



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Punktkilders påvirkning af grundvandsressourcens kvalitet

Walter Brusch og Karen G. Villholth
GEUS

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

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.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
1 INDLEDNING	11
1.1 BAGGRUND	11
1.2 FORMÅL	11
2 UDVALGTE STOFGRUPPER	13
2.1 BESKRIVELSE AF DE UDVALGTE STOFGRUPPER	15
2.1.1 <i>Halogenerede alifatiske kulbrinter</i>	15
2.1.2 <i>Aromatiske kulbrinter</i>	17
2.1.3 <i>MTBE</i>	18
3 DATAGRUNDLAG OG METODE	21
3.1 OVERVÅGNINGSPROGRAMMER OG BORINGSTYPER	21
3.1.1 <i>Grundvandsovervågning (GRUMO + LOOP)</i>	21
3.1.2 <i>Vandværksboringer/Boringskontrol (BK)</i>	22
3.1.3 <i>Andre boringer/Andre analyser (AA)</i>	23
3.1.4 <i>Hvad repræsenterer fund i GRUMO, BK og andre boringer?</i>	24
3.2 JUPITER DATABASEN	24
3.3 METODE	25
3.3.1 <i>Landsdækkende kortlægning og analyse</i>	25
3.3.2 <i>Kortlægning og analyse i udvalgte fokusområder</i>	25
3.3.3 <i>Data til projektet</i>	25
4 PROJEKTDATABASEN	27
4.1 DATAUDTRÆK FRA JUPITER	27
4.2 SÆRLIGE DATABASES	28
4.3 ANALYSER UDEN MILJØBORINGER	29
5 LANDSDÆKKENDE ANALYSE	31
5.1 FUNDHYPPIGHEDER FOR DE UDVALGTE STOFGRUPPER	31
5.2 RESULTATER FOR DE HALOGENEREDE ALIFATISKE KULBRINTER	32
5.2.1 <i>Geografisk fordeling af fund</i>	32
5.2.2 <i>Fund af enkeltstoffer</i>	35
5.2.3 <i>Andel boringer med fund gennem tid</i>	36
5.2.4 <i>Koncentrationer gennem tid</i>	37
5.2.5 <i>Fund og gennemsnitskoncentrationer, GRUMO</i>	40
5.2.6 <i>Dybdemæssig fordeling af fund, hele datasættet</i>	42
5.2.7 <i>Redoxforhold, Jupiter og GRUMO</i>	44
5.2.8 <i>Redoxforhold, GRUMO</i>	46
5.2.9 <i>Geologi, GRUMO</i>	47
5.2.10 <i>Andel byområder, GRUMO</i>	49
5.2.11 <i>GRUMO lertykkelse</i>	51
5.2.12 <i>Delkonklusion for halogenerede alifatiske kulbrinter</i>	51
5.3 RESULTATER FOR DE AROMATISKE KULBRINTER	52
5.3.1 <i>Geografisk fordeling af fund</i>	52
5.3.2 <i>Fund af enkeltstoffer</i>	56
5.3.3 <i>Andel boringer med fund gennem tid</i>	56
5.3.4 <i>Koncentrationer gennem tid</i>	57
5.3.5 <i>Fund og gennemsnitskoncentrationer, GRUMO</i>	61
5.3.6 <i>Dybdemæssig fordeling af fund, hele datasættet</i>	62
5.3.7 <i>Redoxforhold, GRUMO</i>	65
5.3.8 <i>Geologi, GRUMO</i>	66
5.3.9 <i>Andel byområder, GRUMO</i>	67

5.3.10	<i>Delkonklusion for aromatiske kulbrinter</i>	68
5.4	RESULTATER FOR MTBE	69
5.4.1	<i>Geografisk fordeling af fund</i>	69
5.4.2	<i>Andel boringer med fund gennem tid</i>	72
5.4.3	<i>Koncentration gennem tid</i>	73
5.4.4	<i>Dybdemæssig fordeling af fund, hele datasættet</i>	74
5.4.5	<i>Delkonklusion for MTBE</i>	76
5.5	LUKKEDE BORINGER FRA MILJØSTYRELSENS DATABASE	76
6	FOKUSOMRÅDER	79
6.1	KRITERIER FOR UDVÆLGELSE AF FOKUSOMRÅDER	79
6.2	SOLHØJ OG HERNING FOKUSOMRÅDER	79
6.2.1	<i>Forureningstrussel i Solhøj fokusområde</i>	81
6.2.2	<i>Oprydningsaktiviteter i Solhøj fokusområde</i>	82
6.2.3	<i>Forureningstrussel i Herning fokusområde</i>	83
6.2.4	<i>Oprydningsaktiviteter i Herning fokusområde</i>	84
6.3	RESULTATER FRA SOLHØJ FOKUSOMRÅDE	84
6.3.1	<i>Halogenerede alifatiske kulbrinter</i>	85
6.3.2	<i>Aromatiske kulbrinter</i>	89
6.3.3	<i>MTBE</i>	89
6.4	RESULTATER FRA HERNING FOKUSOMRÅDE	91
6.4.1	<i>Halogenerede alifatiske kulbrinter</i>	91
6.5	DELKONKLUSION FOR FOKUSOMRÅDER	92
7	BEGRÆNSNINGER I DATAMATERIALET	95
8	KONKLUSIONER	97
9	ANBEFALINGER	101
10	REFERENCER	103
Bilag A	Brutto-udtræk fra Jupiter for de organiske mikroforurenende stoffer	
Bilag B	Antal analyser og analyser med positive påvisninger for alle enkeltstoffer	
Bilag C	Projektdatabasen. Enkeltstoffer analyseret mere end 3000 gange	
Bilag D	Grænseværdier for drikkevand	
Bilag E	Regionerne og de tidligere amters praksis for indberetning af vandkvalitetsdata fra miljøboringer til GEUS	

Forord

Denne rapport er resultatet af et projekt finansieret af Miljøstyrelsens Teknologiprogram for jord- og grundvandsforurening.

Projektet er et udredningsprojekt, der på baggrund af eksisterende data fra den nationale grundvandsdatabase, Jupiter, redegør for i hvilket omfang og hvordan den danske grundvandsressource er påvirket af forurening med miljøfremmede stoffer fra punktkilder.

Projektet er udført af GEUS (v. Walter Brüsich og Karen G. Villholth) og er udarbejdet i samspil med en styregruppe bestående af flg. personer:

Katrine Smith, Miljøstyrelsen
Peter Rank, Videncenter for Jordforurening
Hanne Møller Jensen, Region Sjælland
Tina Thyregod, Region Syddanmark
Claes Olsen, Region Midtjylland
Annette Dohm, Region Nordjylland
Carsten Bagge Jensen, Region Hovedstaden
John Flyvbjerg, Region Hovedstaden (formand)

Sammenfatning og konklusioner

Der er på baggrund af de seneste 25 års data i Jupiter databasen foretaget en detaljeret analyse og landsdækkende kortlægning af punktkilders påvirkning af grundvandsressourcens kvalitet, med fokus på de tre grupper af organiske mikroforureningsstoffer: *halogenerede alifatiske kulbrinter* (hovedsageligt klorerede opløsningsmidler), *aromatiske kulbrinter* (f.eks. benzen, toluen og xylene) og *MTBE* (plus dets nedbrydningsprodukter).

Datagrundlaget har omfattet et kvalitetssikret udtræk fra Jupiter af lidt under en halv million enkeltstofanalyser af organiske mikroforureningsstoffer fra forskellige boringstyper, herunder boringer fra det nationale grundvandovervågningsprogram (GRUMO), boringer fra vandværkerne og boringer til undersøgelse af grundvandsforurening, omfattende boringer fra undersøgelse og oprensning af forurenede grunde. Analyserne stammer fra i alt 14.513 boringer.

Analysen viser, at de *halogenerede alifatiske kulbrinter* er den punktkilderrelaterede stofgruppe, som er fundet oftest i grundvandet. De halogenerede alifater er således fundet i 30 % af boringerne analyseret for de pågældende stoffer, og i 12,7 % af tilfældene i en koncentration over grænseværdien for drikkevand. Boringer forurenede med halogenerede alifater forekommer først og fremmest i byområder og i størst antal i hovedstadsområdet. Der er fundet en relativ opkoncentrering af nedbrydningsprodukter fra de halogenerede alifatiske kulbrinter med dybden under terræn (bl.a. vinylchlorid). Dette kan forklares med, at nedbrydningsprodukterne er relativt sværere nedbrydelige i grundvandet end moderstofferne.

De aromatiske kulbrinter er fundet næsten lige så hyppigt som de halogenerede alifater (27 % af de undersøgte boringer), men forekommer sjældnere i koncentrationer, som overstiger kvalitetskriterierne for aromatiske kulbrinter i drikkevand (4,3 % af de undersøgte boringer). Stofferne forekommer hyppigt i byområder, men findes også i boringer i det åbne land.

MTBE findes mindst hyppigt af de tre stofgrupper (11,7 % af de undersøgte boringer) og sjældent i koncentrationer over kvalitetskriteriet (0,8 % af tilfældene).

For alle tre stofgrupper er der en tendens til, at påvirkningen og forureningen af grundvandet gennem de sidste ca. ti år er blevet mindre. Der er dog en vis usikkerhed knyttet til denne udvikling, bl.a. pga. varierende indrapportering af analysedata til Jupiter, især i forbindelse med kommunalreformen.

Det tilsyneladende fald i påvirkningen af grundvandet af punktkilder over de sidste ca. ti år kan forklares ud fra den væsentlige oprydningssindsats overfor forurenede grunde, der er sket siden 1980'erne. Desuden spiller det sandsynligvis en rolle for de observerede fald i MTBE koncentrationer, at dette stof blev udfaset i år 2000. Det er også muligt, at der er sket og stadig sker en naturlig omsætning og nedbrydning af mange af de organiske mikroforureninger i grundvandet pga. tilpasning af det mikrobiologiske miljø til disse stoffer.

Visse andre forhold omkring Jupiter databasen, som ikke er specielt designet til den gennemførte form for analyse, har gjort det svært at lave stringente og entydige analyser. Disse forhold omfatter, at der er en undervægt af monitoringsboringer (GRUMO) i byområder, hvor der er mange punktkilder, at vandværksboringer udtages fra monitoringen, hvis de er forurenede, og at der er en uensartethed i, hvad forskellige boringstyper repræsenterer ift. at monitorere grundvandskvaliteten.

Det anbefales at fastholde en fortsat effektiv grundvandsbeskyttelse, gennem oprydning af de mest forurenede punktkilder og en begrænsning af nye forureningskilder. Desuden gives enkelte anbefalinger til at tilpasse og skærpe den generelle grundvandsmonitoringsindsats overfor organiske mikroforureningsstoffer fra punktkilder.

Summary and conclusions

A detailed analysis and mapping at a national scale of the impact of point source pollution on the quality of the Danish groundwater resource have been completed. The analysis is based on data from the national groundwater Jupiter database from the recent 25 year period. Focus has been on the three groups of organic micropollutants: *halogenated aliphatic hydrocarbons*, *aromatic hydrocarbons*, and *MTBE* and its degradation products.

The data used are based on an extraction of data from Jupiter of just under half a million single component analyses of these compounds from various types of wells, including wells from the national groundwater monitoring program (GRUMO), abstraction wells from the water works, and dedicated pollution monitoring wells, comprising wells used in the investigation and cleaning of contaminated sites. The analysis stem from in total 14,513 wells.

The analysis shows that the *halogenated aliphatic hydrocarbons* is the group of point source related contaminants that are found most frequently in groundwater, in 30 % of the wells analysed for these compounds, and in 12,7 % of the cases in concentrations in excess of the established drinking water standards for these compounds. Wells contaminated with halogenated aliphatic hydrocarbons occur predominantly in urban areas and in greatest numbers in the capital area of Copenhagen. A relatively higher concentration of degradation products of the aliphatic hydrocarbons (inter alia vinyl chloride) with depth under the ground surface has been found. This can be explained by the degradation products being relatively more persistent than their mother compounds.

The *aromatic hydrocarbons* are found almost as frequently as the halogenated aliphatic hydrocarbons (27 % of the analysed wells). They occur rarely in concentrations above the drinking water standard (4.3 % of the cases). The compounds occur more evenly distributed over the country.

MTBE is found with least frequency of the three groups (11.7 % of the analysed wells) and seldom in concentrations exceeding the drinking water standards (0.8 % of the cases).

For all three groups of contaminants, there is a tendency for the concentrations in groundwater, averaged over the whole country, to decrease over the last decade. The apparent decline in the impact of point sources on groundwater contamination over the last decade can be explained by the significant clean-up efforts towards polluted sites since the 1980s and e.g. the phasing-out of MTBE in gasoline since 2000. The declining trends can also partially be explained by natural adapted degradation and attenuation in the groundwater. For the halogenated aliphatic hydrocarbons, the trend is more recent and possibly influenced by varying and missing reporting of water analysis results to the Jupiter database, particularly in connection with the institutional reform in Denmark in 2007.

Certain other aspects related to the Jupiter database, which is not designed for this type of analysis, have made it difficult to make stringent conclusions, among these an underrepresentation of monitoring wells in urban areas where there are many point sources, removal of abstraction wells from the monitoring program if they become polluted, and the difference in what the various well types represent in terms of monitoring groundwater quality.

It is recommended to maintain an effective groundwater protection, through cleaning of the most polluted sites and a reduction of new pollution sources. In addition, simple recommendations for the adaptation and strengthening of the general monitoring efforts towards organic micropollutants from point sources are put forward.

1 Indledning

1.1 Baggrund

Der har igennem en lang årrække været stor bevågenhed omkring jord- og grundvandsforurening og sundhedsrisici fra organiske mikroforureninger i Danmark.

Siden 1980'erne har regionerne og før dem amterne således opsporet, undersøgt, risikovurderet og oprenset forurenede lokaliteter (punktkilder). Derudover er der undersøgt og oprenset et stort antal grunde af Oliebranchens Miljøpulje, Forsvaret, erhvervsvirksomheder og private grundejere. Formålet med denne indsats har bl.a. været at beskytte grundvandsressourcerne mod forurening med miljøfremmede stoffer. Det er især miljøfremmede stoffer som klorerede opløsningsmidler samt olie- og benzinstoffer, der har været i fokus i forbindelse med punktkilderne.

Der er afsat store summer på de offentlige budgetter til denne opgave over en lang årrække. Der er lavet effektvurderinger af forureninger og også af de oprensninger, der er blevet iværksat. Her er der primært fokuseret på nærmiljøet omkring forureningerne. Selv om indsatsen har været prioriteret i forhold til potentielle risici for grundvandet og aktuel og fremtidig anvendelse af grundvandsressourcen, har der imidlertid ikke været en systematisk effektvurdering af indsatsen overfor grundvandsressourcen og drikkevandskvaliteten i bred forstand. En sådan vurdering har været udenfor rammerne af de enkelte oprensningsprojekter. Der har dog været forsøg og forslag fremme til at optimere oprensningsindsatsen i forhold til en bredere ressourcemæssig betragtning (Trolborg et al., 2008).

Samtidig med undersøgelses- og oprydningssindsatsen er der indsamlet store mængder data vedr. grundvandets påvirkning med forurening fra bl.a. punktkilder. Disse data omfatter vandanalyser fra vandværkernes indvindingsboringer, fra grundvandsovervågningen i det landsdækkende overvågningsprogram for vandmiljøet samt fra undersøgelses- og overvågningsboringer etableret i forbindelse med forureningsundersøgelser. GEUS er det nationale center for grundvandskemiske data og samler indberettede data fra miljømyndigheder, vandforsyninger og andre i grundvandsdatabase Jupiter¹.

I forbindelse med GEUS' årlige rapportering vedr. den nationale grundvandsovervågning foreligger der korte opsummeringer af fund af mikroforureninger i grundvandet på landsplan på baggrund af dette store datamateriale. En mere dyberegående analyse af dette meget store datasæt har dog hidtil ikke været foretaget - herunder en analyse af hvilke faktorer, som har betydning for tilstedeværelsen af miljøfremmede stoffer i grundvandet samt hvilken udvikling man hidtil har set og fremover kan forvente mht. grundvandets indhold af miljøfremmede stoffer fra punktkilderne.

1.2 Formål

Det overordnede formål med denne rapport er at fremme og bidrage til den eksisterende viden omkring forekomsten og udviklingen i samme af udvalgte organiske mikroforureninger i grundvandet på landsplan i Danmark. Det er endvidere et overordnet formål, at denne viden skal kunne anvendes i forbindelse med den fremtidige planlægning af indsatsen overfor grundvandstruende punktkilder. Desuden har det været hensigten, at maksimere den information og viden, der kan udtrages af allerede eksisterende datamateriale, primært fra GEUS' Jupiter database og endelig at udtrage konklusioner og anbefalinger mht. videre indsamling af viden og data på området.

De specifikke formål med projektet har været med udgangspunkt i eksisterende grundvandsdata fra GEUS database JUPITER og øvrig viden at undersøge:

- Hvilke informationer kan der udtrages af de tilgængelige data vedr. punktkilders påvirkning af grundvandsressourcen?
- Hvordan forventes den fremtidige udvikling af grundvandskvaliteten at blive på baggrund af den nuværende viden om punktkildernes påvirkning af grundvandsressourcen?
- Har den hidtidige indsats overfor punktkilderne haft en målbar effekt på grundvandskvaliteten?

¹ <http://jupiter.geus.dk/>

2 Udvalgte stofgrupper

Undersøgelsen har fokuseret på de følgende tre grupper af organiske mikroforureningsstoffer:

- **Halogenerede alifatiske kulbrinter** (hovedsageligt klorerede alifatiske kulbrinter)
- **Aromatiske kulbrinter** (benzen, toluen, xylener, ethylbenzen og naphtalen)
- **MTBE** (samt de to nedbrydningsprodukter TBA og TBF).

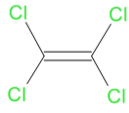
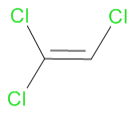
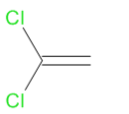
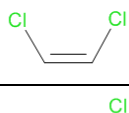
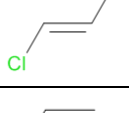
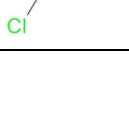
De to første grupper omfatter mange forskellige, men indenfor gruppen kemiske set relaterede stoffer, mens den sidste (MTBE) er et enkeltstof (methyl-tert-butylether) samt to nedbrydningsprodukter heraf (TBA tert-butylalkohol og TBF tert-butylformiat).

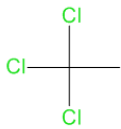
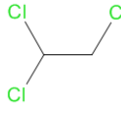
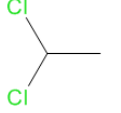
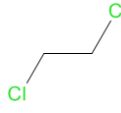
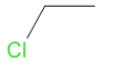
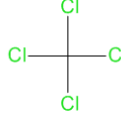
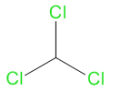
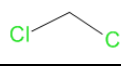

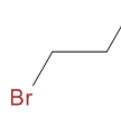
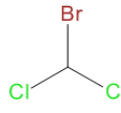
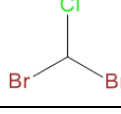
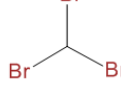
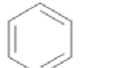
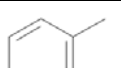
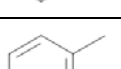
Tabel 2.1 indeholder en liste over de miljømæssigt set vigtigste enkeltstoffer og nedbrydningsprodukter, der indgår i de tre stofgrupper.

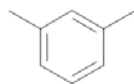
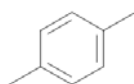
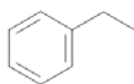
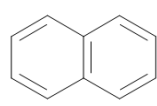


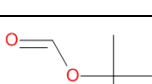
Kriterierne for at udvælge disse stofgrupper har været følgende:

- Stofferne er velkendte og har været anvendt i stort omfang i en længerevarende årrække i forskellige industrielle og fabrikationsmæssige sammenhænge samt i forbindelse med energiforsyning og transport
- Stofferne og deres nedbrydningsprodukter er de hyppigst fundne forureninger i grundvandet omkring punktkilder i Danmark
- Stofferne er potentielt miljø- og sundhedsskadelige og der er derfor strenge krav til, hvor meget af disse stoffer grundvand og drikkevand maksimalt må indeholde
- Stofferne stammer primært fra humane og industrielle anvendelser og kan ikke forveksles med andre stofgrupper eller stoffer med anden oprindelse eller anvendelse (måske bortset fra chloroform)

Tabel 2.1 Vigtigste enkeltstoffer og nedbrydningsprodukter, der indgår i undersøgelsen (C- og H-atomer er ikke vist direkte i de kemiske strukturformler)

Stofgruppe Enkelstof/nedbrydnings produkt	Kemisk strukturformel	Trivialnavn	Forkor- telse	CAS nr.
Halogenerede alifatiske kulbrinter				
Tetrachlorethylen		perchlorethylen	PCE	127-18-4
Trichlorethylen		-	TCE	79-01-6
1,1-Dichlorethylen		vinylidendichlorid	1,1-DCE	75-35-4
cis-1,2-Dichlorethylen		-	c-1,2-DCE	156-59-2
trans-1,2-Dichlorethylen		-	t-1,2-DCE	156-60-5
Chlorethylen		vinylchlorid	VC	75-01-4

Stofgruppe Enkelstof/nedbrydnings produkt	Kemisk strukturformel	Trivialnavn	Forkor- telse	CAS nr.
1,1,1-Trichlorethan		-	1,1,1-TCA	71-55-6
1,1,2-Trichlorethan		-	1,1,2-TCA	79-00-5
1,1-Dichlorethan		ethylidendichlorid	1,1-DCA	75-34-3
1,2-Dichlorethan		ethylenchlorid	1,2-DCA	107-06-2
Chlorethan		ethylchlorid	-	75-00-3
Tetrachlormethan		tetrakulstof	TeCM	56-23-5
Trichlormethan		chloroform	TCM	67-66-3
Dichlormethan		metylenchlorid	DCM	75-09-2
Chlormethan		methylchlorid	CM	74-87-3
1,2-Dibromethan		-	-	106-93-4
Dichlormonobrommethan		-	-	75-27-4
Dibrommonochlormethan		-	-	
Tribrommethan		bromoform		75-25-2
Aromatiske kulbrinter				
Benzen		-	-	71-43-2
Toluen		-	-	108-88-3
o-Xylen		-	-	96-47-6

Stofgruppe Enkelstof/nedbrydnings produkt	Kemisk strukturformel	Trivialnavn	Forkor- telse	CAS nr.
m-Xylen		-	-	108-38-3
p-Xylen		-	-	106-42-3
Ethylbenzen		-	-	100-41-4
Naphthalen		-	-	91-20-3
MTBE				
Methyl-tert-butylether		-	MTBE	1634-04-4
Tert-butylalkohol		-	TBA	75-65-0
Tert-butylformiat (skrives også som Tert-butylformat)		-	TBF	762-75-4

I rapporten anvendes for øget læsbarhed primært de i Tabel 2.1 angivne forkortede navne eller trivialnavnene for enkeltstofferne. Da langt hovedparten af de halogenerede alifatiske kulbrinter af interesse i denne sammenhæng indeholder klor, og ikke brom, kaldes denne gruppe også for de klorerede alifatiske kulbrinter, eller bare kort *klorerede alifater*. Ligeledes betegnes de aromatiske kulbrinter i denne rapport kort *aromater*. Med undtagelse af naphthalen er disse alle monoaromatiske, altså bestående af én aromatisk ring.

2.1 Beskrivelse af de udvalgte stofgrupper

I dette afsnit gives en kortfattet oversigt over de tre udvalgte stofgrupperes miljømæssige egenskaber med fokus på stoffernes mobilitet og nedbrydelighed i grundvandsmiljøer. Der findes en del litteratur om emnet. Her henvises primært (og hvis ikke andet anført) til Miljøstyrelsens rapport 'Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand' (Miljøstyrelsen, 1996).

2.1.1 Halogenerede alifatiske kulbrinter

De halogenerede alifatiske kulbrinter omfatter en gruppe af stoffer, som primært har været anvendt som opløsnings- og affedtningsmidler. Ofte bruges betegnelsen klorerede opløsningsmidler i daglig tale, da den største gruppe af disse stoffer indeholder halogenet klorid.

De klorerede opløsningsmidler har været anvendt igennem en lang årrække i Danmark i udbredte industrier, så som metal-, elektronik-, og maler- og lakindustrien. Desuden er de brugt til kemisk tøjrensning, galvanisering og kølemidler. I 1989 var forbruget i Danmark ca. 4000 tons, fordelt primært på PCE og TCE. Forbruget er faldet stærkt siden på baggrund af en erkendelse af stoffernes uheldige miljømæssige egenskaber (Tabel 2.2). Stofferne er tilført jorden ved spild og nedgravning af rester på industrigrunde og ved udsivning fra kloaker, fyld- og lossepladser m.v.. Tidligere tiders noget lemfældige anvendelse betyder, at disse stoffer og deres nedbrydningsprodukter kan findes mange steder i Danmark.

Tabel 2.2 Forbrug af PCE i Danmark (Jensen, 2008)

År	Forbrug, tons/år
1968	3200
1988	400
2006	65

Mht. stoffernes skadelige virkninger er det primært den potentielt carcinogene effekt af nogle af stofferne, (vinylchlorid, 1,2-dichlorethan og trichlorethylen) som vækker bekymring.

De klorerede alifater er relativt flygtige og de fleste af dem er i ren form tungere end vand. Det har betydning for eksponering og udbredelsesveje i jord og grundvand. Stofferne har således påvirkning gennem fordampning til bygninger og kan samtidig trænge langt ned i grundvandet som fri synkende fase, hvorfra de frigives på opløst form til grundvandet over en længere tidshorizont. Generelt bindes de halogenerede alifater ikke særligt kraftigt til jord og akvifermateriale.

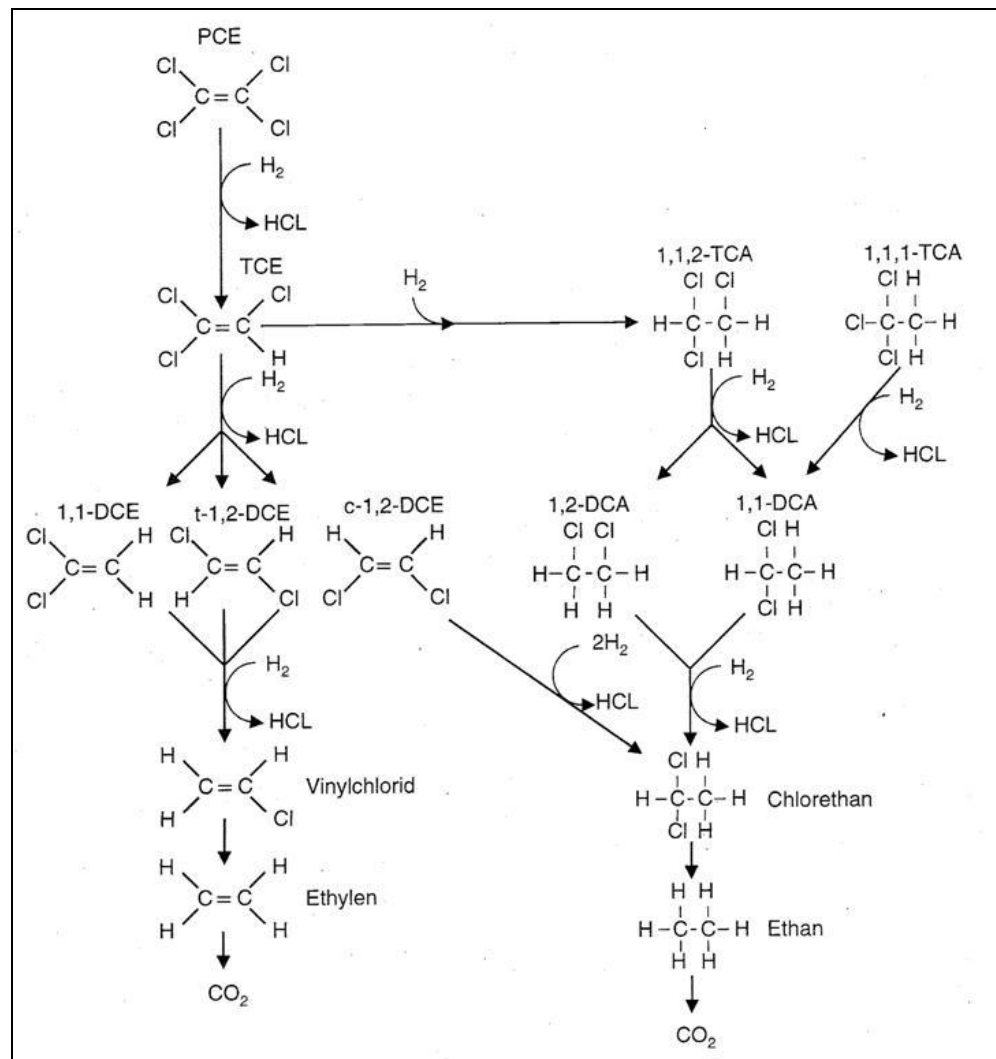
De halogenerede alifater er som hovedregel svært nedbrydelige, men kan nedbrydes i grundvandet, primært via biologiske processer, som er afhængige af redoxforholdene. Styrende er også tilstedeværelsen af forskellige sekundære energi- og kulstofkilder, som indgår i en co-metabolisk nedbrydning af de klorerede stoffer. Næringsalte kan også være afgørende.

