0	l.d.	l.f.	l.f.
DEHP	1,7	<0,10	0,18	<0,10	1,7	3,4	4,7	71	l.d.-4,7	l.f.	l.f.
DBP	0,28	<0,10	0,75	<0,10	1,2	4,7	0,21	71	l.d.-1,2	l.f.	l.f.
DNP	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0	l.d.	l.f.	l.f.
SUM uden DEHP	0,56	l.d.	0,75	l.d.	2,8	22	0,4	71	l.d.-22	1 ²⁾	l.f.
Legemiddelrester											
Koffein	0,46	0,17	0,047	12	7,2	0,071	0,62	100	0,047-12	l.f.	l.f.
Triclosan	0,11	<0,010	<0,010	0,87	0,7	<0,010	0,52	57	l.d.-0,87	l.f. ³⁾	l.f.
PFAS-forbindelser, 15 stoffer											
Sum af 12 stk. PFAS ⁴⁾	0,22	0,074	0,04	0,42	0,59	2,82	<0,0010	86	l.d.-2,82	0,1	l.f.
PFOS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0	l.d.	l.f.	l.f.
PFUnDa	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0	l.d.	l.f.	l.f.
PFDoDa	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0	l.d.	l.f.	l.f.
Bromerede flammehæmmere											
PBDE 47	<0,00010	<0,00020	<0,00010	<0,00010	0,0003	<0,00010	<0,00010	14	l.d.-0,0003	0,0005 ⁵⁾	l.f.
PBDE 99	<0,00010	<0,00020	<0,00010	<0,00010	0,00044	<0,00010	<0,00010	14	l.d.-0,00044	0,0005 ⁵⁾	l.f.

rode skraver angiver påvist indhold
l.f. Ikke fastlagt

l.d. Ikke detekteret

1) US EPA har beregnet en grænseværdi på 0,35 µg/l for drikkevand

2) Gælder for sum af phthalater uden DEHP

3) USA anvendes ofte et kriterium for drikkevand på 50 µg/l.

4) PFBS, PFHxS, PFOA, PFOSA, FTS 6:2, PFBA, PFReA, PFHxA, PFHpA, PFOS, PRNA, PFDA

5) Gælder for sum af 6 stoffer indtil december 2015, herefter findes ikke et generelt miljøkvalitetskra v

Nye forureningsstoffer i perkolat fra lossepladser

Udsivning af industrielle miljøfremmede stoffer som f.eks. bisphenol A, freon-forbindelser, 1,4-dioxan, phtalater m.m. fra ukontrollerede losse- og fyldpladser er i Danmark kun sparsomt undersøgt. Det er derfor uvist om stofferne udgør et problem.

Målet for Miljøprojektet har været at undersøge perkolat fra 6 lossepladser placeret i Region Midtjylland.

Undersøgelsen viser at bisphenol A, phtalater, PFAS og 1,4- dioxan generelt findes i og udvaskes fra dansk affald. De påviste indhold tyder dog ikke på, at phtalaterne og 1,4-dioxan udgør en væsentlig trussel for grundvandsressourcen, da de påviste indhold i perkolatprøverne er lave. Bisphenol A og til dels PFAS-forbindelserne er påvist i niveauer, der muligvis kan udgøre en trussel for evt. overfladevand umiddelbart ved lossepladser.



Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K

www.mst.dk