Under anaerobe (methanogene) forhold er nedbrydningshastigheden fundet at falde med faldende antal kloratomer i de klorerede forbindelser. Dette bevirker, at nedbrydningsprodukter under anaerobe forhold kan ophobes relativt til udgangsstofferne. Specielt vinylchlorid er fundet at være mere persistent end sine udgangsstoffer.

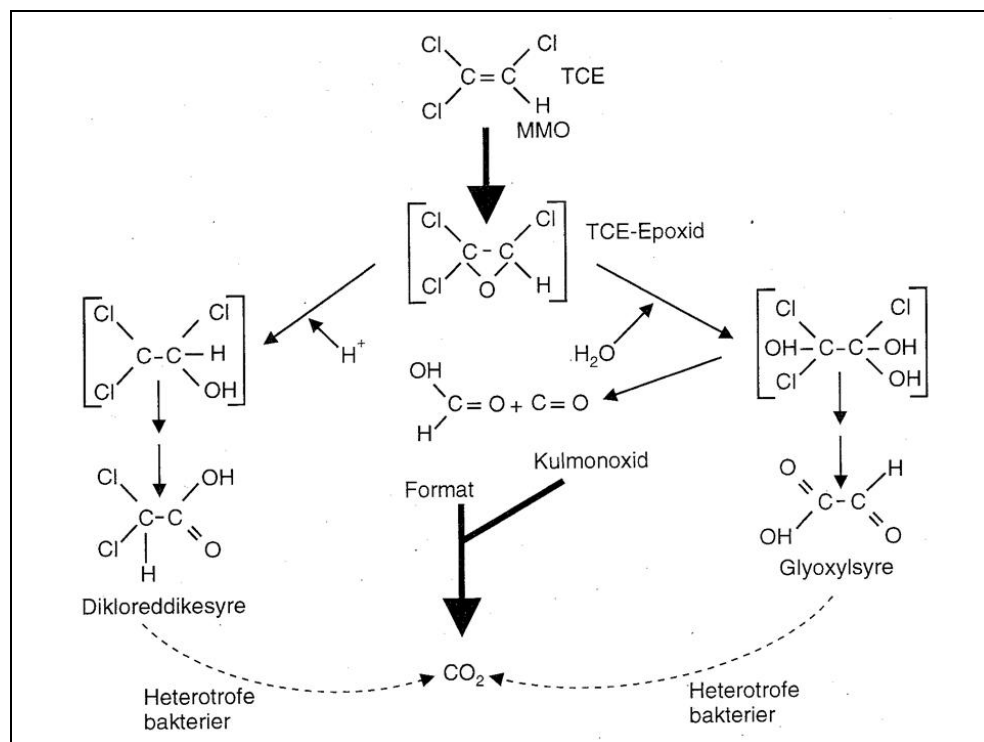
Under aerobe forhold er nedbrydningen af de klorerede alifater langsommere, mere styret af abiotisk nedbrydning eller af co-metaboliske processer og sker mere jævnt for alle stofferne uafhængig af antal kloratomer.

Nedbrydningen foregår formentlig hurtigere, når stofferne er opløst end når de findes i fri fase.

Figur 2.1 og Figur 2.2 viser nedbrydningsvejene for PCE, TCE og TCA under henholdsvis anaerobe (methanogene) og aerobe forhold. Det ses, at nedbrydningskæderne involverer stoffer og mellemprodukter, der også er halogenerede alifater, idet nedbrydningen primært foregår ved at kloratomerne successivt spaltes fra og erstattes af brintatomer.



Figur 2.1 Anaerob nedbrydning af PCE, TCE og TCA (Miljøstyrelsen, 1996)



Figur 2.2 Aerob co-metabolisk nedbrydning af TCE (Miljøstyrelsen, 1996)

2.1.2 Aromatiske kulbrinter

De aromatiske kulbrinter, som indgår i denne undersøgelse, findes bl.a. i olie- og tjæreprodukter. Forbruget af benzin og forskellige former for brændstoffer (diesel, dieselolie, jet fuel og fyringsolie) var i 2000 af størrelsesordenen 9.100.000 tons, mens det i 2010 var 8.300.000 tons². Der har tidsligere været et stort potentiale for grundvandsforurening fra disse stoffer, dels fra spild i forbindelse med brug og tankning af olie og benzin, men også i høj grad fra lækage fra nedgravede opbevaringstanke i forbindelse med private husstande, benzinstationer og -anlæg samt gasværksgrunde. Kilderne til de aromatiske kulbrinter er således fyld- og lossepladser, olie- og benzinanlæg, asfalt og tjærevirksomheder, gamle gasværker m.v..

Benzen og de øvrige monoaromatiske kulbrinter er relativt flygtige, vandopløselige og sorberes ikke nævneværdigt i grundvandsmiljøet. De transporteres således let i både gasfase og opløst i vand og spredes let i miljøet. Denne gruppe stoffer benævnes også kort for BTEX (B: benzen, T: toluen, E: ethylbenzen og X: xylener).

Mikrobiel nedbrydning af BTEX og naphtalen foregår under såvel aerobe som anaerobe forhold. Den aerobe nedbrydning er afhængig af mikroorganismernes evne til at producere enzymer, der kan introducere ilt i den aromatiske ring. Nedbrydelighed og nedbrydningshastigheder under anaerobe forhold er mere stofspecifik end under aerobe forhold. Således er benzen tilsyneladende mere persistent end toluen, xylenerne og ethylbenzen, specielt under anaerobe forhold, hvilket indikerer, at den substituerede del af benzen-ringen, som alle stofferne har undtagen benzen, er vigtig for initiering af nedbrydningen. Nedbrydningen, som kan være co-metabolisk, foregår formentlig hurtigere, når stofferne er opløst end når de findes i fri fase.

I forbindelse med modellforsøg i aerobt grundvand er første ordens nedbrydningskonstanten, k , for benzen bestemt til 0,005/døgn og den anaerobe nedbrydning til 0,002/døgn (Holm et al., 2007). Disse resultater bekræfter den almindelige opfattelse, at benzen normalt nedbrydes langsommere anaerobt. Harrekilde et al. (2003), bruger andre konstanter: Overvejende oxiderede forhold: $k = 0,01/\text{døgn}$, overvejende reducerede (dvs. anaerobe) forhold: $k = 0,001/\text{døgn}$. Også disse nedbrydningskonstanter viser, at benzen er noget hurtigere nedbrydelig under aerobe forhold.

Tabel 2.3 viser, hvordan forskellige aromater menes nedbrudt under forskellige redoxforhold. Det fremgår, at alle stoffer kan nedbrydes under aerobe forhold, mens omsætningen ikke sker eller er langsommere under anaerobe forhold.

² <http://www.eof.dk/Priser-og-Forbrug/Benzin-forbrug.aspx>

Tabel 2.3 Aromatiske kulbrinter og nedbrydelighed under forskellige redoxforhold. Gulamhusein et al. (2002)

Bionedbrydning	Benzen	Toluen	Ethylbenzen	O/m/p- xylener
¹⁾ Miljø	Jord	Jord	Mangler data	Jord
¹⁾ Initieringskonc Mg/L	0,613	0,547	Mangler data	0,257/0,0002- 0,5/0,5
Redoxforhold	Methanogen	Meth.	Nitrat reducerende	Meth./aerob- nitrat red./nitrat red.
¹⁾ Optimal temperatur	17°C	17°C	Mangler data	17°C/20°C/20°C
³⁾ Bionedbrydelse ved forskellige redoxforhold				
Aerob, O ₂ -reduktion	+	+	+	+/+/+
Anaerob NO ₃ -reduktion	*	+	+?	*/*/*
Anaerob SO ₄ -reduktion	?	?	?	?/?/?
Anaerob CH ₄ -dannelse	*	*	*	*/?/?

++: let nedbrydeligt, +?: muligvis nedbrydeligt, *: svært nedbrydeligt, ?: ikke undersøgt

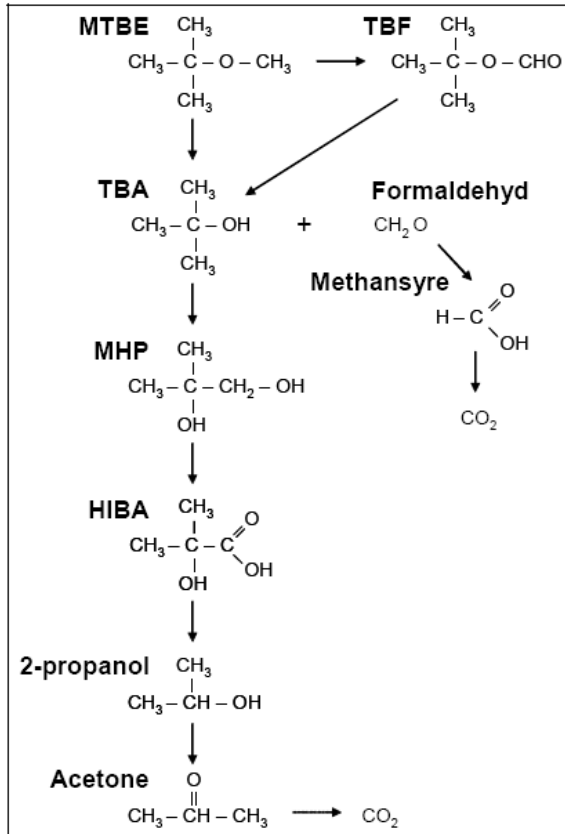
2.1.3 MTBE

I Danmark blev MTBE (methyl-tert-butylether) i perioden 1985 - 2000 anvendt som oktantalforbedrende tilsætningsstof og dermed som erstatning for bly i benzin. De samlede mængder anvendt i 1990 var omkring 100.000 tons, mod ca. 8.000 tons i 1998 (Juhler og Felding, 2001). Benzin kan indeholde op til 10 % (w/w) af stoffet. De vigtigste kilder til forurening af grundvandet med MTBE er benzintanke, herunder tankstationer, og spild fra benzintransport.

MTBE har en relativ høj vandopløselighed og tilbageholdes ikke i nævneværdig grad på jord og akvifer-materialer. Stoffet spredes derfor let i grundvandet. Derudover er MTBE relativt svært nedbrydeligt under anaerobe forhold. MTBE er ikke sundhedsskadeligt i de koncentrationer, der typisk findes i grundvand, men MTBE har en kraftig lugt og smag, som gør forurenede vand udrikkeligt i selv meget lave koncentrationer. MTBE blev optaget på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer i år 2000 (Skatteministeriet et al., 2000). Grænseværdien for MTBE i grundvandet blev i 2003 nedsat fra 30 til 5 µg/l (Harrekilde et al., 2003).

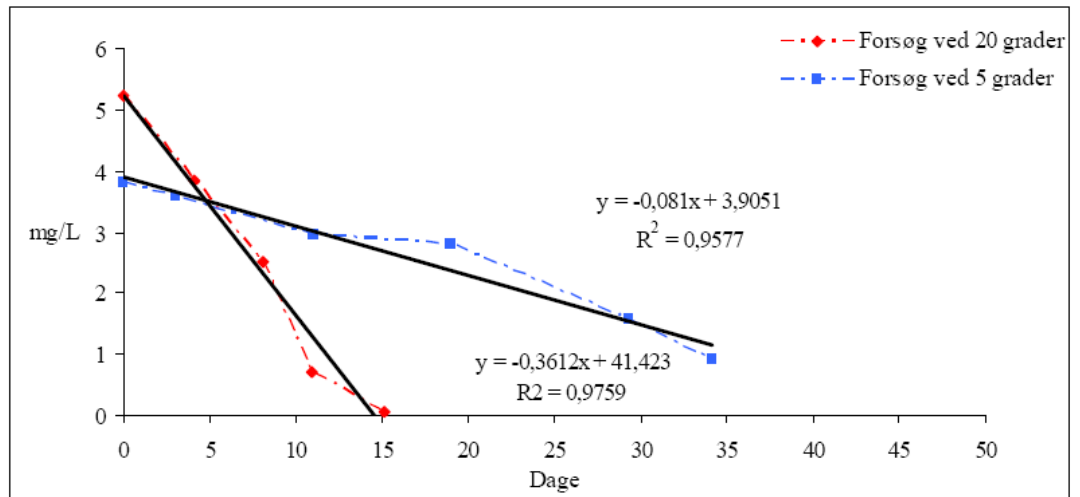
MTBE fik meget bevågenhed, da spor af det blev fundet i grundvandet herhjemme i 1997, og stoffet blev betragtet som en tikkende bombe under grundvandet og drikkevandet. Miljøstyrelsen udarbejdede i 1998 en handlingsplan for MTBE med en række anbefalinger til reduktion af miljøbelastningen, bl.a. ved at undersøge mulighederne for erstatning af MTBE i benzin, overvåge indholdet i grundvandet, fremme udviklingsprojekter for at finde velegnede metoder til at fjerne jord- og grundvandsforurening med MTBE, indføre skrappe krav til indretningen af benzinstationer og kontrol af benzintanke, differentiere benzinafgiften, og indføre oplysningskampagner for at formindske brug af høj-oktan benzin med MTBE.

Siden 1994 har en lang række udenlandske studier påvist mikrobiologisk nedbrydning af MTBE under forskellige redox-forhold. MTBE nedbrydes aerobt delvist til tert-butylalkohol (TBA) og tert-butylformiat (TBF) (Figur 2.3). TBA er mere toksisk end MTBE (bl.a. carcinogent), men til gengæld lettere nedbrydeligt (Amternes Videncenter for Jordforurening, 2001). Det vurderes, at længere tids eksponering for MTBE er en væsentlig forudsætning for, at der naturligt findes primære MTBE-nedbrydere, mens aerob co-metabolisk nedbrydning af MTBE tilsyneladende er forholdsvist udbredt (Loll et al., 2007).



Figur 2.3 Aerob nedbrydningsvej for MTBE (Lall et al., 2007)

Figur 2.4 viser, at MTBE kan nedbrydes relativt hurtigt i aerobt grundvand, selv ved 5 °C, hvor der sker en halvering af MTBE koncentrationen efter 25 døgn. (Jørgensen og Mortensen, 2007).



Figur 2.4 Fald i koncentration af MTBE under nedbrydning ved hhv. 5°C og 20°C i aerobt grundvand. (Jørgensen & Mortensen, 2007)

3 Datagrundlag og metode

3.1 Overvågningsprogrammer og boringstyper

Datagrundlaget for nærværende undersøgelse består af kemiske analyser af grundvandet indhold af de udvalgte organiske mikroforureninger samt en række andre parametre i prøver udtaget fra forskellige typer af grundvandsboringer. Disse boringer omfatter overvågningsboringer i det nationale grundvandsovervågningsprogram (GRUMO), aktive vandindvindingsboringer samt boringer fra forureningsundersøgelser (miljøboringer) og andre typer grundvandsundersøgelser, lukkede vandforsyningsboringer, små private indvindingsboringer/brønde m.v. Nedenfor er en nærmere beskrivelse af de forskellige kategorier af boringer.

3.1.1 Grundvandsovervågning (GRUMO + LOOP)

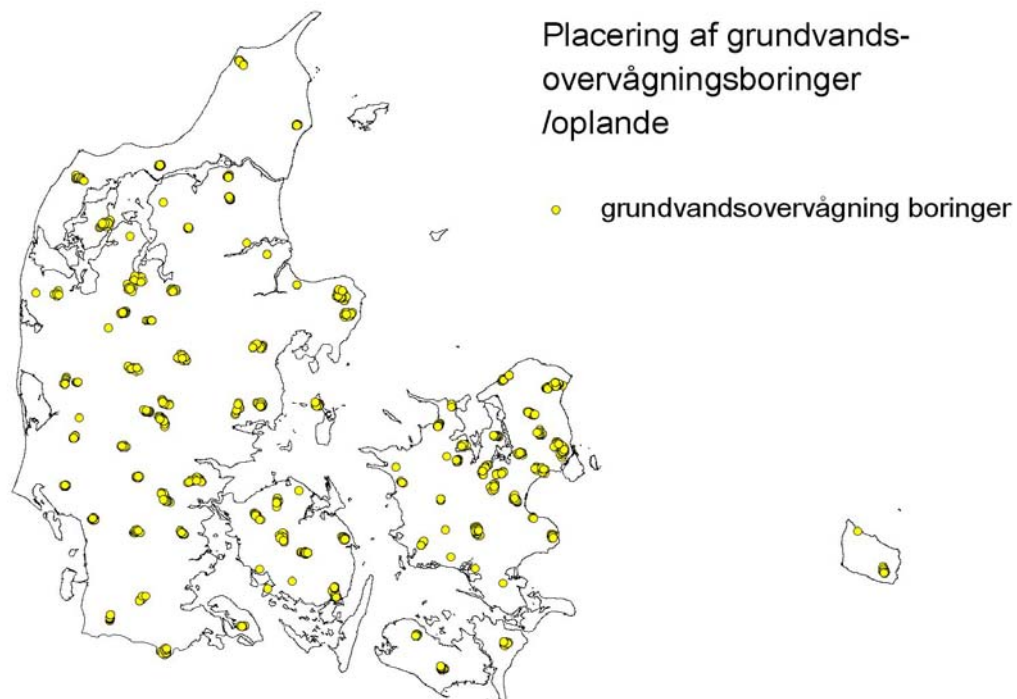
Den landsdækkende grundvandsovervågning er en del af det nationale overvågningsprogram for vandmiljøet, NOVANA. Programmet blev iværksat som en konsekvens af vedtagelsen af Vandmiljøplanen i 1987 (VAMP), med det hovedformål at registrere grundvandet belastning med kvælstof og fosfor samt vurdere virkningerne af ændringer i næringsstofbelastningen, som VAMP tiltag ville medføre (Jørgensen og Stockmarr, 2009).

Grundvandsovervågningen (GRUMO) har generelt som mål at følge udviklingen i grundvandsressourcens kvalitet og størrelse for også i fremtiden at kunne sikre Danmarks befolkning drikkevand af god kvalitet. Der blev i 1989 etableret 70 mindre grundvandsovervågningsområder (fra 0,1 til 35 km² hver), som systematisk overvåger grundvandskvaliteten ved hjælp af en bestemt konfiguration af boringer. Disse områder er udbygget med omkring 22 overvågningsindtag fordelt i hovedgrundvandsmagasinet med en overvejende horisontal strømning (linie-moniterende boringer), øvre sekundære grundvandsmagasiner med en nedadgående strømning (punktmoniterende boringer) og én indvindingsboring (volumenmoniterende boring), der overvåger det grundvand, der anvendes til drikkevandsproduktion.

Grundvandsovervågningen omfatter i alt ca. aktive 1400 indtag, der alle er vurderet som egnede til analyse for grundvandet hovedbestanddele (hovedsageligt naturligt forekommende makro-ioner). Heraf er ca. 800 indtag egnede til analyse for specielle parametre som uorganiske sporstoffer, pesticider og andre organiske mikroforureninger. Siden 2004/2007 er en række af disse områder lukket, og i dag er ca. 50 af dem i drift. Den geografiske placering af GRUMO boringer er vist i Figur 3.1.

Landovervågningsoplade (LOOP): Grundvandsovervågningen omfatter også udtagning af vandprøver i landovervågningsområderne (LOOP), hvor der bl.a. analyseres for pesticider. Vandprøverne er udtaget fra højtliggende grundvand under konventionelt dyrkede marker i fem områder, hvor kvaliteten af det helt nydannede grundvand overvåges i indtag som ligger 1,5 - 5 mut (m under terræn).

GRUMO og LOOP blev tidligere drevet af amterne, men drives nu af Naturstyrelsen.



Figur 3.1 Placering af grundvandsovervågningsboringer. Alle grundvandsovervågningsboringer og oplande er medtaget inkl. nedlagte boringer og oplande. Der er i perioden 1999 - 2009 undersøgt 1568 indtag fra 1047 boringer, hvoraf ca. 1400 indtag i dag er aktive

3.1.2 Vandværksboringer/Boringskontrol (BK)

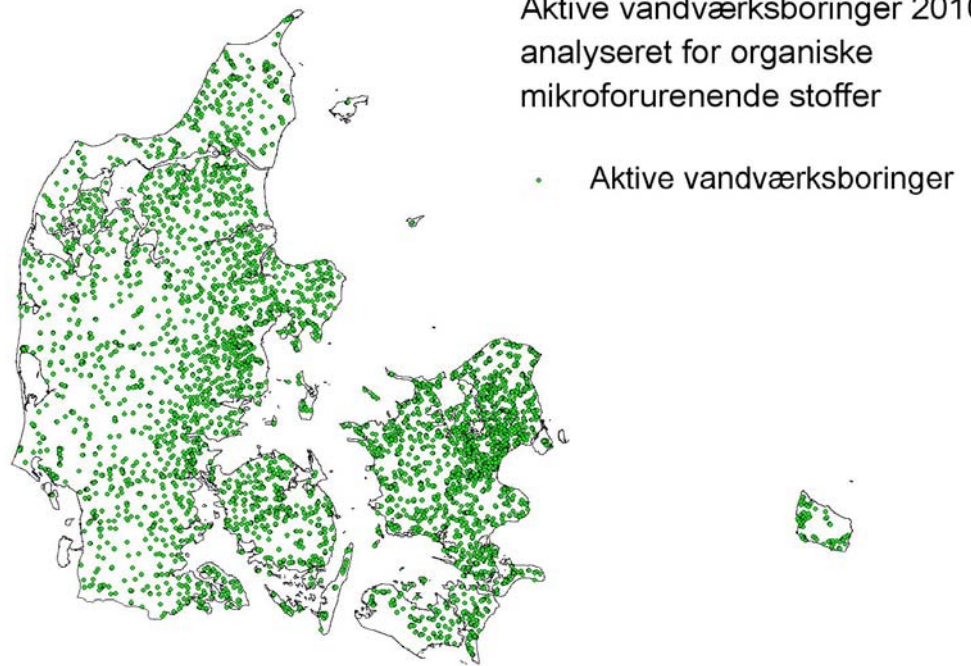
I Miljøministeriets bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg er der siden 1989 stillet krav til vandværkerne om overvågning af det grundvand, der indvindes fra vandværkernes boringer. Analysehyppigheden afhænger af den producerede vandmængde på vandværket:

- Vandforsyningsanlæg, som indvinder under 3.000 m³ pr år, kontrolleres ikke for organiske mikroforurende stoffer
- Boringer til anlæg, som indvinder mellem 3.000 og 35.000 m³ pr år kontrolleres hvert 5. år,
- Boringer til anlæg, som indvinder mellem 35.000 og 1.500.00 m³ pr år kontrolleres hvert 4. år, og
- Boringer til anlæg, som indvinder over 1.500.00 m³ pr år, kontrolleres hvert 3. år.

Boringskontrollen udføres over tid i et skiftende antal boringer, da vandforsyningsboringer af forskellige årsager, f.eks. tekniske problemer, forureninger m.v., udgår af indvindingen og muligvis erstattes med nye indvindingsboringer. BK omfatter kun vandværksboringer, hvor der i de sidste 5 år er indvundet grundvand til drikkevandsproduktion.

Figur 3.2 viser placeringen af de aktive indvindingsboringer, som i 2010 blev analyseret for indhold af organiske mikroforureninger.

Aktive vandværksboringer 2010 analyseret for organiske mikroforurenende stoffer



Figur 3.2 Placering af aktive vandværksboringer analyseret for organiske mikroforurenende stoffer i 2010. 6287 boringer med UTM koordinater

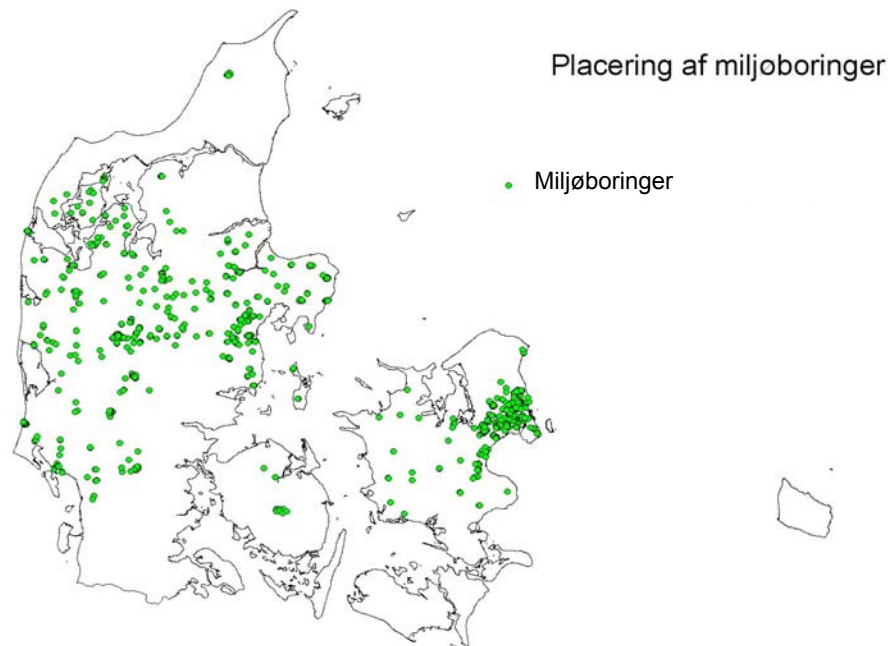
Vandværkernes boringskontrol foretages i indvindingsboringer hvor grundvandet indvindes fra filterintervaller fra ca. 5 til mere end 50 m, mens monitoringsfiltre i grundvandsovervågningen (GRUMO) ofte er 0,15 til 1 m lange. De udtagne råvandsprøver fra vandindvindingsboringer vil derfor altid bestå af blandingsprøver, som ikke kan relateres til bestemte lag i de grundvandsmagasiner, hvorfra der indvindes grundvand. Vandprøver fra indvindingsboringer kan derfor repræsentere grundvand fra forskellige grundvandstyper med en meget forskellig alder.

3.1.3 Andre boringer/Andre analyser (AA)

Denne kategori af boringer omfatter miljøboringer (boringer etableret i forbindelse med forureningsundersøgelser og lossepladsundersøgelser samt afværgeboringer), boringer og brønde fra små private vandforsyningsanlæg, vandværkernes egne monitoringsboringer, nedlagte vandværksboringer, mm.

Når vandværkerne ophører med indvinding af råvand fra indvindingsboringer som følge af fund af f.eks. organiske mikroforurenende stoffer, nedbrydningsprodukter eller af andre årsager, overføres boringerne i forbindelse med indberetningen til gruppen 'Andre boringer', der tidligere blev kaldt "Andre Analyser". 'Andre boringer' omfatter også private markvandingsboringer, vandværkernes overvågningsboringer, afværgeboringer, boringer gennemført i forbindelse med forureningsundersøgelser samt boringer og brønde, fra en undersøgelse af 628 små private vandforsyningsanlæg, som indvinder grundvand fra højtliggende grundvandsmagasiner m.m. (Brüsch et al., 2004).

Figur 3.3 viser placeringen af miljøboringer fra forskellige forureningsundersøgelser, som er indberettet til Jupiter. Som det ses af figuren, er miljøboringerne ikke jævnt fordelt over landet. Hovedparten af boringerne på kortet findes således i hovedstadsområdet og i Midtjylland. Denne skæve fordeling skyldes bl.a., at der ikke er indberettet miljøboringer fra hele landet (se også Afsnit 8 og Bilag E for en nærmere beskrivelse af denne problemstilling).



Figur 3.3 Placering af miljøboringer. 1580 boringer med UTM koordinater

3.1.4 Hvad repræsenterer fund i GRUMO, BK og andre boringer?

Antallet af analyserede stoffer pr vandprøve er ofte ens i prøver udtaget i GRUMO, mens antallet af analyserede stoffer kan variere meget i vandprøver udtaget ved vandværkernes boringskontrol.

Når der udtages vandprøver fra grundvandsovervågningsfiltre udtages der kun små mængder grundvand, og de analyserede vandprøver repræsenterer derfor kemien i et bestemt punkt i grundvandsmagasinerne til en bestemt tid. Dette er ikke tilfældet for vandværksboringer, hvorfra der indvindes store vandmængder. Ved vandværkernes råvandskontrol udtages vandprøverne fra boringer i drift, og disse vandprøver repræsenterer derfor blandingsvand, der kan stamme fra store oplande.

Findes der f.eks. organiske mikroforureninger eller nedbrydningsprodukter i vandprøver udtaget fra vandværksboringer, der indvinder store vandmængder, betyder disse fund derfor enten, at store dele af grundvandsmagasinerne er forurenede, eller at stofferne stammer fra nærliggende kilder med så høje koncentrationer, at stofferne kan genfindes i indvindingsvandet.

Vandprøver fra miljøboringer repræsenterer oftest grundvandets indhold af forureningsstoffer tæt på forureningskilderne, idet formålet med miljøboringerne er at lokalisere, karakterisere og afgrænse grundvandsforureninger. Miljøboringerne repræsenterer derfor som hovedregel de områder af grundvandsmagasinerne, som er mest påvirkede af grundvandsforurening.

3.2 Jupiter databasen

GEUS er nationalt datacenter for monitorings- og vandkvalitetsanalyser for grundvand og drikkevand. Alle eksisterende oplysninger om boringer, herunder dem, hvor der er udtaget vandprøver og gennemført analyser, er registreret i den fællesoffentlige database for geologi, grund- og drikkevand Jupiter. I basen findes enkelte vandprøver, der er udtaget i 1960'erne, men først fra anden halvdel af 1980'erne indsamles analyserede data mere systematisk. Analyserede data i databasen stammer fra:

- Det nationale grundvandsovervågningsystem (GRUMO)
- Boringskontrollen (BK)
- Andre boringer/Andre analyser (AA)

Jupiter databasen indeholder desuden oplysninger om boringer, pejlinger (trykniveau i boringerne), grundvandskemi, og drikkevandskemi og omfatter oplysninger om ca. 230.000 boringer i Danmark.

Det nationale grundvandsovervågningsystem (GRUMO) drives af Naturstyrelsen, som også godkender og kvalitetssikrer analyser fra GRUMO, der løbende indsendes til GEUS fra laboratorierne.

GEUS modtager analyserne direkte fra laboratorierne, også de kontrolanalyser som vandværkerne gennemfører i forbindelse med Boringskontrollen af vandindvindingsboringer og af vandværkernes egne monitoringsboringer. Det er kommunerne, der godkender og kvalitetssikrer disse analyser.

De tre typer boringer (GRUMO, BK og AA, som bl.a. inkluderer miljøboringer, nedlagte vandværksboringer, små vandforsyningsanlæg, og vandværkernes egne monitoringsboringer) udgør henholdsvis 7,4, 18,6 og 74 % af de boringer i Jupiter databasen, hvor der er udtaget en eller flere vandprøver, der er analyseret for en enkelt eller flere analyseparametre (ikke kun de tre stofgrupper fokuseret på her).

Når der laves opgørelser over fund og fundandele, er det vigtigt at kende forskel på nogle forskellige begreber. Der skelnes således mellem analyse på enkeltstofniveau, såkaldte enkeltstofanalyser, og analyser på vandprøver. I en vandprøve kan der være foretaget flere analyser for forskellige enkeltstoffer, hvilket er meget typisk i de forskellige typer boringer. Et fund af f.eks. aromatiske kulbrinter kan således dække over det procentvise antal fund af enkeltstoffer ud af alle enkeltstofanalyser foretaget, eller det kan opgøres som fund af mindst ét af stofferne i samtlige antal vandprøver udtaget. Normalt opgøres fund per enkeltstofanalyse (mest anvendt i denne rapport), men fund per vandprøve er også muligt (se f.eks. Figur 5.10). Hvilken metode, der anvendes afhænger også af databasen, der er udgangspunktet for analysen. I Jupiter, er analyserne opført pr enkeltstofanalyse (dog linket til vandprøver via et prøve-ID), mens der i GRUMO-underdatabaser udtrukket fra Jupiter er opført analyser pr vandprøve.

Der skal også skelnes mellem indtag og boringer. En boring kan have flere indtag, hvorfra der kan udtages prøver. Som regel opgøres fund i boringer på basis af indtag, således, at en enkelt boring kan tælle med mere end én gang, hvis den har flere indtag med fund. I rapporten opgøres tallene som antal boringer, men der er i virkeligheden tale om analyser på basis af indtag. Forskellen er som regel ikke stor, da de fleste boringer kun har et indtag.

3.3 Metode

3.3.1 Landsdækkende kortlægning og analyse

Undersøgelsen har primært omfattet en landsdækkende kortlægning og analyse af fund i grundvandet af de tre udvalgte grupper af organiske mikroforureninger. Analysen har omfattet en undersøgelse af eventuelle sammenhænge mellem fund af stofferne og forskellige hydrogeologiske og -kemiske forhold, som f.eks. overordnede geologiske miljøer og redoxforhold. Desuden er fundene analyseret ift. f.eks. registrerede forureningspunktkilder og befolkningstæthed. Endelig er der set på tidlige trends og udviklinger i fund og koncentrationsniveauer for de forskellige stofgrupper over observationsperioderne.

3.3.2 Kortlægning og analyse i udvalgte fokusområder

Udover den landsdækkende kortlægning og analyse, har undersøgelsen også omfattet en kortlægning og analyse indenfor et par udvalgte fokusområder. På basis af en vurdering af den foreliggende viden om forekomster, forureningskilder og oprensningstiltag, og data fra de forskellige regioner, blev området omkring **Solhøj Kildeplads** og området omkring **Hernings centrale vandindvindingsplads** udvalgt som fokusområder. Udover parallelle analyser med den landsdækkende kortlægning, blev der i fokusområdeanalyserne fokuseret på geografiske og hydrogeologiske sammenhænge mellem kilder, fund og oprensningstiltag.

Baggrunden for at zoomer ind på mindre delområder, som svarer til indvindingsoplandet til en mellemstor dansk by, var et ønske om at undersøge, hvorvidt:

- Trends observeret på landsplan kan genfindes på lokalt niveau
- Der er en forventelig sammenhæng mellem registrerede punktkilder (deres placering, type og forventede forureningsstoffer), de lokale hydrogeologiske forhold, og fund af forureningsstofferne
- Projektdatabasen kan anvendes til at supplere og yderligere kvalificere oprensnings- og monitoringsindsatser rettet mod oprensning af forurenende enkelt-punktkilder og beskyttelse af indvindingsboringer til drikkevandsforsyning
- Det foreliggende datagrundlag kan anvendes til at uddrage konklusioner og anbefalinger mht. hydrogeologisk og -kemisk modellering af indvindingsoplandene.

3.3.3 Data til projektet

Jupiter databasen har været det essentielle udgangspunkt for data til projektet. En projektdatabase er blevet genereret som en delmængde af Jupiter ved at udtrække de relevante parametre for de ønskede stoffer og boringstyper, som skulle anvendes ifm. analyserne. En trinvis procedure blev anvendt, idet der først blev dannet en projektdatabase, der indeholdt samtlige organiske mikroforureninger (minus pesticider),

som er blevet analyseret mere konsekvent og systematisk (her valgt til mere end 3000 gange), og af denne blev en underdatabase efterfølgende genereret, som kun indeholdt de ønskede tre stofgrupper., Data fra LOOP indgår ikke i projektdatabasen, da der ikke er målt for organiske mikroforureninger her. En nærmere beskrivelse af processen og en beskrivelse af den endelige database foreligger i Afsnit 4.

Udover Jupiter er ROKA databasen anvendt i projektet. Den er genereret og vedligeholdes af Miljøstyrelsen, og indeholder information om registrerede forurenede grunde. Udover beliggenhed af grundene, indeholder databasen information per grund om f.eks. type virksomhed, registreringsår, vigtigste forureningsstoffer på grunden og kategori for undersøgelse (lokaliseret, V1-kortlagt, V2-kortlagt, udgået og udgået før kortlægning). Endelig er der anvendt en database fra Miljøstyrelsen over lukkede boringer (Miljøstyrelsen, 2009).

Af Tabel 3.1 fremgår hvilke hovedparametre, der indgår i henholdsvis Jupiter og ROKA databaserne.

Tabel 3.1 Hovedparametre indeholdt i Jupiter og ROKA databaserne

Jupiter (boringer)	ROKA (forurenede lokaliteter)
<ul style="list-style-type: none"> ● Boretekniske data (f.eks. boringernes placering, amt, kommune, indtagsdybde og -længde, boringens dybde, etableringsår) ● Geologiske data (f.eks. lagfølge i boring) ● Hydrauliske data (f.eks. prøvepumpningsdata) ● Geokemiske data (f.eks. analysedata af kemiske hovedbestanddele, redox-parametre) ● Prøvetagningsdata (f.eks. dato, formål, analyseparametre) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Placering/adresse ● Type virksomhed ● Registreringsår ● Formodede vigtigste og fundne forureningsstoffer og stofgrupper på grunden

I Tabel 3.2 er vist fordelingen af registrerede forurenede lokaliteter i ROKA på forskellige typer forureninger. I tabellen er markeret, hvilke grupper, der er inddraget til at kortlægge punktkilder til grundvandsforurening for de tre undersøgte forureningsstofgrupper i denne undersøgelse. Kun forurenede lokaliteter med UTM koordinater er dog medtaget.

Tabel 3.2 Antal forurenede lokaliteter i ROKA databasen, fordelt på grupper af forureningstyper og -stoffer. Grupper medtaget i denne undersøgelse er vist separat. Antal lokaliteter omfatter alle registreringer i basen, incl. lokaliteter uden UTM koordinater

Overordnet gruppering af registrerede forurenede lokaliteter	Antal lokaliteter	Gruppe	Grupper anvendt i nærværende undersøgelse, markeret med stofgruppe, de repræsenterer
Ikke oplyst	1257	00.00	
Olie-benzin	13.524	01.00	
BTEX'er herunder aromater	1810	02.00	Aromatiske kulbrinter
Fenoler	238	03.00	
Andre aromatiske forbindelser	164	04.00	
Diverse alifatiske forbindelser, herunder MTBE	253	05.00	MTBE
Andre cykl. og heterocykl. forb.	20	06.00	
Tjære	5518	07.00	
Klorerede opløsningsmidler	2701	08.00	Halogenerede alifatiske kulbrinter
Klorfenoler	27	09.00	
Andre klorerede aromat. forb.	61	10.00	
Andre halogenerede aromater	4	11.00	
Andre halogenerede alifater	17	12.00	
Pesticider	393	13.00	
Tungmetaller	6500	14.00	
Andre metaller	680	15.00	
Cyanid	49	16.00	
Overfladeaktive stoffer	3	17.00	
Lossepladsperkolat	562	18.00	
Lossepladsgas	190	19.00	
Andre	142	20.00	
Andet	248	99.00	
Antal registrerede forurenede lokaliteter i alt	34.361		

4 Projektdatabasen

4.1 Dataudtræk fra Jupiter

Der blev i januar 2010 gennemført et udtræk af Jupiter databasen for de organiske mikroforurenende stoffer opført i Bilag A. Dette udtræk har dannet grundlag for rapporten, og analyser, der er indberettet til Jupiter efterfølgende er ikke medtaget. Rækken af stoffer indeholder langt flere stoffer end medtaget i de tre fokusstofgrupper, som er nærmere undersøgt i nærværende analyse. Det rå udtræk indeholdt 572.970 analyser for de stoffer og samleparametre (f.eks. olieprodukter og VOX), der var medtaget i udtrækket. Datamaterialet stammer fra perioden 1984 til dec. 2009, altså en 25-årig periode.

Fra brutto-udtrækket blev der derefter frasorteret analyser, der:

- var markeret som upålidelige
- var frasorteret af kommuner, regioner eller miljøcentre
- ikke var godkendt af kommunerne
- mangler værdier samt
- indeholder stoffer i koncentrationer større end 1000 µg/l

Herefter indeholdt databasen 548.182 analyser for organiske mikroforurenende stoffer, altså blev der udeladt ca. 25.000 analyser ved ovennævnte sortering. Desuden blev der udeladt enkelte analyser, hvor analyser fra samme stofgruppe optrådte i to kategorier, hvorefter det endelige antal for alle organiske mikroforurenende stoffer var 547.577 analyser. Fordelingen af analyser på forskellige stofgrupper på dette stadie i databehandlingen fremgår af Tabel 4.1.

Ved gennemgang af de enkelte stofgrupper, er der herefter foretaget en yderligere frasortering af analyser, hvor der er oplagte enhedsfejl i koncentrationsangivelserne, f.eks. når en detektionsgrænse opgives til "<100", hvor detektionsgrænsen normalt er 0,01 µg/l.

Frasorteringen er sket ud fra et forsigtighedshensyn, da det ikke ønskes at forkerte høje værdier forstyrrer tolkningerne. Der er dog oprettet en database med alle koncentrationer over 1000 µg/l, som efterfølgende kan anvendes ved vurdering af mulige sammenhænge med punktkilder. Figur 4.1 viser størrelsen af de kvalitetssikrede deldatabaser for de udvalgte stoffer i de tre stofgrupper.

Analyserne stammer fra 14.513 borer (sorteret efter DGU-nr). Der blev påvist fund i 52.749 analyser for enkeltstoffer, hvilket for hele gruppen svarer til en fundandel på små 10 %. De positive analyser stammer fra 6.366 borer svarende til, at der er fundet et eller flere stoffer i 43 % af de analyserede borer gennem hele den periode, hvor der er indsamlet analyseresultater.

Det fremgår af Tabel 4.1, at der findes flest analyser i stofgrupperne aromater (aromatiske kulbrinter), chlorphenoler, halogenerede alifater samt phenoler.

Opgøres antal analyser og analyser med fund for enkeltstoffer (Bilag B) ses, at mange stoffer kun er analyseret få gange. I Bilag C er kun medtaget de stoffer, der er analyseret mere end 3000 gange. Denne database betegnes i det videre som *projektdatabasen* og indeholder 461.722 enkeltstofanalyser. Af tabellen fremgår, at der er endog meget store forskelle i andelen af analyser med fund både indenfor den enkelte stofgruppe men også på tværs af stofgrupperne.

Projektdatabasen er kvalitetssikret, og alle analyser med fund er gennemgået, således, at høje koncentrationer, der f.eks. skyldes fejlindberetninger, åbenlyse forkerte enhedskoder, detektionsgrænser³ mm., er udeladt fra datasættet. Projektdatabasen indeholder et underdatasæt på 288.941 analyser for de tre stofgrupper: aromater (119.600 analyser), halogenerede alifater (162.040) og MTBE (7301 analyser), som har været den primære fokus i dette projekt (Figur 4.1).

³ Det forekommer, at der i stedet for en indberettet analysekoncentration fejlagtigt er opgivet stoffets detektionsgrænse.

Tabel 4.1 Antal analyser og fund af organiske mikroforurenende stoffer samlet i stofgrupper. 548.182 analyser af enkeltstoffer (analyser >1000 µg/l er udeladt)

Stofgruppe ^a	Antal analyser	Antal analyser med fund	% analyser med fund
Alkoholer	1245	72	6
Andet ^b	1160	319	28
Aromater (kulbrinter)	119.613	10.432	9
Blødgørere	6042	226	4
Chlorphenoler	99.573	594	1
Detergenter	12.454	6583	53
Halogenerede alifater	170.687	23.641	14
Nedbr. produkt MTBE (2 stk.)	700	20	3
MTBE	6601	1018	15
Nonylphenoler	8776	68	1
olieprodukter	12.483	2435	20
Org. opløsningsmiddel	231	10	4
PAH	11.120	737	7
Phenoler	90.632	4346	5
Samleparametre ^c	6260	2236	36
Antal analyser i alt	547.577 ^a		

^a Hvor den samme stofgruppe er medtaget to gange, er den med færrest antal analyser udeladt. Tilsvarende er en stofgruppe med forkert stavning, som indeholder nogle få analyser fra chlorphenoler samt en gruppe mærket "alkohol" med få analyser udeladt. Derfor er antal analyser i alt lidt mindre end angivet i tabelteksten

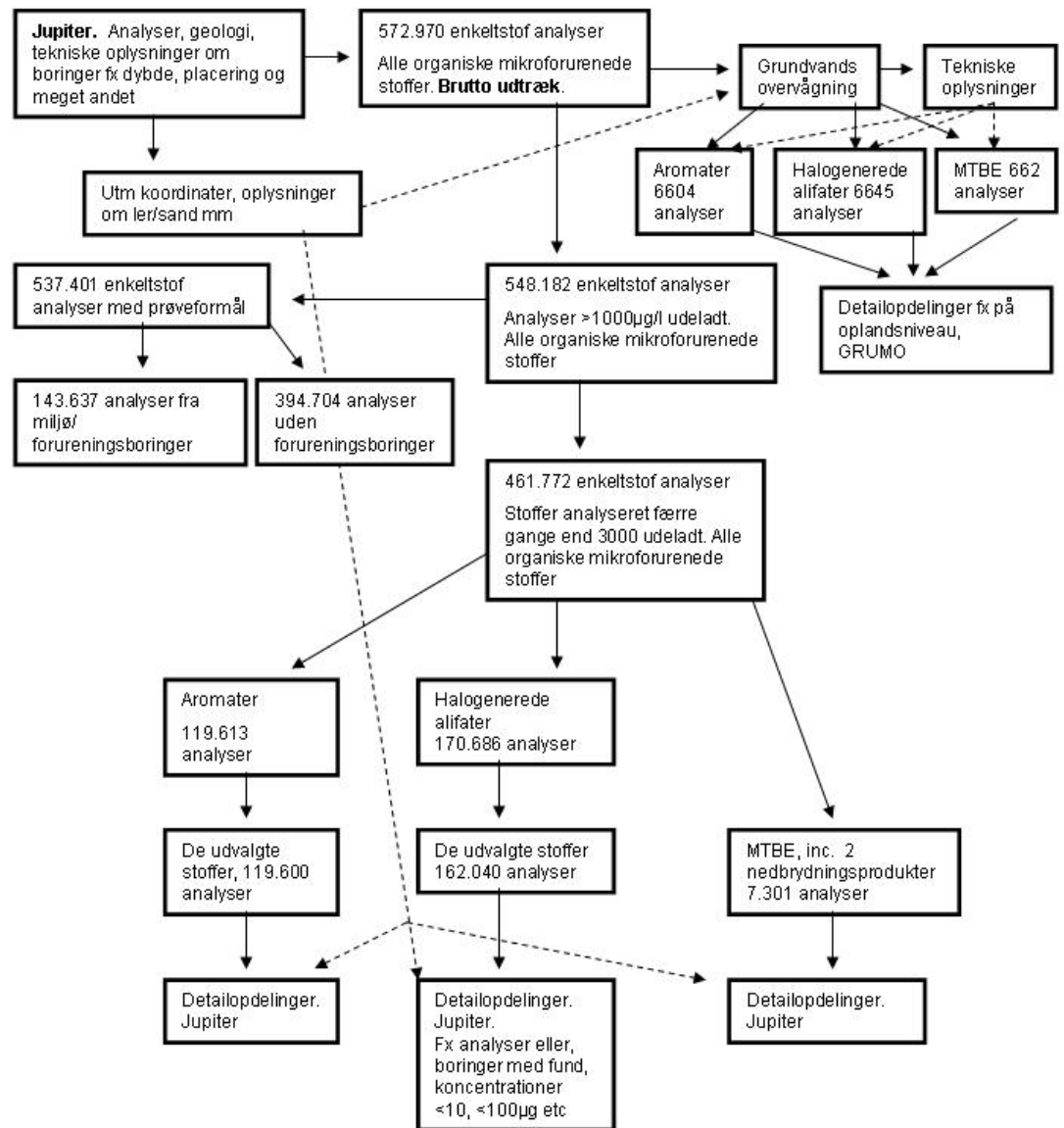
^b Stoffer, der ikke er kategoriseret under andre grupper - se også Bilag B

^c Samleparametre - se Bilag B

4.2 Særlige databaser

Udover projektdatabasen er der udarbejdet særlige datasæt for grundvandsovervågningen (GRUMO) og for projektdatabasen under miljøboringer. Miljøboringer indeholder analyser fra forureningsundersøgelser og analyser uden kendt formål (se Afsnit 4.3). Disse underdatabaser har dannet grundlag for mere detaljerede opgørelser og analyser. Langt de fleste analyser er dog lavet på enten hele datasættet i projektdatabasen (med alle typer boringer inkluderet) eller udelukkende på GRUMO datasættet.

Figur 4.1 viser en oversigt over de forskellige datapuljer, der er uddraget fra Jupiter og benyttet til de forskellige analyser.



Figur 4.1 Diagram for sekventiel dataudtræk fra Jupiter og delmængder heraf benyttet til analyser⁴ Projektdatabasen er defineret som den datamængde, der omfatter 461.772 analyser, altså den datamængde, hvori de tre stofgrupper, aromater, halogenerede alifater og MTBE indgår (Se også Bilag C)

4.3 Analyser uden miljøboringer

Ved beregning af koncentrationsudviklingen over tid for de enkelte stofgrupper, er der dels lavet analyser på data fra hele projektdatabasen (inkluderende alle typer borerer), men herudover er der lavet analyser på en delmængde, som udelukker analyser fra miljøboringer (delmængde af gruppen AA - Andre Analyser).

Dette er gjort, fordi miljøboringerne til dels forstyrrer billedet af forureningsgraden i grundvandet som helhed, da disse borerer oftest er placeret tæt på forureningskilderne og direkte i forureningsfanerne og således ikke er repræsentative for grundvandsressourcen som helhed. Dette er specielt et problem, hvis antallet af disse borerer er relativt højt og ikke repræsentativt ift. udbredelsen af forureningerne i landet som helhed. Dette er ofte tilfældet, da der foretages en overvægt af analyser i de forurenede områder, hvilket får grundvandsressourcen til at fremstå som mere forurenede, end den er generelt.

Desuden har kommunalreformen med effekt fra starten af 2007 haft den virkning, at mange miljøboringer ikke er blevet indberettet regelmæssigt og i samme omfang som før kommunalreformen (Bilag E, Hansen, 2010). Dette giver en ulige vægtning over tid af disse borerer i datamaterialet. Af disse grunde er der lavet en delmængde af analysedata, der udelader miljøboringer og andre borerer med ikke relevant og ukendt formål (27 % af analyserne)

⁴ I diagrammet er alle analyser taget med uden periodeafgrænsning. Derfor kan der være uoverensstemmelse mellem antal analyser her og i tabellerne under de enkelte analyser.

Tabel 4.2 viser, hvilke analyseformål, der er oplyst for de enkelte analyser i Jupiter, såfremt der er viden om formål. Det fremgår, at 43.451 analyser er registreret som kommende fra forureningsboringer, 11.317 analyser fra afværgeboringer, mens 257 stammer fra affaldsdepoter. Desuden er der 84.015 analyser, hvor der ikke er oplyst formål. Af tabellen fremgår også de rå gennemsnitskoncentrationer pr formålsgruppe, og det ses at der netop i boringer fra forureningsundersøgelser og fra afværgeboringer findes de største gennemsnitlige koncentrationer.

Tabel 4.2 Organiske mikroforurenende stofanalyser, opdelt på prøveformål og beregnet gennemsnitskoncentration pr formål. Udtræk fra projektdatabasen. Det fremgår, at miljøanalyser indeholder analyser med formål opgivet som f.eks. forurening men også analyser uden kendt formål. Andelen af kendte forureningsanalyser er ca. 10 %, mens alle miljøanalyser udgør ca. 27 %

Prøveformål	Formåls nr.	Antal analyser	Gns. konc. ^a (µg/l)	Kategoriseret som miljøanalyse
Ikke oplyst	0	84.015	2,65	+
Drikkevandskontrol	1	4359	6,50	-
Drikkevandskontrol andet	2	531	0,74	-
Drikkevandskontrol	3	73.483	1,99	-
Forureningsundersøgelse	4	43.451	20,71	+
Drikkevandskontrol vandværk	5	3060	0,66	-
Drikkevandskontrol ledning	6	43	0,27	-
Drikkevandskontrol forbruger	7	12	0,01	-
Grundvandskontrol råvand	8	83.463	2,74	-
Grundvandskontrol andet	9	11.730	2,01	-
Overfladevand råvand ^b	10	18	0,06	+
Overfladevandskontrol andet ^b	11	36	0,02	+
Boringskontrol	12	128.720	0,92	-
GRUMO	13	84.134	0,27	-
LOOP	14	2924	0,97	-
Grundvandskontrol afværgeboring	15	11.317	11,10	+
Grundvand pejleboring	16	67	0,03	-
Grundvand markvanding	17	294	0,59	-
Grundvandsundersøgelseboring hushold	19	27	0,09	-
Grundvand affaldsdepot	20	2577	42,04	+
Grundvand videnskabelig undersøgelse	21	123	34,27	-
Grundvand nødforsyning	22	35	0,04	-
Grundvandsunder, brøndborer	23	8	0,02	-
Råvand andet	31	751	0,05	-
Andet	99	2223	4,00	+
Antal analyser i alt		537.401	Miljøanalyser	
Mulige miljøanalyser der udelades fra datasæt		143.637	I alt:	27 %

^a Gennemsnitskoncentration er beregnet på grundlag af alle analyser med fund

^b Det ses, at enkelte analyser muligvis er endt et forkert sted, eller at de er fejlmærket af amter eller laboratorier

5 Landsdækkende analyse

5.1 Fundhyppigheder for de udvalgte stofgrupper

I Tabel 5.1 er opgjort overordnede fundprocenter for de tre udvalgte stofgrupper på landsplan ud fra projektdatabasen

En boring er registreret som "med fund", hvis boringen er analyseret for det pågældende stof, og mindst et enkeltstof fra en af de tre stofgrupper er fundet i koncentration højere end detektionsgrænsen i vand fra boringen mindst en gang. Boringen er registreret som "med fund over grænseværdien", hvis mindst et stof er fundet i koncentrationer over gældende grænseværdier for enkeltstoffer mindst en gang. Grænseværdierne for enkeltstoffer fremgår af Bilag D.

Alle beregninger for gennemsnitskoncentrationer er gennemført ved at anvende gennemsnitsberegninger på analyser med fund større end detektionsgrænsen, for de stofgrupper, enkeltstoffer, perioder eller andre afgrænsninger, som de enkelte tabeller eller figurer refererer til.

Tabel 5.1 Antal boringer og fund for de tre stofgrupper på landsplan for perioden 1984 - dec. 2009. Analyser af MTBE og nedbrydningsprodukter stammer dog fra perioden 1997 - 2009. Data fra projektdatabasen

Stofgruppe	Antal boringer			Andel (%) boringer	
	I alt	Med fund	Med fund over grv.	Med fund	Med fund over grv.
Halogenerede alifatiske kulbrinter	7489	2237	947	30,0	12,7
Aromatiske kulbrinter	7310	1954	313	26,7	4,3
MTBE + to nedbrydningspr.	3488	409	29	11,7	0,8

^a grv: grænseværdi. For grænseværdier for enkeltstoffer, se Bilag D

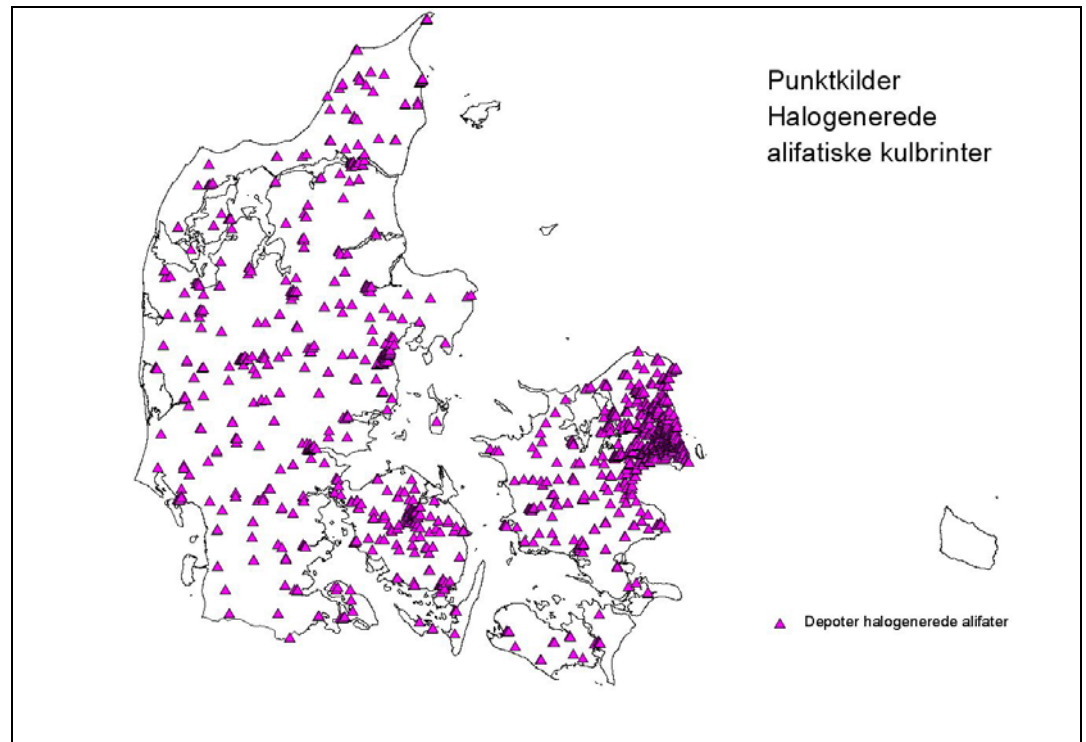
Det ses af Tabel 5.1, at de halogenerede alifatiske kulbrinter er fundet i størst omfang, i 30,0 % af alle analyserede boringer, mens den samme procentdel for de aromatiske kulbrinter og MTBE er henh. 26,7 og 11,7. Den samme rangorden gør sig gældende for fund over grænseværdien, idet 12,7 % af alle boringer med analyser er over grænseværdien for de halogenerede, mens denne værdi er henh. 4,3 og 0,8 for aromaterne og MTBE.

Dette er gennemsnitsværdier for hele landet og for hele perioden, hvor der foreligger analyser. I de efterfølgende afsnit belyses nærmere, hvorledes koncentrationsniveauerne og antal boringer med fund fordeler sig geografisk, og hvordan de udvikler sig gennem undersøgelsesperioden.

5.2 Resultater for de halogenerede alifatisk kulbrinter

5.2.1 Geografisk fordeling af fund

Der er i Miljøstyrelsens database, ROKA, over forurenede lokaliteter registreret 2701 grunde med halogenerede alifatisk kulbrinter, se Tabel 3.2. Ud af disse 2701 lokaliteter har 2686 af dem oplysninger om UTM koordinater. Af Figur 5.1 og Tabel 5.2 fremgår, at de fleste forurenede lokaliteter med klorerede alifater ligger ved de større byer, f.eks. Aarhus, Aalborg, Odense, men langt de fleste er i hovedstadsområdet. Figur 5.2 viser et kortudsnit omkring Lillebælt og Nordfyn, og det ses, at stort set alle registrerede forurenede lokaliteter ligger i forbindelse med større eller mindre byer.



Figur 5.1 Geografisk fordeling af registrerede forurenede lokaliteter, der er forurenede med halogenerede alifatisk kulbrinter. N=2686



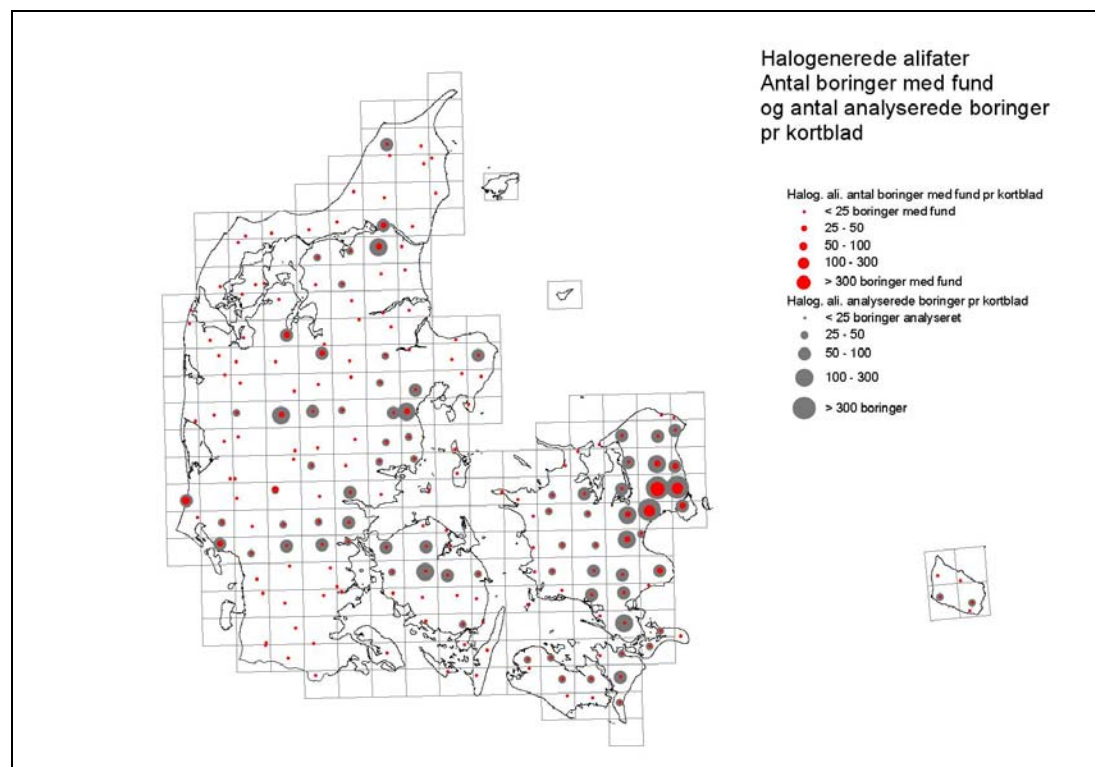
Figur 5.2 Geografisk beliggenhed af registrerede forurenede lokaliteter med halogenerede alifatisk kulbrinter i området omkring Horsens - Vejle - Kolding - Fredericia - Odense

Tabel 5.2 Antal registrerede forurenede lokaliteter med halogenerede alifatiske kulbrinter, fordelt på regioner. Data fra ROKA

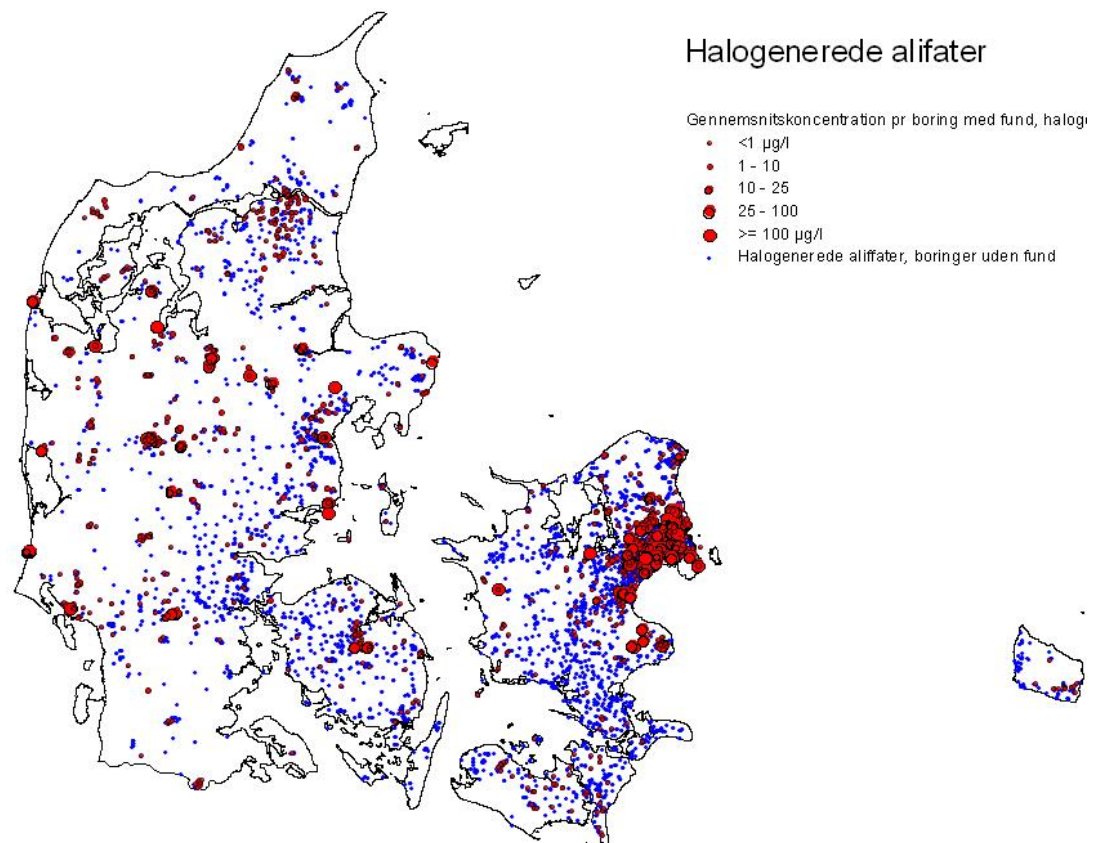
Region	Antal forurenede lokaliteter
ROKA	
Bornholm Regionskommune	3
Region Hovedstaden	1287
Region Midtjylland	350
Region Nordjylland	159
Region Sjælland	401
Region Syddanmark	501
Antal forurenede lokaliteter i alt	2701

Tabel 5.2 viser fordelingen af forurenede lokaliteter på regioner, og det fremgår, at næsten 50 % af alle de registrerede forurenede lokaliteter med halogenerede alifatiske kulbrinter ligger i region Hovedstaden.

Optælles antal boringer analyseret for halogenerede alifater og antal boringer med fund pr kortblad (Figur 5.3), findes en fordeling af boringer med fund, der er sammenlignelig med fordelingen af forurenede lokaliteter (Figur 5.1). Det ses, at der særlig i hovedstadsområdet findes mange forurenede boringer. Antallet af undersøgte boringer varierer meget på landsplan, men er mest intens i byområder. Det ses, at der er mange boringer uden fund af halogenerede alifater omkring Odense, Aarhus eller Herning, mens andelen af forurenede boringer med fund er langt større omkring København. Dette skyldes formodentlig, at der i København og omegn per arealenhed findes langt flere industrivirksomheder og andre typer erhverv, der er/har været potentielt forurenende.



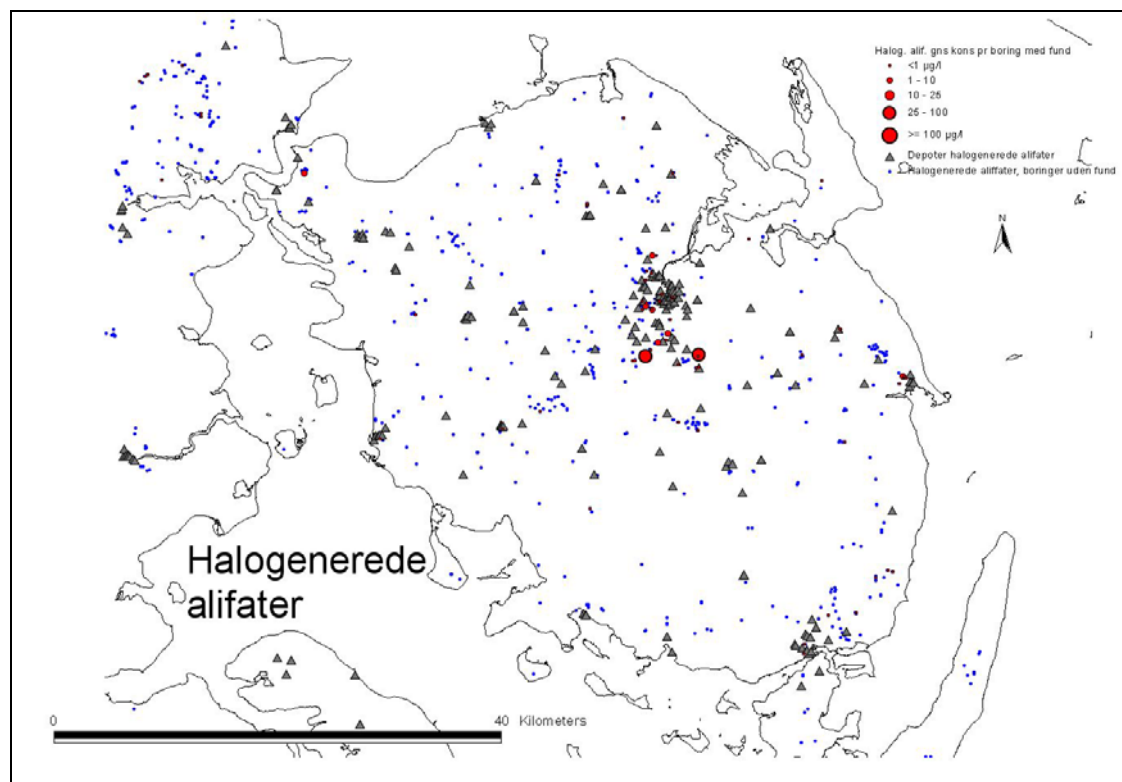
Figur 5.3 Antal boringer analyseret (markeret med grå signatur) og boringer med fund (gennemsnitskoncentrationer markeret med rød signatur) pr kortblad for de halogenerede alifatiske kulbrinter. 7466 analyserede boringer, 2237 boringer med fund. Data fra projektdatabasen



Figur 5.4 Geografisk beliggenhed af boringer analyseret for indhold af halogenerede alifatiske kulbrinter. I boringer med fund er gennemsnitskoncentration ($\mu\text{g/l}$) pr boring angivet med rød signatur. 7466 analyserede boringer, heraf 2237 boringer med fund. Data fra projektdatabasen

Figur 5.4 viser placeringen af boringer fra projektdatabasen, som er analyseret for halogenerede alifater, og gennemsnitskoncentrationer over måleperioden for boringer med fund. Gennemsnitskoncentrationen er beregnet som gennemsnit af alle positive analyser i den enkelte boring. Figuren viser, at de største koncentrationer findes omkring København og i mindre omfang omkring andre større byer. Den viser også, at antallet af analyserede boringer er skævt fordelt i Danmark, hvor langt de fleste analyserede boringer findes på Sjælland, Fyn og i Østjylland, mens der kun findes oplysninger om få analyserede boringer i mere sparsomt befolkede områder, f.eks. på den vestjyske hedeslette.

Figur 5.5 viser den geografiske beliggenhed og gennemsnitskoncentration pr boring med fund og placering af boringer analyseret uden fund for de halogenerede alifatiske kulbrinter og beliggenhed af forurenede lokaliteter med halogenerede alifatiske kulbrinter for Fyn. Det fremgår af figuren, at selv om der lokalt er analyseret mange boringer omkring registrerede forurenede lokaliteter ses, at det faktisk mere er reglen end undtagelsen, at der ikke findes halogenerede alifater i vandprøverne udtaget fra boringerne. Dette kan skyldes mange forhold, f.eks. at boringernes indtag ikke er placeret i forureningsfanen nedstrøms de registrerede lokaliteter, at forureningerne er fortyndet eller omsat i de øvre grundvandsmagasiner, eller at grundene ikke har indeholdt så store forureningskilder eller koncentrationer, at det kan måles i de nærliggende boringer.



Figur 5.5 Geografisk beliggenhed og gennemsnitskoncentration ($\mu\text{g/l}$) pr boring med fund og placering af boreriger analyseret uden fund for de halogenerede alifatiske kulbrinter og beliggenhed af forurenede lokaliteter med halogenerede alifatiske kulbrinter for Fyn. Udtræk fra projektdatabase

5.2.2 Fund af enkeltstoffer

De halogenerede alifatiske kulbrinter indeholder som gruppe 170.686 analyser af enkeltstoffer, hvoraf 23.641 er med positive påvisninger. 131 analyser viser, at der er anvendt meget høje detektionsgrænser, f.eks. <500, <400, <200, <100 og <50 $\mu\text{g/l}$. Disse 131 analyser er frasorteret, og gruppen indeholder dernæst 170.556 analyser. Analyserne stammer fra i alt 7.489 boreriger, hvoraf 2.237 boreriger indeholdt et eller flere stoffer, svarende til at 30 % af de analyserede boreriger indeholder eller har indeholdt halogenerede alifatiske kulbrinter.

I Tabel 5.3 er med udgangspunkt i antal analyser vist antal fund og fund-procenter for de enkelte halogenerede stoffer.

Af Tabel 5.3 fremgår, at 10 stoffer er analyseret mere end 5000 gange hver, og at stofferne findes i meget forskellig hyppighed i grundvandet. F.eks. er trichlorethylen (TCE), der er det mest analyserede stof, fundet i 26 % af de analyserede prøver, mens stoffer, der også kan dannes naturligt, som chloroform, findes i væsentligt færre analyser (10 %).

Tabellen viser, at TCE findes i 26 % af prøverne mod 17 % for tetrachlorethylen (PCE), som TCE kan være nedbrudt fra. Cis-1,2-Dichlorethylen, der kan være næste nedbrydningsprodukt, findes i 43 % af prøverne. Vinylchlorid, som videre nedbrydningsprodukt, findes i 17 % af de analyserede prøver (se Figur 2.1 for nedbrydningsvejene). Dette er bekymrende, fordi nedbrydningshastigheden falder under den trinvis deklorering, og man må derfor forvente, at der sker en opkoncentrering af vinylchlorid gennem tid. Om denne sammenhæng kan erkendes i magasinerne undersøges i Afsnit 5.2.4.

Tabel 5.3 De halogenerede alifatiske kulbrinter. Antal og andel (%) analyser med fund, grænseværdi og gennemsnitsdybde til indtag med fund pr stof. Data fra projektdatabasen samt stoffer, der er analyseret mindre end 3000 gange. De sidst-nævnte er medtaget for at give et indtryk af hvor hyppigt, disse stoffer er analyseret

Stof	Analyser		Andel analyser (%) med fund	Grænseværdi ^a µg/l	Gennemsnitlig dybde (m) til ^b	
	Antal	Antal med fund			Top indtag	Bund indtag
Trichlorethylen	27.119	7057	26,0	1	30,4	32,1
Tetrachlorethylen	26.724	4652	17,4	1	30,4	32,1
1,1,1-Trichlorethan	25.717	1790	7,0	1	30,4	32,1
Chloroform (Trichlormethan)	25.603	2570	10,0	1	30,4	32,0
Tetrachlormethan	25.541	496	1,9	1	30,4	32,1
Vinylchlorid	8716	1499	17,2	0,03	27,9	37,5
1,2-Dichlorethan	5999	347	5,8	1	-	-
trans-1,2-Dichlorethylen	5647	1420	25,1	1	24,5	38,5
cis-1,2-Dichlorethylen	5584	2409	43,1	1	24,7	38,5
1,1-Dichlorethylen	5390	873	16,2	1	24,9	38,5
1,2-Dibromethan	4116	22	0,5	0,01	29,8	35,5
1,1-Dichlorethan	1392	287	20,6	1	15,0	26,0
Dichlormethan	822	49	6,0	1	55,4	-
Trichlorethan	378	43	11,4	1	37,7	
Dichlorethan	228	3	1,3	1	30,7	38,2
1,1,2-Trichlorethan	145	4	2,8	1	-	-
Dichlomonobrom-methan	116	6	5,2	25	35,9	77,0
Bromoform	111	5	4,5	25	35,7	77,0
Dibrommonochlormethan	108	11	10,2	25	35,7	77,0
Trihalomethaner	43	5	11,6	25	9,4	10,5
I alt	170.556	23.641	13,9			

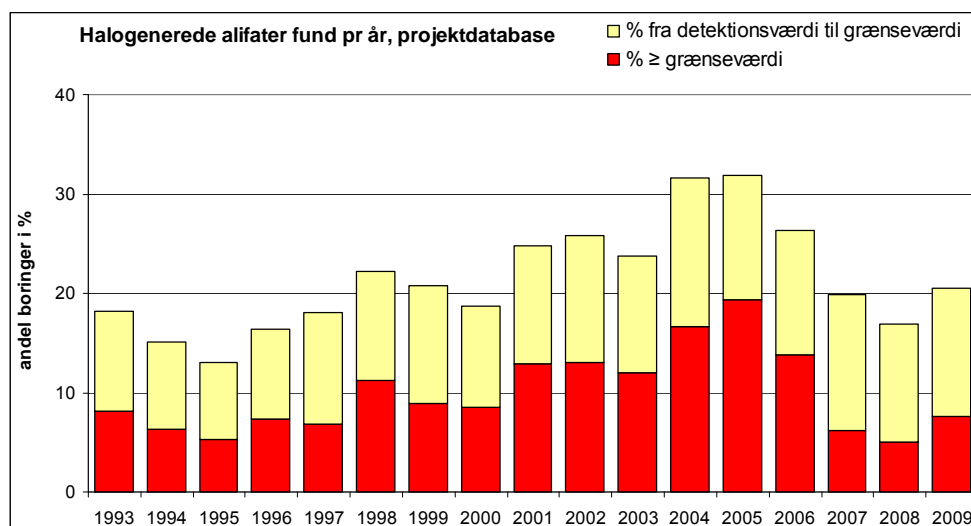
^a Grænseværdier for drikkevand (GEUS, 2009 og Bilag D)

^b Indtag er det interval i boringen, der prøvetages fra. Prøveintervallet er typisk 0,5 m i monitoringsboringer, mens intervallet kan være fra ca. 5 til 100 m i indvindingsboringer. Den gennemsnitlige dybde til top af indtag og bund er beregnet ved hjælp af data fra råudtrækket

5.2.3 Andel boringer med fund gennem tid

Opgøres andelen af boringer med fund og fund over grænseværdien for de halogenerede alifater (Tabel 5.4 og Figur 5.6) ses, at andelen med fund er faldet gennem de senere år, fra ca. 32 % i 2005 til omkring 17 % i 2008. Andelen i 2009 var ca. 20 %, hvor der dog ikke er indberettet så mange boringer (1565 i 2006 mod kun 717 i 2009, Tabel 5.4), og 2009 er derfor formodentlig ikke repræsentativ.

Faldet i andelen af boringer med fund over grænseværdien er mere markant, fra ca. 20 % i 2005 til ca. 5 % i 2008. Det skal dog bemærkes, at antallet af undersøgte boringer er faldet fra 2007, og faldet i andel fund kan skyldes, at antallet af undersøgte forurenede boringer er faldet. Dette undersøges nærmere i Afsnit 5.2.4.



Figur 5.6 Udvikling i andel (%) borer med fund pr år for halogenerede alifatiske kulbrinter for perioden 1993 til 2009. Data fra projektdatabasen

Tabel 5.4 Halogenerede alifatiske kulbrinter. Antal analyser, antal og andel (%) af analyser med fund, og antal og andel (%) borer med fund over grænseværdien pr år for perioden 1993 til 2009. Data fra projektdatabasen

År	Analyser			Boringer			Andel (%) borer		
	Antal	Antal med fund	Antal med fund over grv.	Antal	Antal med fund	Antal med fund over grv.	Med fund	Med fund over grv.	Med fund mellem detek. ^a og grv.
1993-2009	160.357	21.973	9148	7489	2237	947	30	12,7	17,3
2009	5342	444	138	717	147	55	20,5	7,7	12,8
2008	10.155	823	250	1374	232	70	16,9	5,1	11,8
2007	8259	768	218	1150	228	71	19,8	6,2	13,7
2006	13.283	1565	709	1665	439	229	26,4	13,8	12,6
2005	14.426	3158	1614	1734	553	335	31,9	19,3	12,6
2004	12.328	2276	963	1674	529	278	31,6	16,6	15,0
2003	13.532	1961	734	1931	459	232	23,8	12,0	11,8
2002	11.452	1663	697	1772	457	231	25,8	13,0	12,8
2001	10.594	1460	609	1687	419	217	24,8	12,9	12,0
2000	9589	1023	427	1726	324	148	18,8	8,6	10,2
1999	10.113	1227	511	1910	398	169	20,8	8,8	12,0
1998	10.529	1461	700	1774	394	199	22,2	11,2	11,0
1997	6781	825	348	1277	230	88	18,0	6,9	11,1
1996	6389	819	329	1268	208	94	16,4	7,4	9,0
1995	6210	809	321	1329	173	71	13,0	5,3	7,7
1994	6871	990	349	1453	219	91	15,1	6,3	8,8
1993	4504	701	231	944	172	77	18,2	8,2	10,1

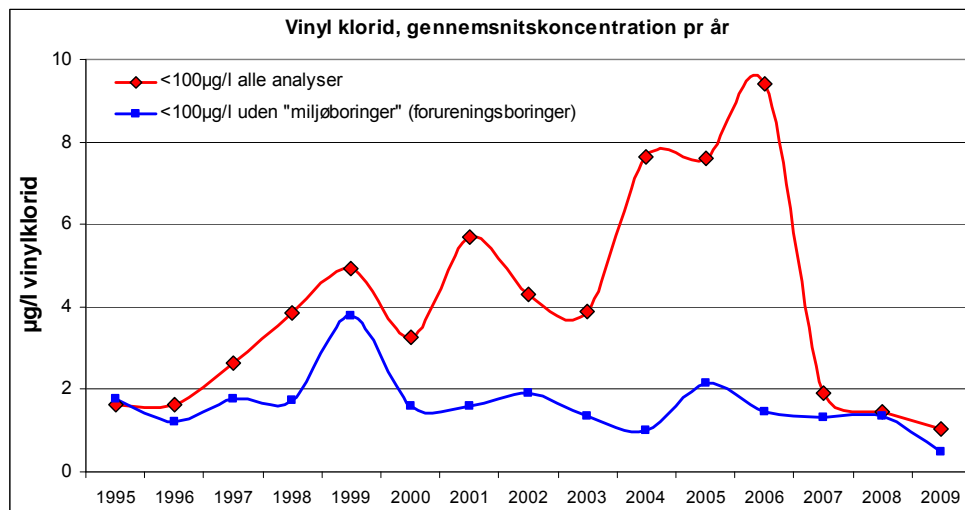
^a Detektionsgrænsen

5.2.4 Koncentrationer gennem tid

Da vinylchlorid deklarerer noget langsommere end di- og trichlorforbindelser, er det naturligt at sammenholde udviklingen i koncentrationer for dette stof med tilsvarende for andre nedbrydningsprodukter for at vurdere, om der sker en opkoncentrering af vinylchlorid. Sammenholdes udviklingen i gennemsnitlige vinylchloridkoncentrationer pr år for (Figur 5.7) med udviklingen i fund for de tre andre alifatiske stoffer: TCE, PCE og c-1,2-DCE (Figur 5.8), ses at vinylchloridkoncentrationerne falder fra lidt under 10 µg/l i 2006 til omkring 1 µg/l i 2009 (når alle analyser i projektdatabasen med fund under 100 µg/l medtages), mens et tilsvarende men knapt så udtalt forløb ses i Figur 5.8 for de andre stoffer.

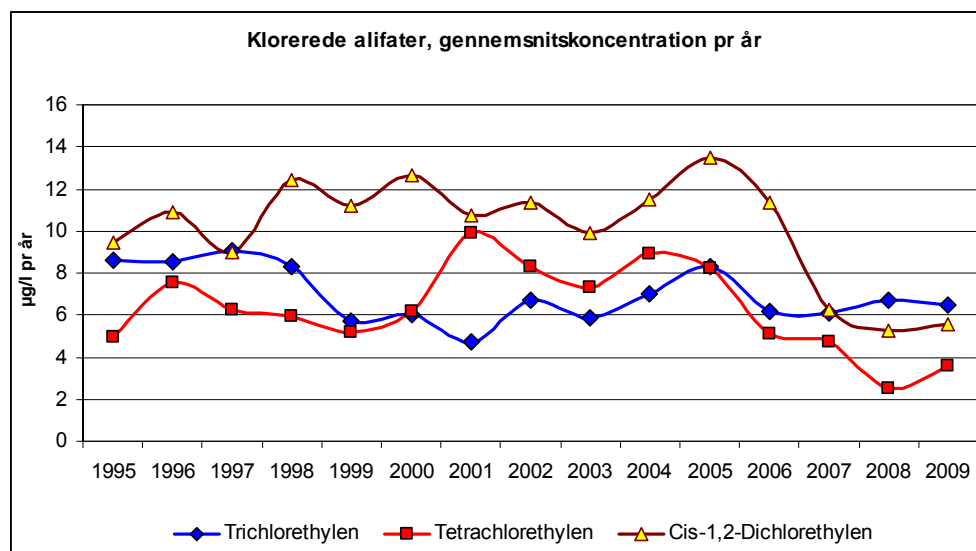
I Figur 5.7 er også vist de gennemsnitlige koncentrationer for samme datasæt, men hvor mulige miljøboringer er udeladt. Som forventet er koncentrationsniveauerne for datasættet uden miljøboringer lavere, da disse borer som regel er placeret tæt på forureningskilder og med formålet at monitorere udviklingen i forureningen, hvorved de har generelt højere koncentrationsniveauer.

Udviklingen i koncentrationsforløbet uden miljøboringer ser noget anderledes ud, men der ses et generelt fald gennem de sidste 10 år. Forskel på de to kurver, og specielt det udtalte fald fra 2006 til 2007 i hele datasættet skyldes sandsynligvis et fald i antal undersøgte miljøboringer, som følge af kommunalreformen (Tabel 5.4, Tabel 5.5, se også Afsnit 7 Begrænsninger i datamaterialet). Dette er kritisk, da kurven for vinylchlorid før 2006 for hele datasættet er opadgående. Dette kunne forklares med en opkoncentrering af vinylchlorid i grundvandsmagasinerne over tid, efterhånden som de klorerede opløsningsmidler nedbrydes og omdannes til vinylchlorid, som til gengæld er svært nedbrydeligt.



Figur 5.7 Udvikling i gennemsnitlig koncentration af vinylchlorid pr år for analyser med fund for perioden 1995 til 2009. For alle analyser (rød kurve) og for et tilsvarende datasæt, hvor analyser med fund fra mulige miljøboringer er udeladt (blå kurve). Der er kun medtaget analyser <100 µg/l for at undgå enhedsfejl. Hhv. 1382 og 532 analyser. Data fra projektdatabasen

Figur 5.8 viser udviklingen i gennemsnitskoncentration pr år for trichlorethylen, tetrachlorethylen og cis-1,2-Dichlorethylen, der kan anses som moderstoffer til vinylchlorid. Som for vinylchlorid ses et fald for cis-1,2-Dichlorethylen over de seneste 5 år, mens den gennemsnitlige koncentration for trichlorethylen tilsyneladende er mere konstant, mens tetrachlorethylens gennemsnitlige koncentration tilsvarende er faldende. De gennemsnitlige koncentrationer samt antal analyser pr år for perioden 1987 til 2009 ses af Tabel 5.5.



Figur 5.8 Udvikling i gennemsnitskoncentration af trichlorethylen, tetrachlorethylen og cis-1,2-dichlorethylen pr år for analyser med fund for perioden 1995 til 2009. Der er kun medtaget analyser <100 µg/l for at undgå enhedsfejl. Trichlorethylen: 5163 analyser, tetrachlorethylen: 3332, cis-1,2-dichlorethylen: 2082 analyser. Data fra projektdatabasen

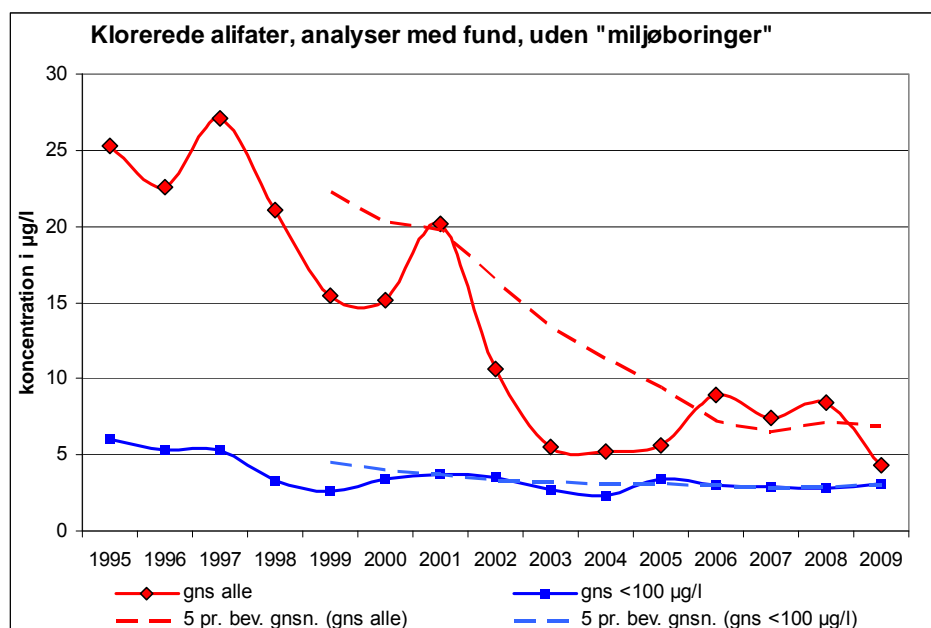
Gennemføres en beregning af de årlige gennemsnitskoncentrationer af alle halogenerede alifater for analyser med fund, uden analyser fra mulige miljøboringer, ses et fald i den gennemsnitlige koncentration fra slutningen af 1990'erne både for alle analyser med fund og for analyser med fund <100 µg/l, og at faldet flader ud omkring 2004 (Figur 5.9).

Tabel 5.5 Udvalgte halogenerede alifatiske kulbrinter. Antal analyser med fund og gennemsnitlig koncentration pr år for analyser med fund. Kun analyser <100 µg/l er medtaget. Data fra projektdatabasen

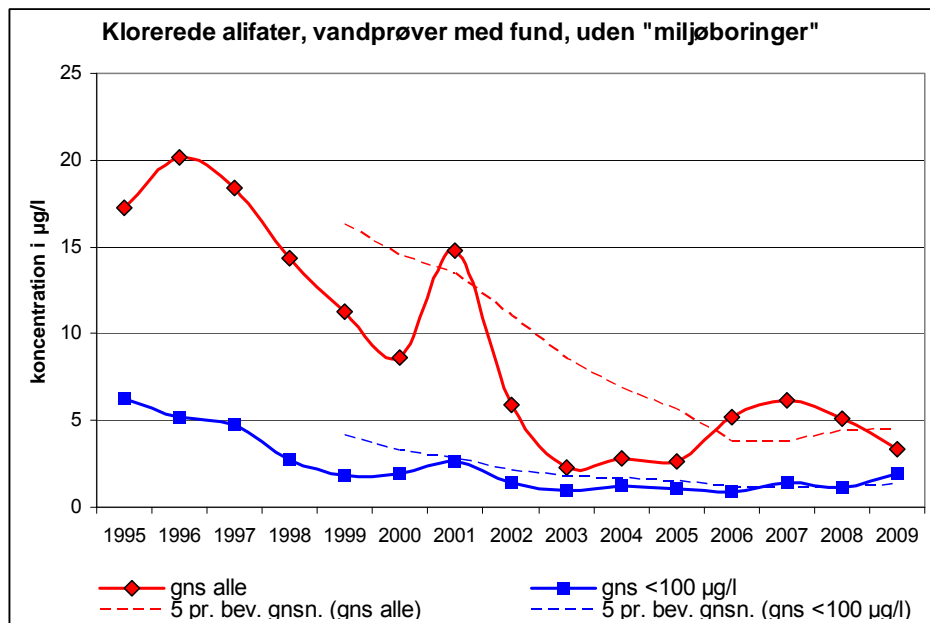
år	Trichlorethylen		Tetrachlorethylen		cis-1,2-Dichlorethylen		Vinylchlorid	
	Antal analyser	Gns. konc. ^a	Antal analyser	Gns. konc.	Antal analyser	Gns. konc.	Antal analyser	Gns. konc.
1987	8	1,8	11	17,6	-	-	-	-
1988	76	4,0	54	3,4	-	-	-	-
1989	98	8,7	74	5,8	-	-	-	-
1990	114	10,1	103	4,8	1	40,0	-	-
1991	139	8,4	108	9,0	3	0,8	1	0,4
1992	224	9,3	155	5,1	10	11,8	6	3,8
1993	283	7,0	197	4,2	15	4,8	5	1,0
1994	391	7,2	256	3,0	9	5,1	5	1,1
1995	316	8,6	158	4,9	18	9,5	11	1,6
1996	272	8,5	175	7,6	42	10,9	25	1,6
1997	246	9,0	181	6,3	47	9,0	30	2,6
1998	430	8,3	258	6,0	102	12,4	78	3,9
1999	360	5,7	238	5,2	66	11,2	62	4,9
2000	318	6,0	220	6,2	39	12,7	55	3,3
2001	430	4,7	274	9,9	122	10,7	68	5,7
2002	416	6,7	270	8,3	153	11,4	123	4,3
2003	444	5,9	312	7,3	217	9,9	163	3,9
2004	490	7,0	316	8,9	310	11,5	206	7,7
2005	595	8,3	418	8,2	424	13,5	258	7,6
2006	356	6,2	224	5,1	244	11,4	109	9,4
2007	187	6,1	124	4,7	107	6,3	65	1,9
2008	199	6,7	109	2,5	114	5,2	82	1,5
2009	104	6,4	55	3,5	77	5,6	47	1,0

^a Koncentration i µg/l

For at vurdere om der er forskel på at anvende gennemsnitsværdier fra analyser med fund på enkeltstofniveau og gennemsnitskoncentrationer i vandprøver, (hvor alle fund på enkeltstofniveau er midlet i den enkelte vandprøve), er der også beregnet gennemsnitskoncentrationer **pr vandprøve** for de halogenerede kulbrinter. Disse gennemsnitskoncentrationer er dernæst anvendt til at beregne årlige gennemsnitskoncentrationer (Figur 5.10). Figuren viser et tilsvarende fald i gennemsnitskoncentrationer. Det kunne også være interessant at analysere, hvorledes koncentrationen i miljøboringerne udvikler sig over tid, men det har dog været udenfor mandatet af dette projekt.



Figur 5.9 Udvikling i gennemsnitskoncentration for halogenerede alifatiske kulbrinter pr år for analyser med fund (rød kurve) og for analyser <100 µg/l (blå kurve) for perioden 1995 til 2009. Miljøboringer udeladt. 5 års flydende gennemsnit er også vist, da mange vandværksboringer analyseret hvert 5 år. Hhv. 9449 analyser med fund og 9179 analyser med fund <100 µg/l. Data fra projektdatabasen



Figur 5.10 Udvikling i gennemsnitskoncentration for halogenerede alifatiske kulbrinter pr år pr VANDPRØVE for perioden 1995 til 2009. Alle vandprøver (rød kurve) og vandprøver <100 µg/l (blå kurve). Miljøboringer udeladt. 5 års flydende gennemsnit er vist. Hhv. 4568 vandprøver med fund og 4292 vandprøver med fund <100µg/l. Data fra projektdatabasen

5.2.5 Fund og gennemsnitskoncentrationer, GRUMO

Der er i GRUMO i hele perioden gennemført 6645 analyser af halogenerede alifater i vandprøver udtaget fra 1397 indtag, Tabel 5.6 Der er i hele perioden fundet alifatiske kulbrinter en eller flere gange i 105 indtag svarende til 7,5 %, mens der er fundet alifatiske kulbrinter over grænseværdien i 17 indtag svarende til 1,2 %. I 2008 blev der analyseret 397 vandprøver udtaget fra 396 indtag. Der blev fundet alifatiske kulbrinter i 21 indtag, og i 6 indtag var en eller flere grænseværdier overskredet, svarende til henholdsvis 5,3 % og 1,5 %. Disse fundandele er væsentlig mindre end i det samlede datasæt (Tabel 5.1). Dette skyldes at grundvandsområderne er domineret af landbrugsområder med en spredt bebyggelse, og at de halogenerede kulbrinter oftest vil kunne findes som punktkilder nær byerne.

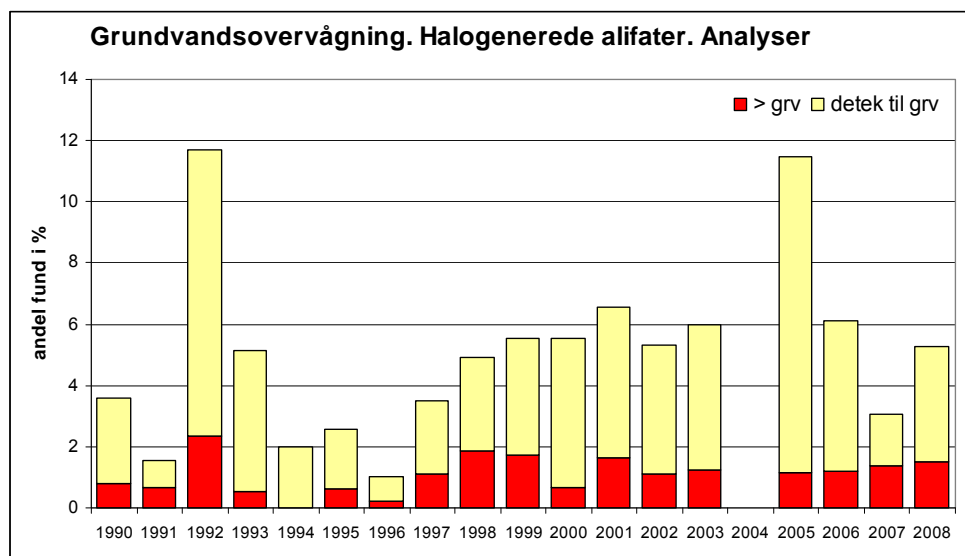
Tabel 5.6 Halogenerede alifatiske kulbrinter. Antal analyserede vandprøver og indtag analyseret, med fund og med fund over grænseværdien for perioden (1990 - 2009) og i 2008. Data fra GRUMO

Periode	Analyser			Indtag			Andel (%) indtag	
	Antal	Antal med fund	Antal med fund over grv.	Antal	Antal med fund	Antal med fund over grv.	Med fund	Med fund over grv.
1990 til og med 2009	6645	293	68	1397	105	17	7,5	1,2
2008	397	21	6	396	21	6	5,3	1,5

Ses på udviklingen i andel analyser med fund og fund større end grænseværdierne pr år (Tabel 5.7 og Figur 5.11) bemærkes det, at andelen af fund større end grænseværdien stort set har været konstant gennem hele perioden, mens andelen af fund er mere varierende. Dette kan formodentlig forklares ved, at grundvandets transportveje og hastigheder varierer gennem tid pga. ændringer i grundvandsmagasinerne trykforhold, og at indtagene derfor i perioder ligger i eller udenfor eventuelle forurenede grundvandsstrømme.

Tabel 5.7 Halogenerede alifatiske kulbrinter. Antal analyser, antal og andel (%) af analyser med fund og antal og andel (%) analyser med fund over grænseværdien pr år for perioden 1990 til 2008. Data fra GRUMO

År GRUMO	Antal analyser			Andel (%) analyser	
	I alt	Med fund	Med fund over grv.	Med fund	Med fund over grv.
1990	250	9	2	3,6	0,8
1991	448	7	3	1,6	0,7
1992	171	20	4	11,7	2,3
1993	369	19	2	5,1	0,5
1994	455	9		2,0	-
1995	469	12	3	2,6	0,6
1996	486	5	1	1,0	0,2
1997	459	16	5	3,5	1,1
1998	326	16	6	4,9	1,8
1999	525	29	9	5,5	1,7
2000	307	17	2	5,5	0,7
2001	306	20	5	6,5	1,6
2002	357	19	4	5,3	1,1
2003	484	29	6	6,0	1,2
2004	7	-	-	-	-
2005	87	10	1	11,5	1,1
2006	424	26	5	6,1	1,2
2007	295	9	4	3,1	1,4
2008	397	21	6	5,3	1,5



Figur 5.11 Udvikling i andel (%) analyser med fund pr år for klorerede alifatiske kulbrinter for perioden 1990 til 2008⁵ Data fra GRUMO

Beregnes de gennemsnitlige koncentrationer pr år for analyser med fund for seks stoffer, findes ikke samme fald som ses i de gennemsnitlige koncentrationer for analyser fra projektdatabasen, ligesom der heller ikke ses nogen overordnet opkoncentrering af nedbrydningsprodukter i GRUMO data med tiden, Tabel 5.8. Som det ses, findes der i f.eks. i 2005 og 2008 forhøjede koncentrationer for den gennemsnitlige sumkoncentration og for den gennemsnitlige koncentration for trichlorethylen. Vurderes de enkelte års data (ikke vist), ses, at der foreligger enkelte analyser med et højt indhold af trichlorethylen, og udviklingen i tabellen skyldes derfor snarere, at antallet af analyser med fund er så lille, at det ikke er muligt at beregne korrekte eller repræsentative gennemsnitskoncentrationer. Selvom den samlede database fra Jupiter er kvalitetssikret, vil man givetvis i denne kunne finde forkerte indberetninger, men her betyder disse ikke så meget som for GRUMO data, fordi gennemsnitskoncentrationerne bygger på mange analyserede vandprøver.

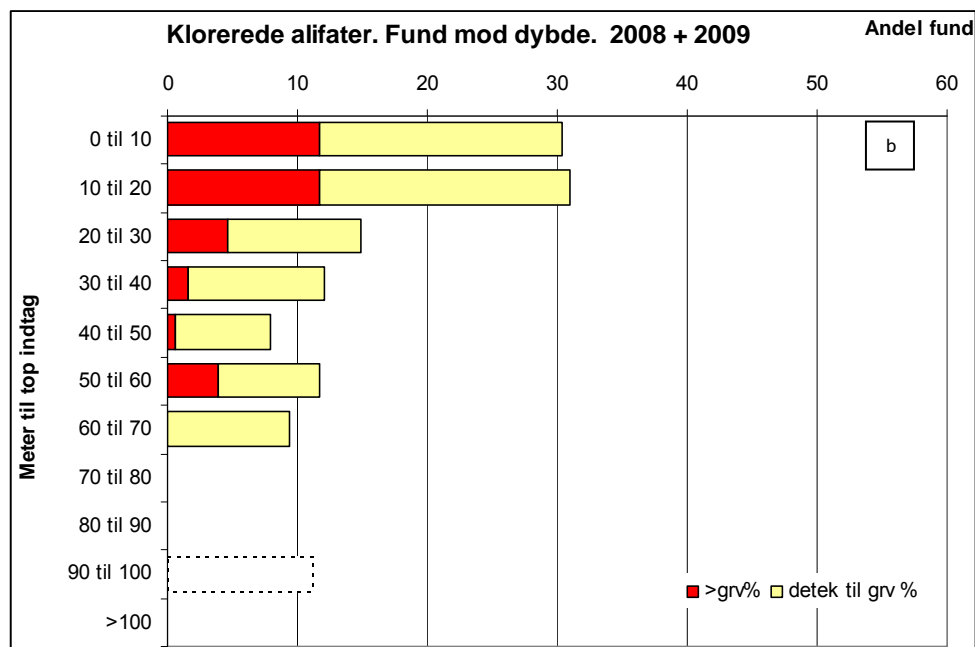
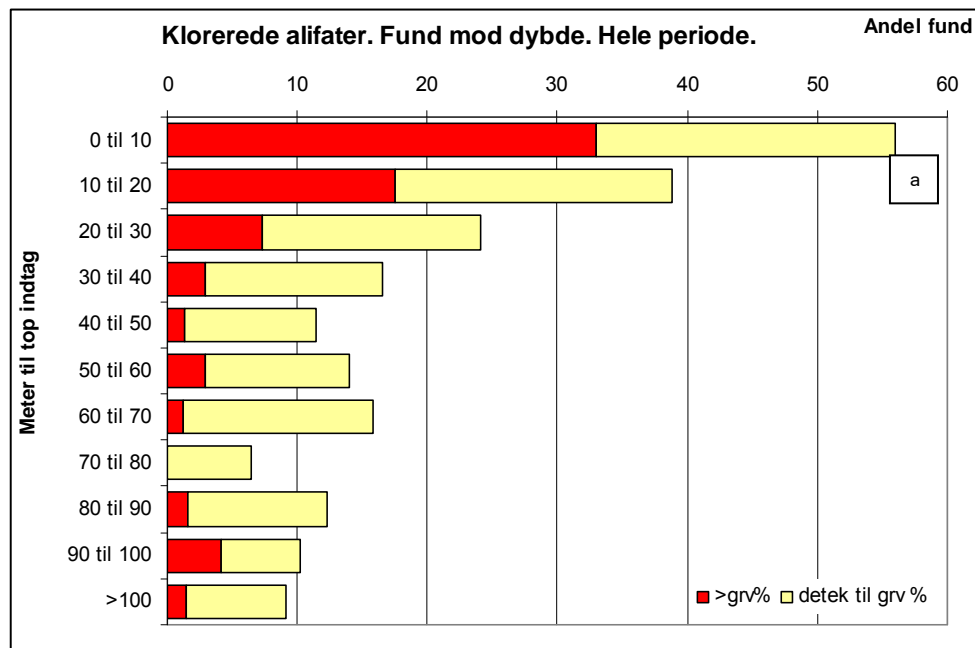
⁵ Her vises fund på basis af analyser (modsat Figur 5.6 fra hele Jupiter datasættet, som viste fund på basis af borer). Da der som regel kun udtages en analyse per indtag pr år i GRUMO, ville en analyse på boringsniveau se omtrent identisk ud.

Tabel 5.8 Udvalgte klorerede alifatiske kulbrinter. Gennemsnitskoncentration pr år for sumkoncentration (sum af fund af alle stoffer i den enkelte vandprøve) og gennemsnitskoncentration pr år for enkeltstoffer for perioden 1990 til 2008. Data fra GRUMD

Antal analyser med fund pr år		Gennemsnitskonc. (µg/l)						
		Alle stoffer	Tetra chlor ethylen	Trichlor ethylen	cis-1,2-Dichlor ethylen	1,1-Dichlor ethylen	trans-1,2-Dichlor ethylen	Vinyl chlorid
1990	9	0,5	0,1	0,7	-	-	-	-
1991	7	1,6	0,4	2,1	-	-	-	-
1992	20	0,7	0,3	0,7	-	-	-	-
1993	19	0,6	0,3	0,4	-	-	-	-
1994	9	0,2	0,1	0,2	-	-	-	-
1995	12	0,6	0,5	0,5	-	-	-	-
1996	5	0,6	0,2	0,5	-	-	-	-
1997	16	0,6	0,3	0,6	-	-	-	-
1998	16	1,8	0,8	0,6	15,0	0,6	0,6	0,4
1999	29	0,9	0,2	0,5	-	-	-	2,1
2000	17	0,5	0,4	0,4	-	-	-	0,8
2001	20	3,0	0,3	3,2	-	-	-	1,9
2002	19	0,5	0,1	0,1	-	-	-	1,7
2003	29	1,2	0,2	1,2	0,1	-	-	1,6
2004	0	-	-	-	-	-	-	-
2005	10	3,4	-	4,8	2,3	-	-	0,1
2006	26	1,1	0,2	2,3	3,5	-	0,1	1,5
2007	9	1,6	0,1	2,2	-	-	-	1,4
2008	21	4,0	0,2	6,2	-	-	-	0,9

5.2.6 Dybdemæssig fordeling af fund, hele datasættet

Figur 5.12 viser andelen af boringer med fund for hele undersøgelsesperioden fra 1985 til 2009 og fra perioden 2009 og 2008. Grunden til, at de to år betragtes under et, er, at antallet af undersøgte boringer i 2009 er væsentlig mindre end i den foregående periode (Tabel 5.4). Figuren viser, at der i hele perioden er fundet mange boringer med koncentrationer over grænseværdien i de øvre grundvandsmagasiner, men også at andelen af boringer der overskrider grænseværdien falder med dybden. I 2008/09, som kan anses som et øjebliksbillede, ses det, at antallet af boringer med overskridelser er mindre end for hele perioden, men også at der i dette datasæt ikke er fundet klorerede alifater i så store dybder som tidligere, hvilket dog kan skyldes, at datasæt af denne type indeholder boringer, der ikke prøvetages hvert år.

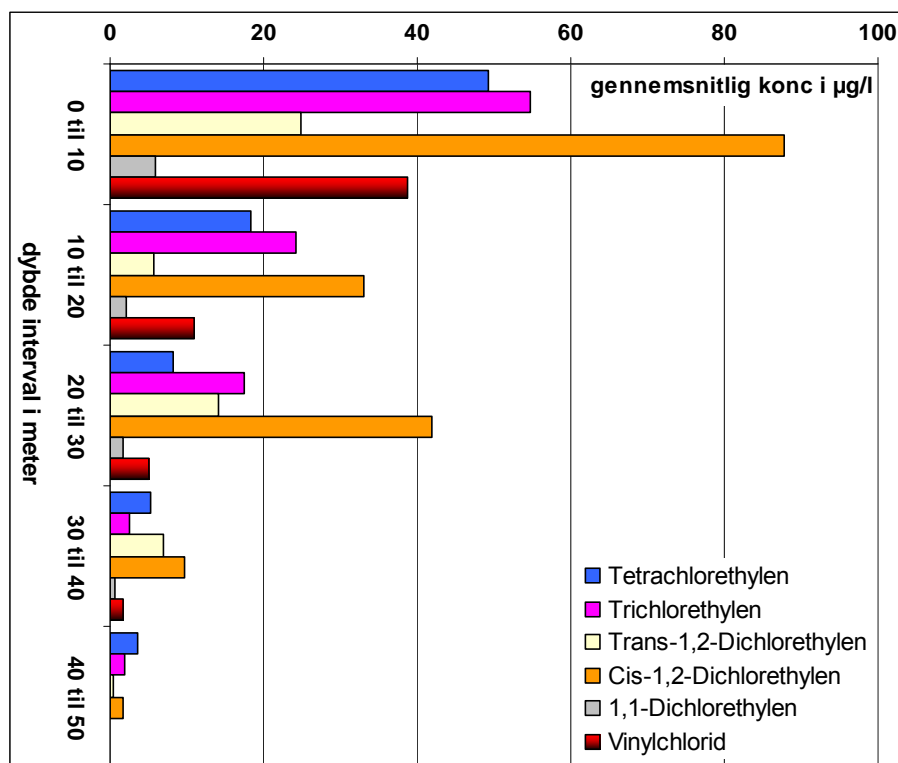


Figur 5.12 Andel (%) borer med fund og med fund større end grænseværdien for halogenerede alifatisk kulbrinter mod dybden for hele perioden 1985-2009 (a) og for perioden 2008+2009 (b). Hhv. 6731 og 1457 analyserede borer med oplysninger om indtagets dybde. Der er et fund i 2008/09 i intervallet 90-100 meter, som er mærket med en stiplede bar. Data fra projektdatabasen

Figur 5.13 og Tabel 5.9 viser fordeling mod dybde under terræn af den gennemsnitlige koncentration af udvalgte klorerede alifatisk kulbrinter, som udgør moderstofferne (PCE og TCE) og de første nedbrydningsprodukter (c-1,2-DCE, c-1,2-DCE, 1,1-DCE og VC).

Af Figur 5.13 fremgår, at de højeste koncentrationer findes i de overfladenære grundvandsmagasiner, og at koncentrationerne falder med dybden, ned til ca. 50 m under terræn. Dette stemmer overens med, at stofferne nedbrydes bedre under anaerobe forhold, som typisk er mere fremherskende med dybden, foruden at stofferne fortyndes under en nedadgående transport. At der findes nedbrydningsprodukter i de øverste grundvandsmagasiner tyder på, at der også sker en vis omsætning i aerobe miljøer.

Nedbrydningsprodukterne (specielt Cis-1,2-Dichlorethylen, men også trans-1,2-Dichlorethylen) dominerer i nogle dybdeintervaller i forhold til moderstofferne, hvilket kan forklares med, at dekloreringsprocessen sker langsommere frem mod vinylchlorid, for hver gang der fraspaltes et Cl-atom. Figur 5.13 og Tabel 5.9 viser, at vinylchlorid generelt findes i koncentrationer lavere end moderstofferne, og i højeste relative koncentrationer i forhold til de andre stoffer i de øverste og de dybeste magasiner. Den relative opkoncentrering af vinylchlorid i toppen kan ikke umiddelbart forklares, men kan skyldes en mindre nedbrydelighed af VC i aerobe miljøer and de andre stoffer. I dybden (> 50 m) kan opkoncentreringen af VC forklares med, at vinylchlorid er mere resistent under anaerobe forhold end sine udgangsstoffer.



Figur 5.13 Den gennemsnitlige koncentration af 6 udvalgte klorerede alifatisk kulbrinter for alle analyser med fund i forskellige dybdeintervaller, hvor dybden svarer til afstanden fra terræn til toppen af indtaget, hvor prøven er udtaget. Stofferne er ordnet efter nedbrydningsrækkefølge under anaerobe forhold. Data fra projektdatabasen

Tabel 5.9 Udvalgte klorerede alifatisk kulbrinter. Den gennemsnitlige koncentration i dybdeintervaller. Alle analyser med fund er medtaget. Data fra projektdatabasen

Dybde under terræn (m)	Gennemsnitlig koncentration (µg/l)					
	Tetrachlorethylen	Trichlorethylen	trans-1,2-Dichlorethylen	cis-1,2-Dichlorethylen	1,1-Dichlorethylen	Vinylchlorid
0 til 10	49,28	54,67	24,85	87,79	5,86	38,83
10 til 20	18,33	24,27	5,74	33,07	2,10	10,98
20 til 30	8,20	17,49	14,11	41,84	1,79	5,12
30 til 40	5,26	2,46	6,92	9,59	0,61	1,58
40 til 50	3,57	1,79	0,41	1,65	0,18	0,12
50 til 60	0,33	2,15	-	0,17	-	3,07
60 til 70	0,15	0,22	-	0,04	0,23	0,09
70 til 80	0,07	0,14	0,10	0,05	-	0,15
80 til 90	0,11	1,01	-	0,11	-	0,02

5.2.7 Redoxforhold, Jupiter og GRUMO

Tages der udgangspunkt i analyser med fund af klorerede alifatisk kulbrinter fra projektdatabasen, hvor der også er gennemført målinger af ilt i felten, findes ca. 4600 analyser. Opdeles disse i analyser med indhold af ilt <1 mg og >1 mg, kan den gennemsnitlige stofkoncentration for de enkelte stoffer vurderes i vand, der formodentligt indeholder ilt, og i vand, der med sikkerhed er iltfattigt (Tabel 5.10).

Der fremgår af Tabel 5.10, at der er flest analyser med fund i borer, der er prøvetaget fra magasiner med lavt iltindhold, bortset fra for tetrachlorethylen, som primært er fundet i iltrige magasiner og med højest gennemsnitskoncentration her. Trichlorethylenindholdet har sammenlignelig koncentration i magasiner med højt og lavt iltindhold, hvilket indikerer, at der i de iltrige miljøer sker en vis nedbrydning af tetrachlorethylen, eller at udgangsstoffet her var TCE, og ikke PCE.

Det ses, at koncentrationerne af nedbrydningsprodukter generelt er højere i iltfattige magasiner, hvilket er forventeligt pga. anaerob nedbrydning af moderstofferne, men det ses også, at der mod forventning også findes ret høje koncentrationer af vinylchlorid i magasiner med et højt iltindhold. Det kan også skyldes, at nedbrydning af vinylchlorid kræver specifikke nedbrydere (dihalococoider), som ikke er til stede. Mellemprodukter kansåledes godt nedbrydes, eller nedbrydes i mikromiljøer med anaerobe forhold.

Opgøres på samme måde den gennemsnitlige koncentration for de udvalgte stoffer i vandprøver udtaget udelukkende fra GRUMO, (men med en skelnen mellem grundvand, der indeholder over og under 0,5 mg ilt/l), ses, at antallet af analyser med fund er størst i grundvandet med det lave iltindhold, bortset fra tetrachlorethylen, som findes fra flest fund og højest gennemsnitskoncentration i det iltede grundvand (Tabel 5.11). Dette stemmer godt overens med resultater i Tabel 5.10 og med forventningerne om nedbrydningsmønstre og -forhold.

Tabel 5.10 Udvalgte klorerede alifatiske kulbrinter. Gennemsnitlig koncentration og antal analyser med fund i grundvand, der indeholder henholdsvis <1 mg ilt/l og >1 mg ilt/l. Data fra projektdatabasen

Stof	<1 mg O ₂ /l	>1 mg O ₂ /l	<1 mg O ₂ /l	>1 mg O ₂ /l
	Konc. (µg/l)	Konc. (µg/l)	Antal analyser	Antal analyser
Tetrachlorethylen	8,2	43,7	606	752
Trichlorethylen	19,7	17,3	1171	783
trans-1,2-Dichlorethylen	52,2	13,3	156	90
cis-1,2-Dichlorethylen	11,3	22,9	362	225
1,1-Dichlorethylen	13,6	3,1	96	55
Vinylchlorid	9,1 (15,3) ^a	5,7 (51,0) ^a	250	77
Antal analyser i alt			2641	1982

^a Alle værdier, der er/kan være detektionsgrænser eller enhedsfejl, er fjernet. Tallet i parentes viser den gennemsnitlige koncentration inkl. mulige fejlindberetninger

I GRUMO findes ikke så høje koncentrationsniveauer for stofferne og heller ikke den samme forskel på indholdet af vinylchlorid mellem iltet og ikke iltet vand (Tabel 5.10 og Tabel 5.11), hvilket dels kan forklares ved det lave antal analyser med fund, som igen hænger sammen med, at GRUMO-oplandene generelt er domineret af landbrug og derfor ikke indeholder industrigrunde og andre almindelige forureningskilder til de klorerede opløsningsmidler.

Tabel 5.11 Udvalgte klorerede alifatiske kulbrinter. Gennemsnitlig koncentration, antal analyser med fund og gennemsnitlig dybde til top af indtag for fund i grundvand, der indeholder henholdsvis <0,5 mg ilt/l og >0,5 mg ilt/l. Data fra GRUMO

Stof GRUMO	<0,5 mg O ₂ /l	>0,5 mg O ₂ /l	<0,5 mg O ₂ /l	>0,5 mg O ₂ /l	<0,5 mg O ₂ /l	>0,5 mg O ₂ /l
	Konc. (µg/l)	Konc. (µg/l)	Antal analyser	Antal analyser	Dybde (m)	Dybde (m)
Tetrachlorethylen	0,24	0,32	36	60	26,5	15,9
Trichlorethylen	4,39	0,40	124	64	22,1	18,8
trans-1,2-Dichlorethylen	0,34	-	2	-	18,5	-
cis-1,2-Dichlorethylen	7,49	0,10	4	5	17,5	32,8
1,1-Dichlorethylen	0,58	-	1	-	10,0	-
Vinylchlorid	1,35	1,32	47	15	28,0	24,1
Antal analyser i alt			214	144	-	-

Der ses dog en klar tendens til langt højere indhold af trichlorethylen i det iltfattede grundvand, hvilket burde give anledning til større koncentrationer af nedbrydningsprodukterne. I GRUMO er datasættet tilsyneladende for lille til, at denne sammenhæng kan bekræftes. Til gengæld er der tilsyneladende en større gennemsnitlig dybde til toppen af de indtag, hvor der er fundet vinylchlorid, hvilket også kunne forventes, da stoffet teoretisk skulle opkoncentreres relativt med stigende dybde, jævnfør resultater i Tabel 5.9.

Tabel 5.12 viser de gennemsnitlige koncentrationer for de udvalgte klorerede alifatiske kulbrinter i grundvand med fund fra GRUMO med/uden nitrat og med/uden opløst jern. Dette kan kun vises for GRUMO, da disse parametre ikke konsekvent analyseres i andre typer borer. Det ses, at de største gennemsnitlige koncentrationer for tetrachlorethylen og trichlorethylen findes i anaerobt grundvand (svarende til grundvand uden nitrat), mens koncentrationerne for de øvrige stoffer (og som funktion af opløst jern, Tabel 5.13) er mere varierede, hvilket formodentlig skyldes, at antallet af analyser med fund i GRUMO er begrænset. Dette er ikke overraskende, da mange af GRUMO-oplandene er domineret af landbrugsområder som omtalt ovenfor. Det er imidlertid overraskende, at der findes små koncentrationer af nedbrydningsprodukterne i de anaerobe miljøer, fordi disse stoffer først og fremmest burde nedbrydes anaerobt.

Tabel 5.12 Udvalgte klorerede alifatisk kulbrinter. Gennemsnitlig koncentration, antal analyser med fund og gennemsnitlig dybde til top af indtag for fund i grundvand, der indeholder henholdsvis <0,01 mg nitrat/l og >0,1 mg nitrat. Data fra GRUMO

Stof GRUMO	<0,01 mg NO ₃ /l	>1 mg NO ₃ /l	<0,01 mg NO ₃ /l	>1 mg NO ₃ /l	<0,01 mg NO ₃ /l	>1 mg NO ₃ /l
	Konc. (µg/l)	Konc. (µg/l)	Antal analyser	Antal analyser	Dybde (m)	Dybde (m)
Tetrachlorethylen	0,36	0,14	63	33	16,1	21,4
Trichlorethylen	8,24	0,65	61	129	19,8	19,6
trans-1,2-Dichlorethylen	0,05	0,62	1	1	27,0	10,0
cis-1,2-Dichlorethylen	3,04	3,81	5	4	21,0	32,3
1,1-Dichlorethylen	-	0,58	-	1		10,0
Vinylchlorid	1,38	1,34	16	46	24,3	28,0

Tabel 5.13 Udvalgte klorerede alifatisk kulbrinter. Gennemsnitlig koncentration, antal analyser med fund og gennemsnitlig dybde til top af indtag for fund i grundvand, der indeholder henholdsvis <0,01 mg opløst jern/l og >0,1 mg opløst jern/l. Data fra GRUMO

Stof GRUMO	Uden opløst Fe ²⁺	Med opløst Fe ²⁺	Uden opløst Fe ²⁺	Med opløst Fe ²⁺	Uden opløst Fe ²⁺	Med opløst Fe ²⁺
	Konc. (µg/l)	Konc. (µg/l)	Antal analyser	Antal Analyser	Dybde (m)	Dybde (m)
Tetrachlorethylen	0,20	0,38	43	51	22,94	16,51
Trichlorethylen	3,93	0,48	140	45	20,64	22,75
trans-1,2- Dichlorethylen	0,34	-	2	-	18,50	-
cis-1,2- Ddichlorethylen	3,38	-	9	-	26,00	-
1,1- Dichlorethylen	0,58	-	1	-	10,00	-
Vinylchlorid	1,56	0,06	53	7	27,95	17,10

5.2.8 Redoxforhold, GRUMO

I GRUMO rapporten fra 2009 (GEUS, 2009), er følgende grænser for redoxzoner benyttet ved karakterisering af grundvandsprøver og inddeling af de enkelte boringsindtag:

1. Iltholdigt grundvand: O₂ >1 mg/l og Fe <0,1 mg/l og Mn <0,1 mg/l (vandtype A)
2. Anoxisk nitratreducerende zone: NO₃ >1 mg/l og O₂ <1 mg/l, (vandtype B)
3. Svagt reduceret grundvand: NO₃ <1 mg/l, O₂ <1 mg/l og SO₄ >20 mg/l, (vandtype C)
4. Stærkt reduceret grundvand: NO₃ <1 mg/l, O₂ <1 mg/l og SO₄ <20 mg/l. (vandtype D)

For at vurdere om der er sammenhæng mellem forskellige redoxmiljøer i grundvandet og forekomst af halogenerede alifater, er alle indtag i GRUMO inddelt i de fire redox typer. Grundlaget for inddelingen er de beregnede gennemsnitlige koncentrationer af ilt, nitrat, opløst jern og mangan for analyserede prøver fra de enkelte indtag (Tabel 5.14). Tabellen viser, at indtagene er rimelig jævnt fordelt over vandtype, med 26 % af indtagene karakteriseret som iltholdige, 14 % som anoxisk nitratreducerede, 35 % som svagt reducerede, mens 11 % er stærkt reducerede. Fjorten procent af indtagene kunne ikke kategoriseres, hvilket skyldes manglede oplysninger om de fem kemiske parametre for disse.

Tabel 5.14 Fordeling af indtag i fire vandtyper efter redoxforhold. Antal indtag og gennemsnitskoncentration for ilt, nitrat, opløst jern og opløst mangan for de fire vandtyper er vist. Data fra GRUMO

Redoxzone GRUMO	Antal indtag	Andel (%)	Vandtype	Gennemsnitskonc. ^a			
				O ₂	NO ₃	Fe	Mn
Iltholdigt grundvand	516	26	A	6,9	51,4	0,03	0,02
Anoxisk nitratreducerende grundvand	274	14	B	0,4	16,8	1,5	0,3
Svagt reduceret grundvand	699	35	C	0,3	0,5	2,9	0,3
Stærkt reduceret grundvand	212	11	D	0,3	0,4	2,5	0,2
Uden for kategori	271	14	ukendt	4,4	26,3	1,3	0,2
Antal indtag i alt	1972	100					

^a Koncentration i mg/l

Opdeles fund af de klorerede alifatiske kulbrinter fra indtagene i forhold til de nævnte redoxzoner, ses, at vinylchlorid forekommer hyppigst i anoxisk nitrat reducerende grundvand og i svagt reduceret grundvand, hvor stoffet også forekommer i de største koncentrationer (Tabel 5.15). Samme mønster ses også for tetrachlorethylen og for trichlorethylen, men dog ikke så udtalt. Der er således ingen entydig sammenhæng mellem den forventede nedbrydning i redoxzonerne og forekomsten af disse stoffer, hvilket kan skyldes at datamaterialet er for lille (Tabel 5.16). Det var forventeligt, at der var større indhold af moderstofferne i de mere iltrige miljøer.

Tabel 5.15 Udvalgte klorerede alifatiske kulbrinter^a. Gennemsnitlig koncentration for analyser med fund og antal analyser fordelt på de forskellige redoxmiljøer. Data fra GRUMO

Redoxzone GRUMO	Gennemsnitskonc. (µg/l)				Antal fund			
	Tetrachlor-ethylen	Trichlor-ethylen	cis-1,2-dichlorethylen	Vinylchlorid	Tetrachlor-ethylen	Trichlor-ethylen	cis-1,2-dichlorethylen	Vinylchlorid
Iltholdigt grundvand	0,098	0,072	-	0,117	20	13	-	5
Anoxisk nitrat-reducerende grundvand	0,220	0,122	0,210	1,749	33	34	1	11
Svagt reduceret grundvand	0,250	4,819	4,316	1,690	23	114	7	37
Stærkt reduceret grundvand	0,113	0,138	-	0,137	3	9	-	8
Uden for kategori	0,666	1,130	0,026	0,020	19	29	1	1

^a 1,1-Dichlorethylen og trans-1,2-Dichlorethylen er ikke medtaget, da de kun forekommer i 1 og 2 analyser med fund, se Tabel 5.16

Tabel 5.16 Udvalgte klorerede alifatiske kulbrinter. Antal analyser med fund pr stof i perioden 1990 til 2008. Data fra GRUMO

Stof GRUMO	Antal analyser med fund
Tetrachlorethylen	98
Trichlorethylen	199
cis-1,2-Dichlorethylen	9
1,1-Dichlorethylen	1
trans-1,2-Dichlorethylen	2
Vinylchlorid	62

Tabel 5.17 Udvalgte klorerede alifatiske kulbrinter. Gennemsnitlig dybde til top indtag under terræn for analyser med fund fordelt på redoxzoner. Data fra GRUMO

Redoxzone GRUMO	Tetrachlor-ethylen	Trichlor-ethylen	cis-1,2-dichlor-ethylen	Vinylchlorid
	Dybde til top indtag (m)			
Iltholdigt grundvand	13,2	16,0	-	14,8
Anoxisk nitratreducerende grundvand	16,8	21,2	29,5	23,0
Svagt reduceret grundvand	26,3	20,4	27,0	28,5
Stærkt reduceret grundvand	74,9	49,3	-	33,4
Uden for kategori	15,1	14,8	15,5	27,7

Vurderes den gennemsnitlige dybde til top indtag i de forskellige redoxmiljøer for de enkelte stoffer, ses, at vinylchlorid generelt forekommer i de samme niveauer som de øvrige tre stoffer, men også at stoffets funddybde i stærkt reduceret grundvand er væsentlig mindre end moderstofferne, Tabel 5.17. Der er således ingen tegn her på opkoncentrering af vinylchlorid med dybden.

5.2.9 Geologi, GRUMO

De enkelte grundvandsovervågningsområder (70 i alt, mellem 1990 og 2004/2007, herefter kun 50 aktive) er blevet inddelt i henholdsvis sand-, ler-, og kalk-dominerede oplande ud fra den dominerende geologi der overlejrer de øverste grundvandsmagasiner, hvorfra der indvindes grundvand i områderne. De enkelte overlejrende lags tykkelse varierer fra få meter til mere end 50 m., Oplandene er også karakteriseret med andel bebyggelse, gennemsnitlig topografi, nedbør, mm. Desuden er reservoirbjergarterne for de enkelte indtag i GRUMO oplandene blevet karakteriseret.

Tabel 5.18 viser den gennemsnitlige koncentration for analyser med fund for de seks udvalgte alifatiske kulbrinter og sumkoncentration, fordelt på henholdsvis sand-, ler- og kalkdominerede GRUMO områder.

Tabellen viser, at langt de fleste analyser med fund stammer fra oplande, hvor den øvre del af geologien er domineret af ler. Dette kan hænge sammen med, at der er særlig stor forekomst af industrivirksomheder i Østdanmark, der netop er domineret af moræneler.

Der fremgår også, at både den gennemsnitlige koncentration og sumkoncentrationen er langt større for overvågningsindtag, der ligger i oplande domineret af ler. Den gennemsnitlige koncentration er således næsten seks gange større i oplande under ler end under sand. Dette kan igen skyldes den skæve overvejende forekomst af forurenende virksomheder på områder med leret geologi.

En anden mulig forklaring er, at smeltevandssand i Danmark næsten altid indeholder mindst 1 - 2 % lignit og andre kulfragmenter, som kan skabe små mikromiljøer med anaerobe forhold i de ellers overvejende iltede sandede sedimentter, hvor de klorerede alifater kan nedbrydes. I de lerede oplande kan transporten gennem dæklag være hurtig pga. forekomst af sprækker, og indholdet af kulfragmenter er langt mindre i moræneler, hvor kun en begrænset del af leret er i berøring med det grundvand, der infiltreres gennem sprækker. Dette er dog en meget løs hypotese, der kræver en nøjere analyse, f.eks. af sammenhængen mellem forekomsten af forurenende grunde og geologi, og transport og nedbrydningsforhold i de forskellige typer miljøer.

Kalk har lavest antal fund og laveste koncentrationer. Umiddelbart kendes der ikke en forklaring på dette, og grundlaget er meget spinkelt. Der er ikke en tydelig forskel på den gennemsnitlige dybde for top indtag for analyser med fund for de tre hovedtyper af geologi (Tabel 5.18), hvilket ikke underbygger en hurtigere transport i ler end i sand.

Tabel 5.18 Halogenerede alifatiske kulbrinter. Antal analyser med fund, gns. konc. for analyser med fund, sumkonc. og dybde til top indtag for fund, fordelt på tre overordnede geologiske forekomster i GRUMO oplandene. Data fra GRUMO

Oplandskarakterisering GRUMO	Antal analyser med fund	Gns. konc. ^a	Sum- konc.	Gns. dybde til top indtag (m)
Ds, sand + smeltevandssand	57	0,39	22,1	26,6
K, kalk	4	0,05	0,2	26,4
MI, moræneler + ler	310	2,29	709,3	20,1
Antal analyser med fund i alt	371			

^a Koncentration i µg/l

Tabel 5.19 Halogenerede alifatiske kulbrinter. Antal analyser med fund, gns. konc., sumkonc. og dybde til top indtag for fund, fordelt på reservoirbjergarter. Data fra GRUMO

Reservoirbjergart (m. kode) GRUMO	Antal analyser med fund	Gns. konc. ^a	Sum- konc.	Gns. dybde til top indtag (m)
Sand, smeltevands- ds	111	4,59	510	26,6
Sand, moræne ms	9	0,44	3,95	17,6
Sand, kvarts ks	5	0,08	0,4	60,4
Sand, marint ys	4	0,08	0,3	10,1
Sand, glimmer oligocænt gs	1	0,03	0,03	26,0
Grus, smeltevands- dg	13	0,39	5,1	23,7
Sten, moræne mz	1	0,02	0,02	2,5
Ler, moræne ml	8	0,12	1,0	15,7
Kalk, bryozo bk	122	0,74	90,8	13,6
Kalk, kalksands- kk	62	1,85	114,7	25,8
Kalk, skrivekridt sk	17	0,05	0,8	24,1
Kalk, Danien zk	14	0,31	4,3	12,0
Sandsten Balka kq	4	0,05	0,2	26,4

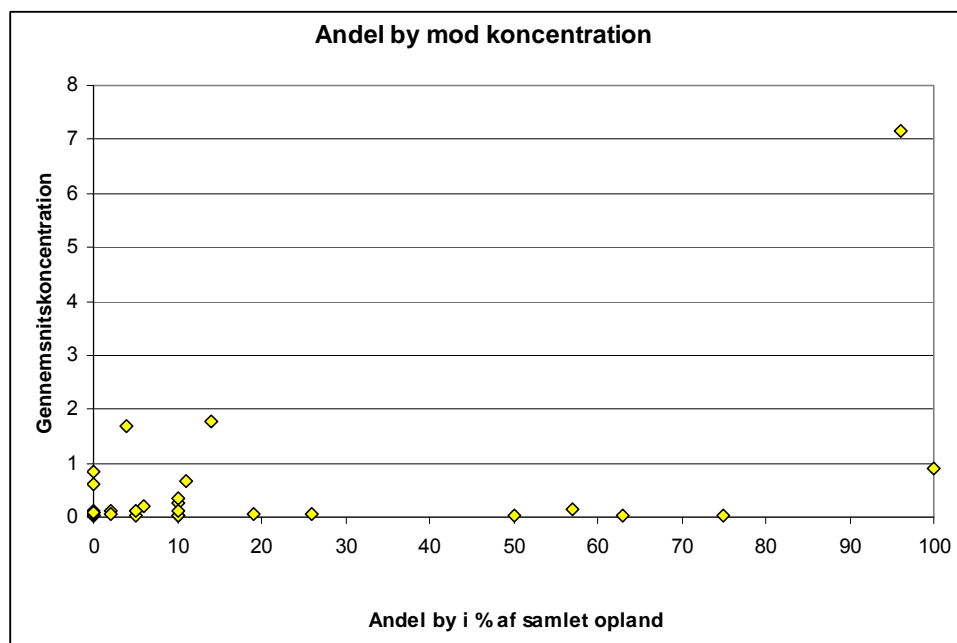
Tabel 5.19 viser fordelingen af halogenerede alifater i de bjergartstyper, som prøverne er udtaget fra. Disse oplysninger er ikke nødvendigvis overensstemmende med karakteriseringen af overordnet bjergart i GRUMO oplandene, som er opført i Tabel 5.18. Det fremgår af Tabel 5.19, at der kun er ganske få fund i leren, hvilket primært skyldes, at indtagene ikke er placeret i selve moræneleren. De fleste indtag er placeret i permeable lag, som sand og opsprækket kalk. Langt hovedparten af fundene er således fra smeltevandssand og bryozokalk (Tabel 5.19). De højeste koncentrationer er også fundet i smeltevandssandlag, men der er også fundet ret høje koncentrationer i opsprækkede kalkmagasiner, bestående af bryozokalk, skrivekridt samt danienkalk.

Det er således formodentlig ikke de geologiske lag, hvor prøverne er udtaget fra, der er styrende for gennemsnitskoncentrationerne, men i lige så høj grad de dæklag, der findes over de forurenede magasiner, som stofferne er blevet transporteret igennem under nedsvivningen, og det siger Tabel 5.18 mere om end Tabel 5.19. Den gennemsnitlige dybde fra terræn til toppen af de indtag, som

vandprøverne med fund er udtaget fra (Tabel 5.19), viser, at de forurenede kalklag ligger ganske tæt ved terræn. Dette skyldes, at kun den øvre del af kalken er knust af indlandsisen under Weichsel istid og derfor mere permeabel og sårbar overfor forurening end de dybere niveauer af kalklagen, hvor kalken er mere tæt, og der heller ikke findes særligt mange tektoniske sprækker.

5.2.10 Andel byområder, GRUMO

Der er fundet halogenerede alifater i 36 af de 70 grundvandsovervågningsområder. Opdeles disse oplande efter andel by i oplandene og beregnes den gennemsnitlige koncentration af de fundne klorerede kulbrinter i det enkelte opland, Tabel 5.20 og Figur 5.14, findes ikke nogen direkte sammenhæng mellem andel by og gennemsnitlige koncentrationer. Det er dog tydeligt, at der findes mange analyser med fund i de tæt bebyggede områder, hvilket kan forventes, fordi denne forureningstype ofte stammer fra punktkilder ved bebyggede områder. En manglende tydeligere sammenhæng mellem andel by og gennemsnitskoncentration kan skyldes, at områder med industri ikke altid er kategoriseret som by, eller at der ikke er analyseret for stofferne lige intenst i alle byområder. Intensiteten af forurenede virksomheder/grunde spiller også ind. Således er fund særlig høje og hyppige i GRUMO områder indenfor hovedstadsområdet (Tabel 5.20).



Figur 5.14 Andel (%) by i 32 GRUMO oplande mod den gennemsnitlige koncentration af halogenerede alifatiske kulbrinter

Tabel 5.20 Halogenerede alifatiske kulbrinter. 36 oplande fra grundvandsovervågningen med fund. Andel by, gennemsnitlig koncentration og sumkoncentration pr opland, mindste og største tykkelse af lerlag, nettonedbør og den topografiske forskel. Data fra GRUMO

GRUMO områdenr. ^a	Oplandsnavn	Antal analyser med fund	Andel (%) by i opland ^b	Gns. konc. (µg/l)	Sum-konc. (µg/l)	Lerlag, min tykkelse (m)	Lerlag, max tykkelse (m)
15.13	Gladsaxe	33	100	0,89	29,36	5	15
13.11	Frederiksberg	76	96	7,16	543,79	4	20
30.13	Nykøbing Sjælland	10	75	0,03	0,28	0	0
65.12	Haderup	2	63	0,02	0,04	0	0
65.11	Brande	2	57	0,16	0,32	0	0
15.12	Ishøj	3	50	0,04	0,13	10	20
15.11	Søndersø	8	26	0,05	0,44	5	20
20.14	Espergærde	1	19	0,05	0,05	0	20
60.11	Thyregod	9	14	1,78	16,01	0	0
35.13	St. Heddinge	144	11	0,66	95,38	3	20
25.02	Brokilde	2	10	0,03	0,07	10	40
70.11	Nordsamsø	4	10	0,25	0,99	0	10
50.11	Bedsted	5	10	0,36	1,80	0	0
76.13	Nykøbing Mors	3	10	0,04	0,13	7	10
25.11	Asemose	1	10	0,13	0,13	3	40
80.12	Skerping	1	6	0,19	0,19	0	0
55.12	Ølgod	1	5	0,04	0,04	0	20
20.11	Skuldelev	1	5	0,12	0,12	0	30
35.11	Vesterborg	22	4	1,68	36,92	10	40
80.01	Tomby	6	2	0,11	0,66	0	0
40.01	Smålyng	4	2	0,05	0,20	0	0
30.12	Store Fuglede	1	0	0,62	0,62	10	15
42.11	Svendborg	1	0	0,09	0,09	5	20
50.02	Mjang	1	0	0,04	0,04	30	45
80.14	Gislum	1	0	0,09	0,09	0	10
50.12	Rødding	1	0	0,03	0,03	0	15
55.13	Forumlund	2	0	0,08	0,16	0	0
70.13	Hvinningdal	2	0	0,04	0,08	0	15
76.12	Skive	3	0	0,05	0,15	0	5
80.02	Råkilde	1	0	0,11	0,11	0	0
80.13	Albæk	1	0	0,07	0,07	0	0
42.12	Nørre-Søby	1	0	0,83	0,83	0	50
35.03	Hjemsøllille	5	ukendt	0,18	0,91	0	50
50.14	Frøslev	1	ukendt	0,03	0,03	0	0
65.15	Klosterhede	6	ukendt	0,18	1,09	0	0
15.14	Søndersø	6	ukendt	0,04	0,27	5	15
Antal analyser i alt		371					

^a Tabellen er sorteret efter faldende andel by i GRUMO oplandene

^b Den procentvise fordeling af arealtyper i oplandet som stammer fra de enkelte oplandes etableringsrapporter

Der er dog en sammenhæng mellem manglende lerlag/ringe lerlagstykkelse og de fundne koncentrationer, da der ofte kun findes små gennemsnitkoncentrationer i områder med tynde lerlag, hvor der formentlig er større andel af sand (Tabel 5.20).

Opdeles de 36 oplande i intervaller med stigende andel by, findes en bedre overensstemmelse mellem bebyggelsesgrad og høje gennemsnitlige koncentrationer af halogenerede alifater, Tabel 5.21. Af tabellen fremgår dog, at sammenhængen ikke er entydig. Der er tilsyneladende også her en vis sammenhæng mellem små gennemsnitkoncentrationer og manglede eller tynde lerdæklag.

Tabel 5.21 Halogenerede alifatiske kulbrinter. 36 oplande med fund, gennemsnitlig koncentration, sumkoncentration og tykkelse af lerlag, fordelt efter andel by i oplandene. Data fra GRUMO

Byandel (%) GRUMO	Antal oplande	Gns. konc. (µg/l)	Sumkonc. (µg/l)	Lerlag, gns. min tykkelse (m)	Lerlag, gns. max tykkelse (m)
75 - 100	3	2,69	573,4	3	11,7
25 - 75	4	0,07	0,9	3,8	10
10 - 25	8	0,41	114,6	2,9	17,5
5 - 10	3	0,12	0,4	0	16,7
0 - 5	3	0,61	37,8	3,3	13,3
0 procent	11	0,19	2,3	4,1	15,9
Ukendt	4	0,11	2,3	1,3	16,3

5.2.11 GRUMO lertykkelse

Opdeles indtagene med fund af klorerede kulbrinter i borerer domineret af ler i de øverste 5 m af borerne, og i borerer domineret af sand i det øverste 5 m, Tabel 5.22, ses, at langt de fleste analyser med fund stammer fra borerer domineret med ler i toppen, og at der i borerer domineret af sand findes langt færre analyser med fund. Der er her ikke taget hensyn til, hvad der findes af geologi under de første 5 m lagfølge i borerne. Dette tyder på, som også antydtes i Tabel 5.18, at geologien kan være afgørende, men at det ikke kan udelukkes, at korrelationen også hænger sammen med, som sagt, at de fleste forurenende grunde ligger i lerede områder i Danmark.

Tabel 5.22 Udvalgte klorerede alifatiske kulbrinter. Indtag med fund er opdelt i borerer med ler og sand, henholdsvis, i de øverste 5 m af borerne. Data fra GRUMO

Stof GRUMO ^a	Borerer med lerdække		Borerer med sanddække	
	Antal analyser med fund	Gns. konc. (µg/l)	Antal analyser med fund	Gns. konc. (µg/l)
Tetrachlorethylen	68	0,3	50	8,4
Trichlorethylen	119	1,2	-	-
trans-1,2-Dichlorethylen	1	0,6	6	0,5
cis-1,2-Dichlorethylen	4	3,8	4	3,7
1,1-Dichlorethylen	1	0,6	-	-
Vinylchlorid	39	1,6	12	1,8
Antal analyser i alt	232		72	

^a En række af monitoringsboringerne indeholder flere indtag, men alle borerer medtaget i denne tabel har indtag indenfor de øverste 5 m, og er kategoriseret i forhold til geologi i de øverste 5 m i boreren

Generelt ved vurdering af sammenhæng mellem geologi og fund/forekomster af forurening af stoffer fra jordoverfladen, skal slutninger drages med forsigtighed. Selv om en boring indeholder 5 m moræneler i toppen, stammer det analyserede vand fra boreren ikke nødvendigvis fra et område med ler, og tilsvarende kan vandprøver, der er udtaget fra "sandboringer", oprindeligt være infiltreret i områder domineret af ler langt væk fra den undersøgte boring. De fundne resultater tyder dog på, at man ikke kan antage, at ler generelt og lerlag af en vis tykkelse over borerens indtag er en god indikator for beskyttede grundvandsmagasiner, som det ellers ofte fremføres. Viden om transportveje for stofferne ned gennem lagene er helt afgørende, men svær af frembringe. Udover de hydrogeologiske forhold, kan også helt lokale forhold og forhold omkring boringsinstallationerne være afgørende for, om grundvandet er mere eller mindre beskyttet.

5.2.12 Delkonklusion for halogenerede alifatiske kulbrinter

Betragtes alle analyseresultaterne i projektdatabasen for perioden 1984 - 2009, er der på landsplan fundet halogenerede alifatiske kulbrinter (hovedsageligt klorerede alifater) i 30 % af alle borerer (i alt 7489 borerer), som er analyseret for indhold af denne stofgruppe. I 12,7 % af borerne var der overskridelser af kvalitetskriterierne for grundvand for et eller flere af de enkeltstoffer, som indgår i stofgruppen.

Borerne forurenede med halogenerede alifater forekommer først og fremmest i byområder og i størst antal i hovedstadsområdet. Dette hænger sammen med, at de fleste punktkilder findes i byområder. Helt dominerende i denne sammenhæng er hovedstadsområdet, hvor oprydning- og monitoringsindsatsen har været specielt stor. Undersøgelsesintensiteten er geografisk skæv, idet der naturligvis ikke undersøges lige så meget i f.eks. Vestjylland, hvor antallet af registrerede forurenede lokaliteter er mindre end i de større byer.

Andelen af borer med fund af halogenerede alifatiske kulbrinter er faldet gennem de senere år fra ca. 32 % i 2005 til omkring 21 % i 2009, mens andelen af borer med fund over grænseværdien er faldet fra ca. 20 % i 2005 til ca. 8 % i 2009. Dette resultat fremkommer ved at inddrage hele datasættet fra projektdatabasen, dvs. data fra alle borer inkl. vandindvindingsboringer, GRUMO-boringer og miljøboringer. Antallet af undersøgte borer er imidlertid faldet fra 2007, og faldet i andel fund kan skyldes, at antallet af undersøgte og indrapporterede forurenede borer er faldet som følge af kommunalreformen i starten af 2007.

Den gennemsnitlige koncentration for alle analyser med fund pr år for vinylchlorid falder markant fra ca. 9 µg/l i 2006 til omkring 1 µg/l i 2009. Et tilsvarende men mindre markant fald i gennemsnitskoncentration ses for de øvrige halogenerede stoffer. Igen kan det ikke udelukkes, at faldet er et artefakt af kommunalreformen. Der ses dog stadig et fald i gennemsnitskoncentration af halogenerede alifatiske kulbrinter, når miljøboringer udelades af datasættet, hvilket kan tyde på et reelt fald.

Det er kritisk at monitere og indrapportere konsekvent og systematisk for disse stoffer i de kommende år, da der forud for kommunalreformen i 2007, fra 2003, sås en stigning i gennemsnitskoncentration af disse stoffer, mest for vinylchlorid.

Fordeling af gennemsnitskoncentration mod dybde for de vigtigste klorerede alifatiske kulbrinter viser, at koncentrationerne falder med dybden (op til 90 m under terræn), formentlig pga. nedbrydning og fortynding under en nedadgående transport. Alle stoffer, moderstoffer og nedbrydningsprodukter, forekommer i alle dybder, men med en vis relativ opkoncentrering af vinylchlorid i de øverste (0-10) og nederste (>50 m) grundvandmagasiner. Dette kan skyldes fordelagtige nedbrydningsmiljøer for moder- og mellemprodukter i disse lag, øverst pga. mikromiljøer og cometabolitter og nederst pga. udbredte anaerobe forhold, hvor VC dog er mindst nedbrydeligt.

Skelnes mellem fire redoxmiljøer ud fra indhold af ilt, nitrat, jern, sulfat og mangan findes, at vinylchlorid forekommer i de største koncentrationer og hyppigst i anoxisk nitrat-reducerende grundvand og i svagt reduceret grundvand, og i mindre koncentrationer i aerob grundvand. Samme mønster ses også for tetrachlorethylen og for trichlorethylen. Disse to stoffer skulle forventeligt forekomme i mindre omfang i de mere iltfattede miljøer, eftersom de må forventes at nedbrydes her. Et mere forventeligt mønster ses, hvis der kun skelnes mellem iltrigt/ikke iltrigt miljø. Her findes nedbrydningsprodukterne mest i de reducerede miljøer, og moderstofferne i de aerobe. Disse sidstnævnte data er også baseret på et større datamateriale, hvilket giver dem mere vægt.

De gennemsnitlige koncentrationer er langt større i grundvand under grundvandsområder domineret af ler, hvor koncentrationen er ca. seks gange større end områder under sand, set ud fra GRUMO datasættet. Smeltevandssand i Danmark indeholder ofte 1 - 2 % lignit og andre kulfragmenter som kan danne mikromiljøer med anaerobe forhold, hvor de klorerede alifater måske kan nedbrydes, når stofferne transporteres forbi disse med grundvandet. Dette kan være en (stadig udokumenteret) forklaring på, hvorfor disse stoffer kun sjældent findes i sandområder. I de lerede oplande er transporten gennem sprækker og bioporer formentlig langt hurtigere, og den biologiske nedbrydning er tilsyneladende mindre effektiv i den geokemi, der findes under lerdæklag. Imidlertid kan det ikke udelukkes, at dominansen af fund af halogenerede alifater på lerjorde er geografisk bestemt, idet der er størst pres fra forureninger i den østlige del af landet, som også er karakteriseret ved lerede jorde. Disse aspekter kræver yderligere analyser og studier.

Der findes ingen direkte sammenhæng mellem andel byareal og gennemsnitlige koncentrationer i GRUMO områderne. Særlig høje og hyppige er fund dog i hovedstadsområdet, hvilket måske kan forklares ved intensiteten af forurenende virksomheder/grunde her.

Da geologien er væsentlig forskellig i østlige og vestlige dele af landet, og måleintensiteten er skæv for disse områder, er grundlaget for at slutte, at forureningsrisikoen er mindst i sandede områder spinkelt. En nøjere analyse af sammenhæng mellem forurenede lokaliteter, overvejende geologi og fund er her påkrævet.

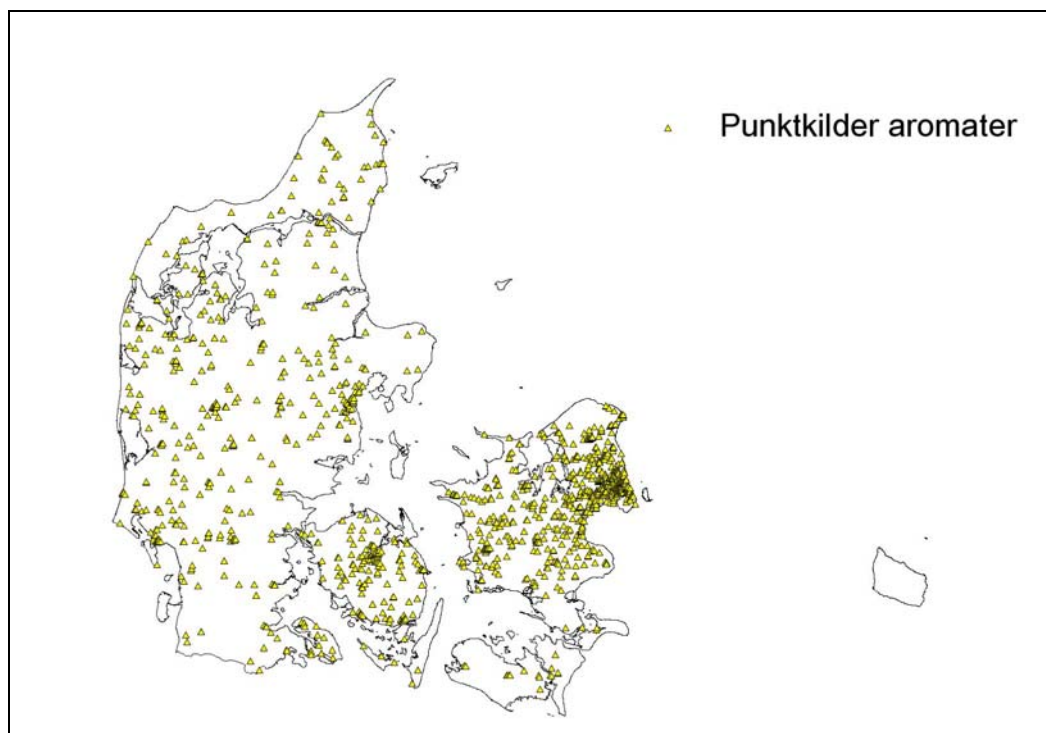
5.3 Resultater for de aromatiske kulbrinter

5.3.1 Geografisk fordeling af fund

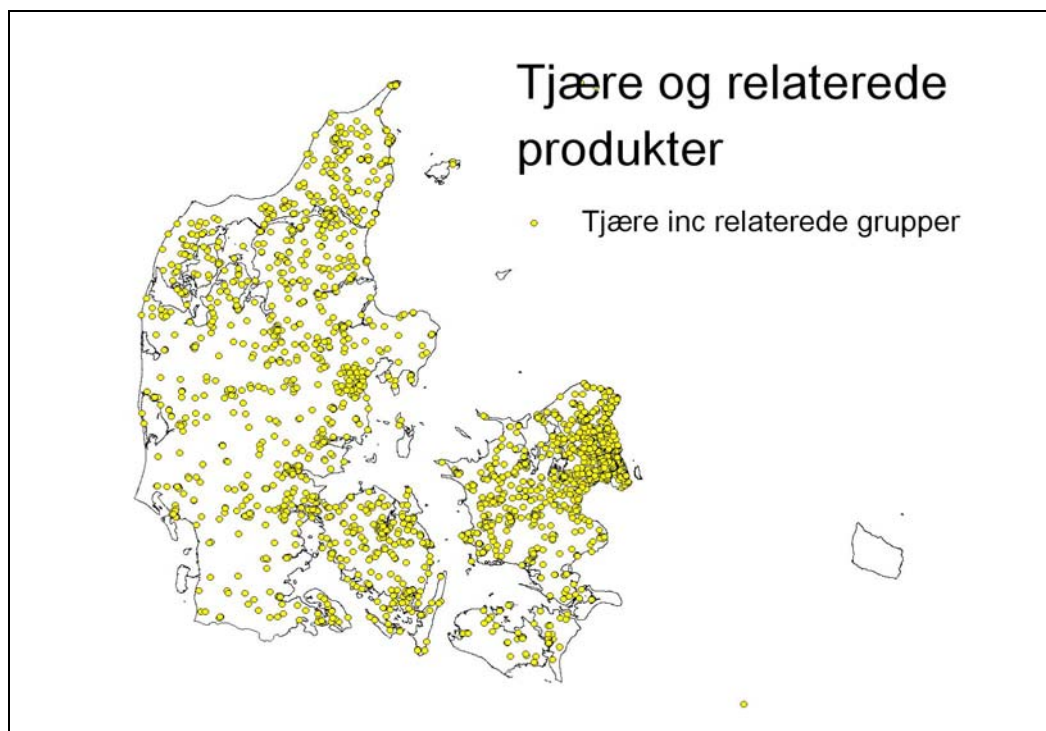
Der er i Miljøstyrelsens database, ROKA, over forurenede lokaliteter registreret 1810 lokaliteter (heraf 1800 med oplysninger om UTM koordinater) med aromatiske kulbrinter, se Tabel 3.2. Lokaliteterne er, som det er tilfældet med lokaliteterne forurenede med klorerede kulbrinter, særlig koncentreret i de bynære områder med høj befolkningskoncentration, men der er også mange forurenede grunde i det åbne land. Figur 5.15 viser den geografiske fordeling af de forurenede lokaliteter på landsplan. Som det fremgår af Figur 5.15 og Tabel 5.23, er der en mere ligelig fordeling af grundene med aromater på regionsniveau i forhold til

fordelingen af grunde forurenet med klorerede alifatiske kulbrinter, hvor der er fundet en stor overvægt i hovedstadsregionen (Tabel 5.2). Den mere ligelige fordeling kan forklares med, at kilderne til de aromatiske kulbrinter bl.a. er benzin og oliestoffer, som typisk findes ved tankstationer, som forekommer over hele landet, både i bynære og ikke bynære områder.

Figur 5.16 viser den geografiske fordeling af punktkilder for stofgruppen "tjære", der iflg. registreringsinformationen omfatter de mere eller mindre uspecifikke stoffer: anthracen, benz(a)anthracen, benzo(a)pyren, benzo(b)fluoranthren, benzo(e)pyren, chrysen/triphenylen, dibenz(a,h)anthracen, fluoranthren, naphthacen, phenanthren, polyc.arom.kulbr.pah, pyren og tjære. Der er ikke under disse punktkilder nævnt de aromater, der er undersøgt i projektet, men det er veldokumenteret, at monoaromatiske kulbrinter (BTEX'er) forekommer i forbindelse med tjæreforureninger fra eksempelvis gamle gasværker. Sammenholdes de to kort ses dog en god overensstemmelse i fordelingsmønstre hvor langt de fleste punktkilder forekommer omkring byerne.



Figur 5.15 Geografisk fordeling af registrerede lokaliteter, der er forurenet med aromatiske kulbrinter. N=1800

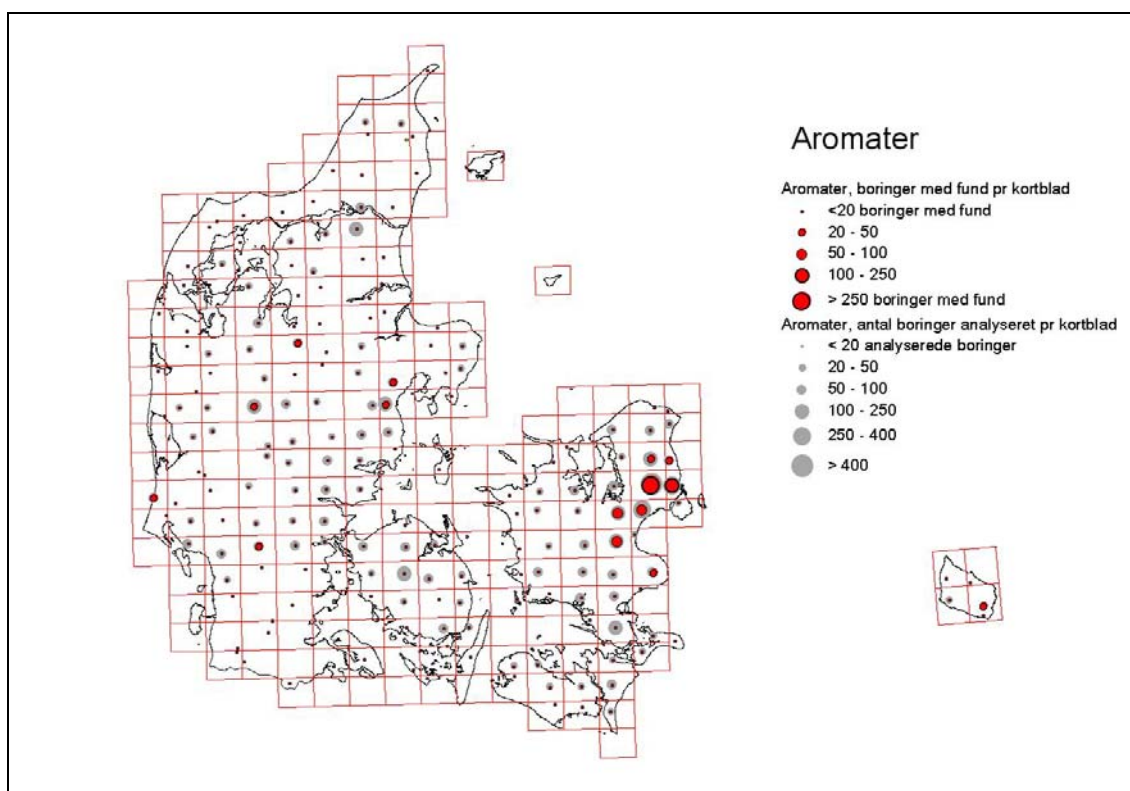


Figur 5.16 Geografisk fordeling af lokaliteter, der er registreret som forurenet med 'Tjære'. N(tjære) = 5389 med UTM koordinater

Optælles antal borerer analyseret for aromatiske kulbrinter og antal borerer med fund pr kortblad (Figur 5.17), ses, at der er mange borerer med fund af aromater i hovedstadsområdet, men også at antallet af borerer med fund ikke er særlig stort i andre dele af landet.

Tabel 5.23 Antal registrerede forurenede lokaliteter med aromatiske kulbrinter, fordelt på regioner. Data fra ROKA

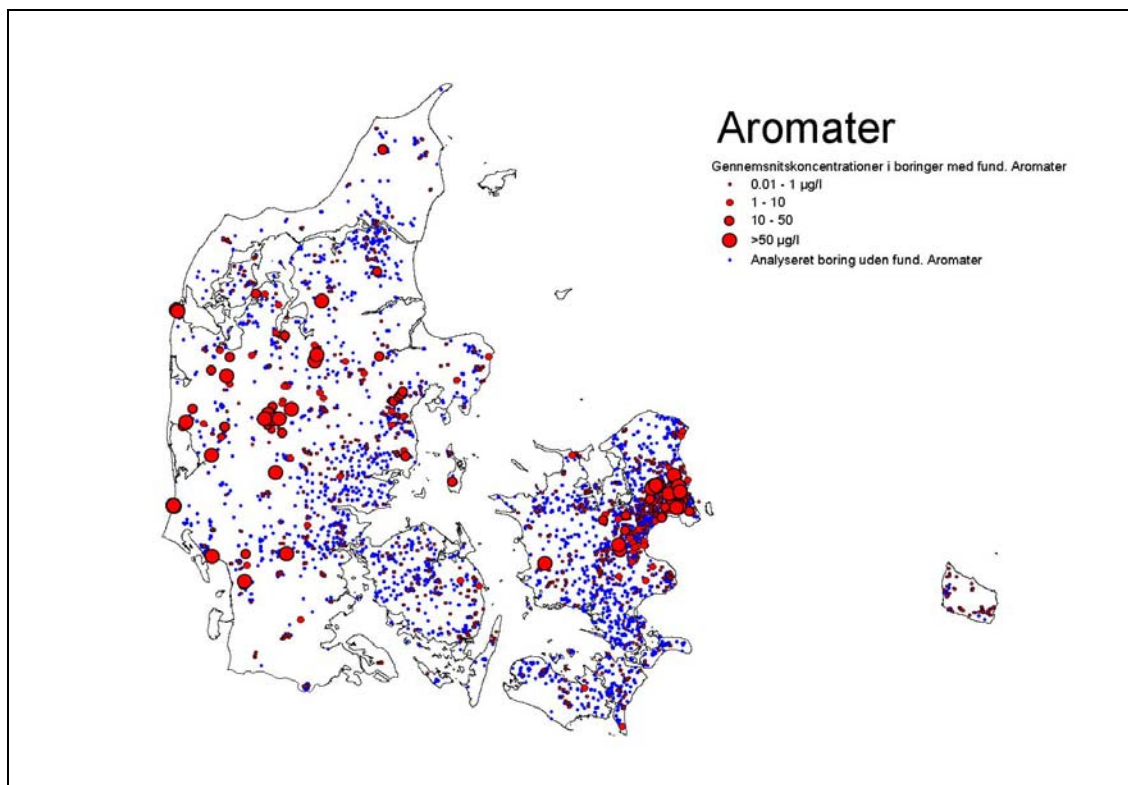
Region	Antal forurenede lokaliteter
ROKA	
Bornholm Regionskommune	4
Region Hovedstaden	631
Region Midtjylland	265
Region Nordjylland	86
Region Sjælland	445
Region Syddanmark	379
Antal forurenede lokaliteter i alt	1810



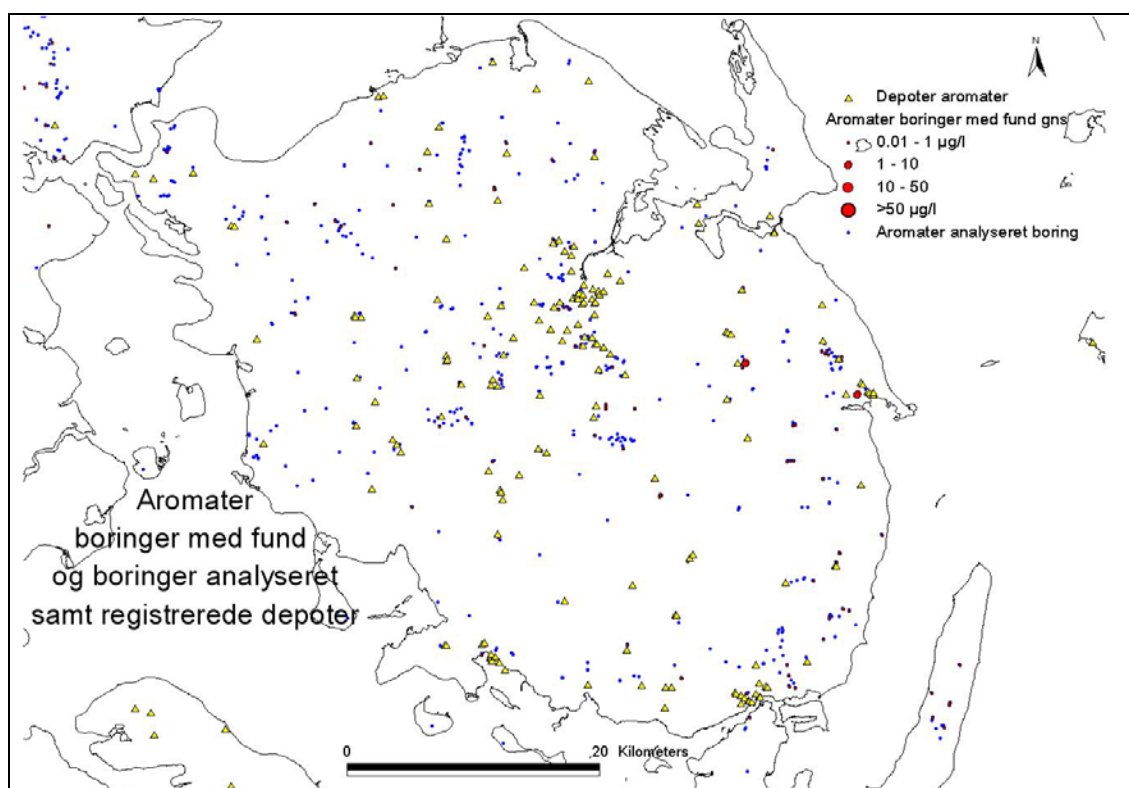
Figur 5.17 Antal borerer analyseret (markeret med grå signatur) og borerer med fund (gennemsnitskoncentrationer markeret med rød signatur) pr kortblad for de aromatiske kulbrinter. 7310 analyserede borerer, 1954 borerer med fund. Data fra projektdatabasen

Figur 5.18 viser borerer med og uden fund. Det fremgår, at på trods af en relativ høj overordnet fundprocent (26.7 % af borererne, Tabel 5.1), kan der forekomme områder med relativt få fund af aromater, hvor der er mange registrerede forurenede lokaliteter. Dette er illustreret i Figur 5.19 over Fyn, hvor det ses, at der kun findes få borerer med aromater i områder med en stor tæthed af registrerede forurenede lokaliteter, selv om der er analyseret for aromater i mange borerer. Det skal dog bemærkes, at der kun i begrænset omfang er indberettet miljøboringer fra Fyn til Jupiter (se Bilag E). Ikke desto mindre viser Figur 5.19, at grundvandsressourcen på Fyn generelt kun i begrænset omfang er påvirket af aromatiske kulbrinter.

Der er således meget, der tyder på, at aromaterne bliver omsat under transporten i eller mod grundvandsmagasinerne, og at de aromatiske kulbrinter ikke i samme omfang er en trussel mod grundvandet som de klorerede alifater.



Figur 5.18 Geografisk beliggenhed af borer analyseret for indhold af aromatiske kulbrinter. I borer med fund er gennemsnitskoncentration ($\mu\text{g/l}$) pr boring angivet med rød signatur. 7310 analyserede borer, heraf 1954 borer med fund. Data fra projektdatabasen



Figur 5.19 Geografisk beliggenhed og gennemsnitskoncentration ($\mu\text{g/l}$) pr boring med fund og placering af borer analyseret uden fund for aromatiske kulbrinter og beliggenhed af forurenede lokaliteter med aromatiske kulbrinter for Fyn. Data fra projektdatabasen

5.3.2 Fund af enkeltstoffer

Det anvendte udtræk fra Jupiter databasen indeholder 119.600 enkeltstofanalyser af aromatiske kulbrinter, som er udtaget fra 7310 borer, hvoraf 10.407 analyser af enkeltstoffer var med fund (Tabel 5.24 og Tabel 5.25).

Det fremgår af Tabel 5.24, at benzen, ethylbenzen, m+p-xylen, toluen og xylen alle er fundet i ca. 10 % af de analyserede prøver, mens naphthalen og o-xylen findes i henholdsvis 3,8 og 6 %. Den gennemsnitlige dybde til top indtag for analyser med fund viser, at der tilsyneladende ikke er nogen markant forskel mellem de enkelte stoffer mht. den gennemsnitlige dybde til toppen af de indtag, hvor der er udtaget prøver med fund. Den gennemsnitlige dybde til bunden af indtagene viser en tilsvarende lille forskel bortset fra xylen, der tilsyneladende også er fundet i indtag, hvor bunden af disse ligger i stor dybde. Af tabellen fremgår, at de seks ud af syv stoffer medtaget i analysen er analyseret fra ca. 12.000 til ca. 22.000 gange, mens xylen kun er analyseret i 3596 tilfælde. Dette skyldes formentlig, at xylen er en samlebetegnelse for de tre xylener (o-xylen, m-xylen og p-xylen), og i de fleste tilfælde analyseres de i de to undergrupper, o-xylen, og m+p-xylen. I den videre analyse, er alle grupper medtaget som separate stoffer, selvom dette ikke er helt reelt.

Tabel 5.24 Aromatiske kulbrinter. Antal og andel (%) analyser med fund, grænseværdi og gennemsnitsdybde til indtag med fund pr stof. Data fra projektdatabasen

Stof	Analyser		Andel (%) analyser med fund	Grænseværdi ^a (µg/l)	Gennemsnitlig dybde (m) til ^b		Stofnr.
	Antal	Med fund			Top indtag	Bund indtag	
Ethylbenzen	12.242	1180	9,6	1	20,4	25,5	3007
m+p-Xylen	18.178	1772	9,7	10	24,6	25,8	2664
Naphthalen	20.915	792	3,8	2	20,0	24,3	649
o-Xylen	19.119	1147	6,0	10	24,3	25,4	2662
Toluen	22.597	2638	11,7	10	23,7	27,5	665
Xylen	3596	423	11,8	10	21,5	62,0	668
Antal analyser i alt		119.600					

^a Grænseværdier for drikkevand (GEUS, 2009 og Bilag D)

^b Indtag er det interval i boringen, der prøvetages fra. Prøveintervallet er typisk 0,5 m i monitoringsboringer, mens intervallet kan være fra ca. 5 til 100 m i indvindingsboringer. Den gennemsnitlige dybde til top af indtag og bund er beregnet ved hjælp af data fra råudtrækket

5.3.3 Andel borer med fund gennem tid

Der blev i alt i hele perioden fra 1988 til 2009 fundet 10.407 analyser med positiv påvisning udtaget fra 1954 borer med fund af et eller flere stoffer fra de aromatiske kulbrinter. I 313 borer blev der fundet et eller flere stoffer i koncentrationer over grænseværdien. (Tabel 5.25). I hele perioden blev der fundet aromater i 26,7 % af de undersøgte borer, hvoraf 4,3 % overskred grænseværdierne. I periodens sidste to år blev der fundet aromater i 13,5 % af 1.474 undersøgte borer, mens kun 1,1 % af de undersøgte borer overskred grænseværdien. Tabellen har medtaget en opgørelse fra 2008+2009, fordi antallet af analyserede borer i 2009 i det udtrukne datasæt var ca. halvdelen i forhold til tidligere år. År 2009 er imidlertid også inkluderet separat i tabellen.

Tabel 5.25 Aromatiske kulbrinter. Antal analyser, antal og andel (%) af analyser med fund og antal og andel (%) borer med fund over grænseværdien pr år for perioden 1988 til 2009. Data fra projektdatabasen

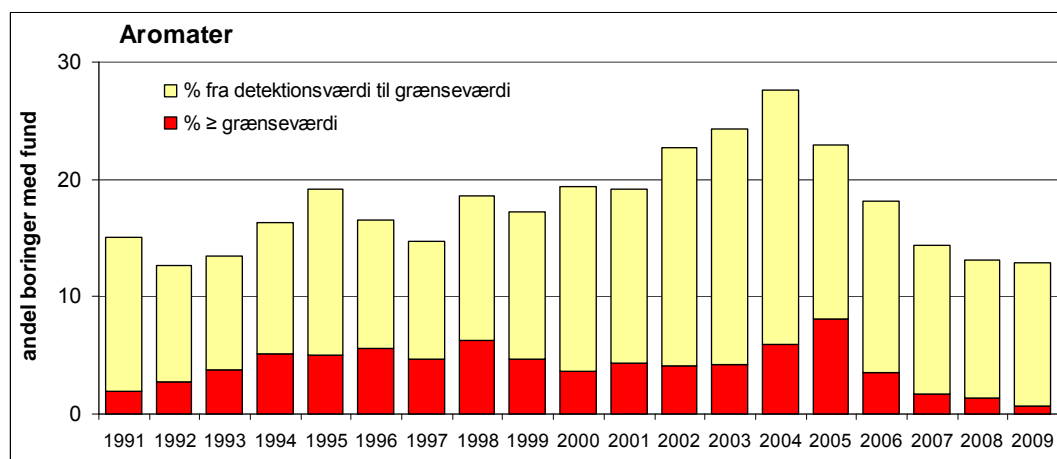
Periode	Analyser			Borer			Andel (%) borer	
	Antal	med fund	med Fund □ grv.	Antal	med fund	med Fund □ grv	Med fund	med Fund □ grv
2008 + 2009	10.573	484	42	1474	199	16	13,5	1,1
2009	3703	171	11	598	77	4	12,9	0,7

Tabel 5.26 og Figur 5.20 viser udviklingen i andelen af borer med fund gennem perioden 1991 til 2009, hvoraf det fremgår, at andelen af borer med fund både over og under grænseværdien er faldende gennem de seneste seks år, siden 2005. For fund generelt er faldet fra 27 til 13 % over perioden 2004 til 2009, men for fund over grænseværdien er faldet fra ca. 8 % i 2005 til ca. 1 % i 2008/2009.

Dette kan muligvis eller delvis forklares ved, at antallet af undersøgte eller indrapporterede borer er faldet. Dette sker fra 2006 til 2007, men særligt udtalt fra 2008 til 2009 (se også Afsnit 9). Det kan dog ikke udelukkes, at der er tale om et reelt fald i fundandele i borerne.

Tabel 5.26 Aromatiske kulbrinter. Antal analyser, antal og andel (%) af analyser med fund og antal og andel (%) borer med fund over grænseværdien pr år for perioden 1991 til 2009. Data fra projektdatabasen

År	Analyser			Boringer			Andel borer (%)		
	Antal	Antal Med fund	Med Fund □ grv	Antal	Antal Med fund	Med Fund □ grv	Med fund	Med Fund □ grv	Fund mellem detek. ^a og grv.
1991	2865	180	14	451	68	9	15,1	2,0	13,1
1992	2225	155	20	403	51	11	12,7	2,7	9,9
1993	3340	219	63	559	75	21	13,4	3,8	9,7
1994	5048	422	143	759	124	39	16,3	5,1	11,2
1995	4603	408	119	679	130	34	19,1	5,0	14,1
1996	4931	424	140	675	112	38	16,6	5,6	11,0
1997	6007	388	111	829	122	39	14,7	4,7	10,0
1998	7639	692	240	1122	209	71	18,6	6,3	12,3
1999	8671	665	197	1302	224	61	17,2	4,7	12,5
2000	8582	729	165	1295	251	47	19,4	3,6	15,8
2001	7437	736	139	1187	227	52	19,1	4,4	14,7
2002	8370	823	181	1295	294	53	22,7	4,1	18,6
2003	9265	948	197	1311	318	55	24,3	4,2	20,1
2004	7238	987	194	1115	308	66	27,6	5,9	21,7
2005	7261	1128	454	1086	249	88	22,9	8,1	14,8
2006	8182	576	95	1223	222	43	18,2	3,5	14,6
2007	5679	323	32	908	131	16	14,4	1,8	12,7
2008	6870	313	31	1040	137	14	13,2	1,3	11,8
2009	3703	171	11	598	77	4	12,9	0,7	12,2

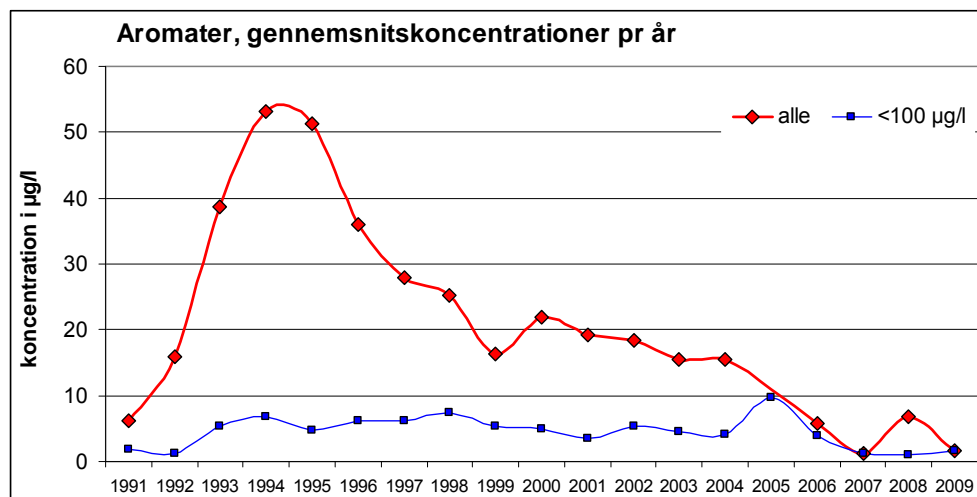


Figur 5.20 Udvikling i andel (%) borer med fund pr år for aromatiske kulbrinter i perioden 1991 til 2009. Data fra projektdatabasen

5.3.4 Koncentrationer gennem tid

Den gennemsnitlige koncentration for alle aromater er faldet i perioden 1994-2009, når alle målinger for positive analyser medtages, se Figur 5.21 og

Tabel 5.27. Når koncentrationer større end 100 µg/l udelades fra beregningen for at udelukke meget høje koncentrationer, der kan stamme fra borer placeret meget tæt på punktkilder eller fra fejlanalyser, ses det generelle koncentrationsniveau at falde markant (Figur 5.21). Der er således nogle, måske få, analyser med høje koncentrationer, som trækker gennemsnittet op, når alle analyser inddrages. I det begrænsede datasæt er der således kun et mindre synligt fald i gennemsnitskoncentrationen fra 2005 og frem. I samme periode sker et fald i antal analyser med fund (Tabel 5.27), hvilket til dels kan skyldes et fald i indberettede analyser efter kommunalreformen. Det er således ikke klart, om der er et reelt fald i gennemsnitskoncentrationen over tid for de aromatiske kulbrinter.



Figur 5.21 Udvikling i gennemsnitlig koncentration for aromatiske kulbrinter pr år for analyser med fund for perioden 1991 til 2009. For alle analyser med positive fund (rød kurve) og for fund <100 µg/l (blå kurve). Datapunktet i kurven "alle" for året 2005 er udeladt, da værdien på 47,6 µg/l skyldes særligt mange høje analyser fra en enkelt lokalitet. Hhv. 10.407 analyser med fund for kurven alle, og 9691 analyser med fund for kurven <100µg/l. Data fra projektdata-basen

Tabel 5.27 Aromatiske kulbrinter. Gennemsnitlige koncentrationer for alle analyser med fund pr år og for analyser med fund <100 µg/l. Data fra projektdata-basen

År	Antal analyser	Alle analyser med fund		Antal Analyser <100µg/l	Analyser med fund <100µg/l	
		Antal	Gns. konc. ^a		Antal	Gns. konc. ^a
1991	2865	180	6,1	2863	178	2,0
1992	2225	155	16,0	2212	150	1,2
1993	3340	219	38,7	3319	199	5,4
1994	5048	422	53,2	5002	381	6,8
1995	4603	408	51,3	4551	361	4,8
1996	4931	424	36,1	4890	384	6,3
1997	6007	388	28,0	5979	360	6,2
1998	7639	692	25,3	7593	647	7,5
1999	8671	665	16,3	8638	632	5,4
2000	8582	729	21,9	8547	695	4,9
2001	7437	736	19,2	7403	703	3,5
2002	8370	823	18,4	8330	784	5,5
2003	9265	948	15,6	9226	909	4,6
2004	7238	987	15,4	7193	944	4,2
2005	7261	1128	47,6 ^b	7125	994	9,7
2006	8182	576	5,8	8174	569	3,9
2007	5679	323	1,3	5679	323	1,3
2008	6870	313	6,8	6864	307	1,1
2009	3703	171	1,6	3703	171	1,6
Sum		10.287			9691	

^a Koncentration i µg/l

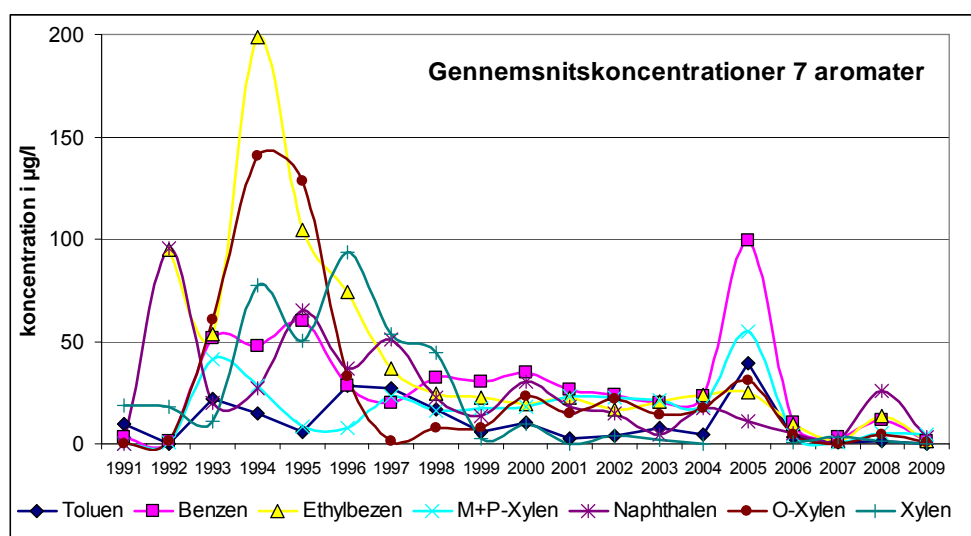
^b Tal ikke medtaget i Figur 5.21

Tabel 5.28 Aromatiske kulbrinter. Antal analyser med fund og gennemsnitskoncentration pr stof for alle analyser med fund i perioden 1990 til 2009. Der er dog 41 analyser der stammer for perioden 1985 til 1990. Data fra projektdatabasen

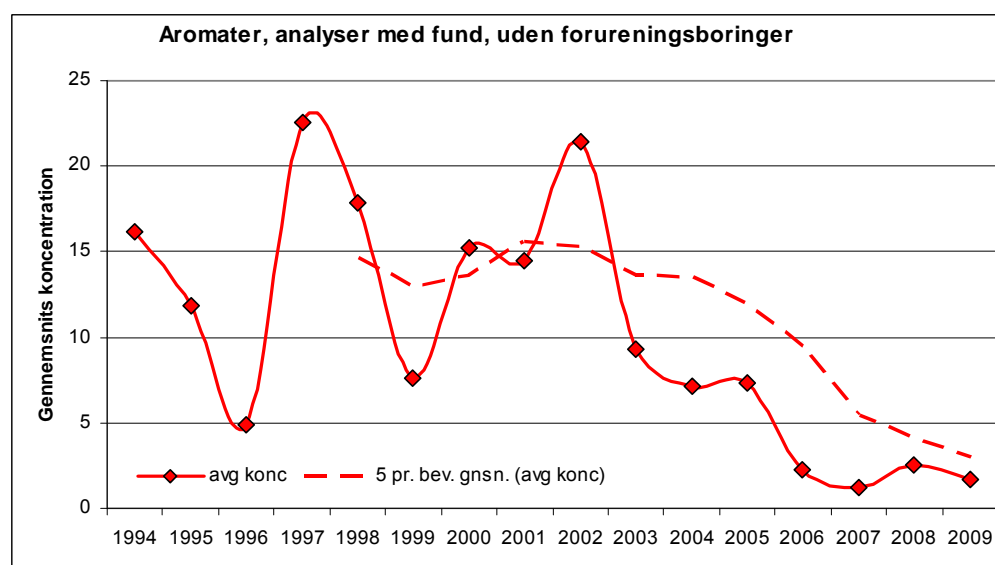
Stof	Antal analyser med fund ^a	Gns. konc. (µg/l)	Stofnr.
Benzen	2396	32,1	662
Ethylbenzen	1180	28,4	3007
m+p-Xylen	1772	22,0	2664
Naphthalen	792	23,6	649
o-Xylen	1147	26,3	2662
Toluen	2638	10,8	665
Xylen	423	25,9	668

^a Analyser med formodet enhedsfejl er ikke medtaget

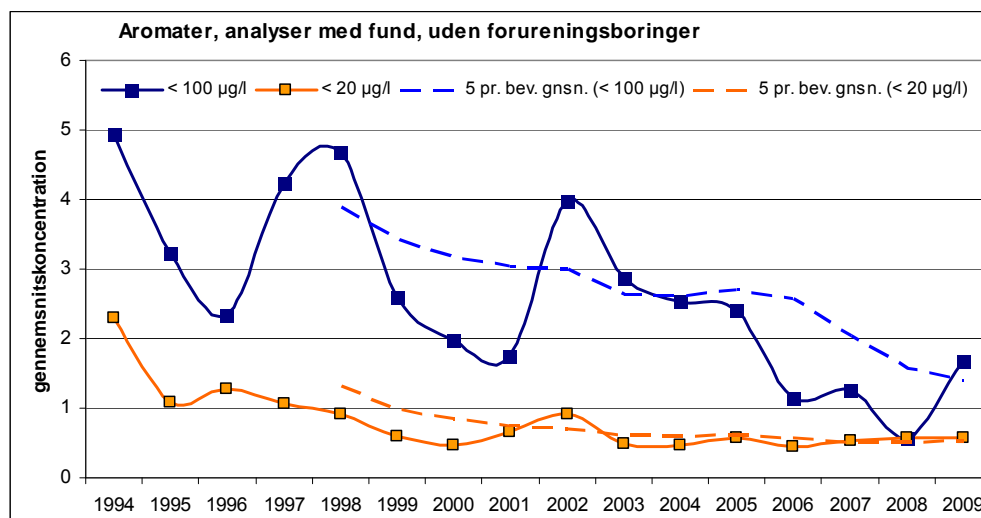
De enkelte aromaters gennemsnitlige koncentration for alle positive analyser fremgår af Tabel 5.28, hvoraf det ses, at benzen er fundet i den højeste gennemsnitskoncentration, men også at de fleste af aromaterne er fundet i omtrent samme gennemsnitskoncentration med undtagelse af toluen, hvis gennemsnitskoncentration er væsentlig lavere. Dette fremgår også af Figur 5.22, hvor årlig udvikling i gennemsnitskoncentrationer for de enkelte stoffer fra gruppen aromater er vist.



Figur 5.22 Udvikling i gennemsnitskoncentration af de hyppigst analyserede aromater pr år for analyser med fund for perioden 1991 til 2009. Data fra projektdatabasen



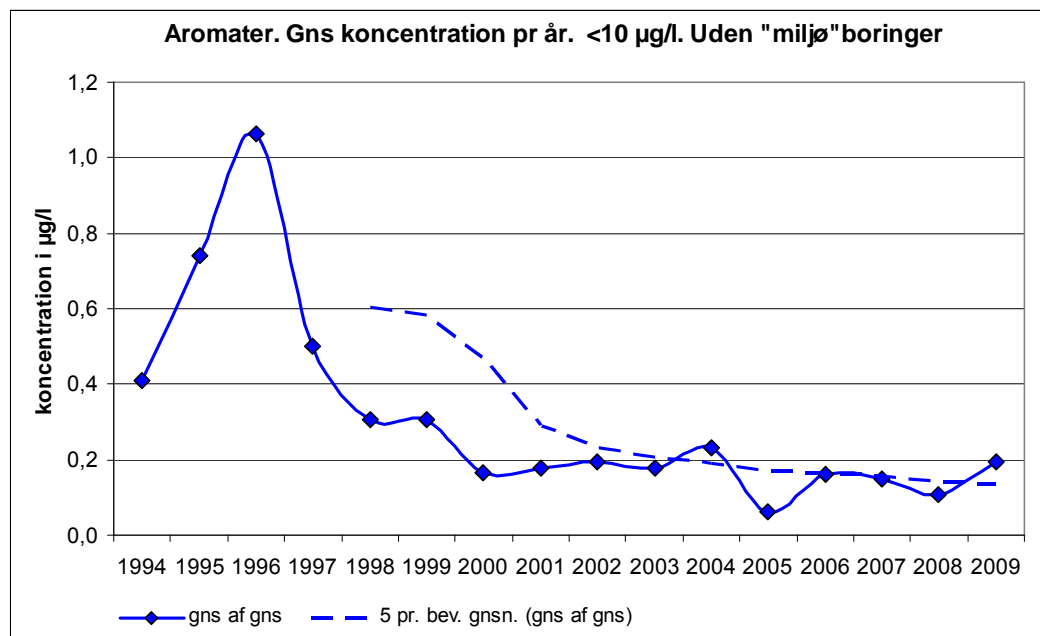
Figur 5.23 Udvikling i gennemsnitskoncentration (µg/l) for aromater pr år for analyser med fund for perioden 1994 til 2009. Miljøboringer udeladt. 5 års flydende gennemsnit er også vist 4944 analyser med fund medtaget. Data fra projektdatabasen



Figur 5.24 Udvikling i gennemsnitskoncentration (µg/l) for aromater pr år for analyser med fund <100 µg/l (blå kurve) og <20 µg/l (rød kurve). Miljøboringer udeladt. 5 års flydende gennemsnit er også vist. Hhv. 4808 (<100µg/l) og 4629(<20 µg/l) analyser. Data fra projektdatabasen

For at undersøge om de faldende gennemsnitskoncentrationer pr år skyldes færre indberettede miljøboringer i Jupiter er der konstrueret et særligt datasæt, hvor de analyser der stammer fra mulige forureningsundersøgelser er frasorteret. Beregnes gennemsnitskoncentrationer for alle analyser med fund pr år og for analyser med fund mindre end 100 µg/l og 20 µg/l findes et lidt andet udviklingsforløb, hvor der stadig ses et generelt fald i koncentrationer gennem de seneste 10 år, se Figur 5.23 og Figur 5.24. Antal enkeltstofanalyser med fund, der ikke stammer fra miljøboringer er ca. 5300, mens der er oplysninger om ca. 4860 enkeltstofanalyser med fund fra miljøboringerne.

I Figur 5.25 er analyserne, hvor miljøboringer er udeladt, midlet pr vandprøve, og disse gennemsnitsværdier pr vandprøver er så midlet pr år. Det ses, at også vandprøvernes gennemsnitskoncentrationer pr år falder fra 1996 og frem. I Figur 5.23, Figur 5.24 og Figur 5.25 er indsat 5 års glidende gennemsnit, da mange vandværker udtager prøver til analyse for organiske mikroforurenende stoffer en gang hvert 5. år.



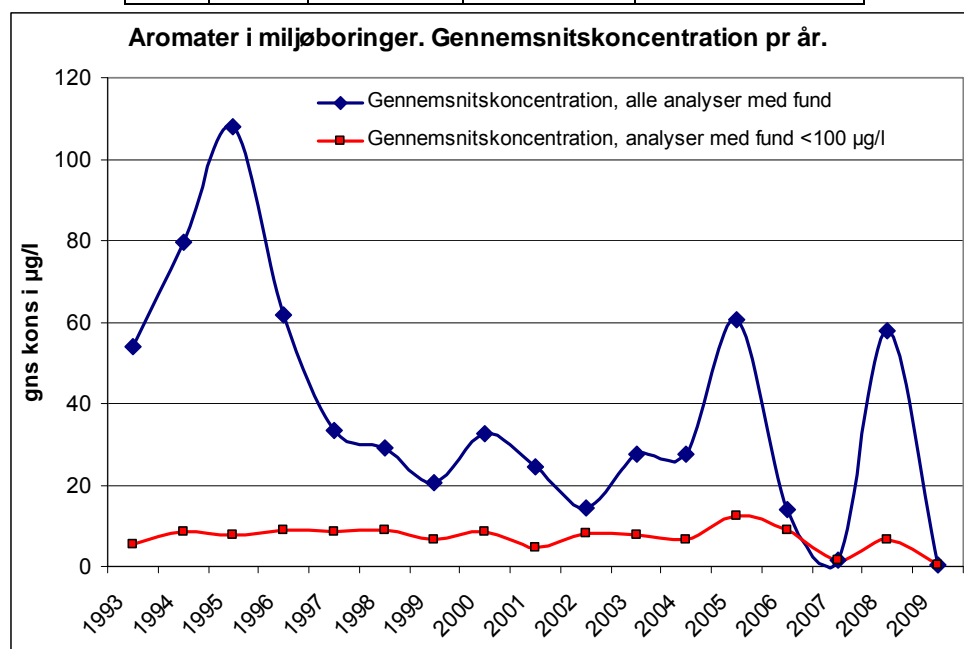
Figur 5.25 Udvikling i gennemsnitskoncentration for aromater pr år pr VANDPRØVE for perioden 1994 til 2009. Alle vandprøver <10 µg/l medtaget. Miljøboringer udeladt. 5 års flydende gennemsnit er vist. 1215 vandprøver. Data fra projektdatabasen

Tabel 5.29 viser, at antallet af analyser med fund i miljøboringer falder samtidig med, at antallet af gennemførte analyser falder i perioden 2005/2006 og frem til 2009. Det fremgår også af tabellen og Figur 5.26, at de gennemsnitlige koncentrationer pr år i miljøboringerne har en faldende tendens over hele perioden, men med store udsving over de sidste 5 år, hvilket kan være svært at tolke på, pga. det vigende antal analyser.

Der er således indikationer på, at koncentrationen af de aromatiske kulbrinter falder gennem nyere tid (sidste 10-15 år), uanset, om man kigger på den samlede population af borer, eller på borer, der ser bort fra deciderede miljøboringer, som forventes mere forurenede.

Tabel 5.29 Miljøboringer. Aromatiske kulbrinter. Gennemsnitskoncentration pr år for vandprøver udtaget fra miljøboringer for alle analyser med fund og for analyser med fund <100 µg/l. Data fra projektdata-basen

År	Antal analyser	Antal analyser med fund	Gns. konc., alle (µg/l)	Gns. konc., <100 µg/l (µg/l)
1993	1803	123	53,8	5,4
1994	1631	226	79,5	8,5
1995	1615	171	107,9	7,7
1996	1845	211	61,6	9,1
1997	2001	165	33,4	8,6
1998	3831	477	29,0	9,1
1999	3610	417	20,5	6,7
2000	2561	308	32,5	8,6
2001	989	349	24,4	4,8
2002	1639	286	14,4	8,3
2003	1024	344	27,6	7,8
2004	1314	422	27,4	6,5
2005	2321	864	60,5	12,3
2006	915	203	13,9	9,0
2007	261	84	1,6	1,6
2008	223	25	57,8	6,5
2009	127	5	0,2	0,2
Sum		4680		



Figur 5.26 Kun miljøboringer. Udvikling i gennemsnitlig koncentration af aromatiske kulbrinter pr år for analyser med fund for perioden 1993 til 2009. For alle analyser med positive fund (blå kurve) og for fund <100 µg/l (rød kurve). Hhv. 4680 og 4394 analyser. Data fra projektdata-basen

5.3.5 Fund og gennemsnitskoncentrationer, GRUMO

Der er i grundvandsovervågningsperioden 1990 til 2009 fundet aromater i ca. 40 % af de undersøgte indtag, men der er kun fundet 8 indtag med koncentrationer, der overskrider grænseværdien for et eller flere stoffer, svarende til ca. 0,5 % (Tabel 5.30).

Tabel 5.31 viser de årlige gennemsnitskoncentrationer for de syv aromater i perioden 1990 til 2009 i GRUMO. Det fremgår af Tabel 5.31, at der ikke er de store variationer gennem tid, og at der ikke i GRUMO er fundet særligt høje gennemsnitskoncentrationer pr år for de undersøgte stoffer. Disse koncentrationer er væsentlig lavere end gennemsnitskoncentrationerne i Figur 5.24. Forskellen må forklares med, at fund i BK og i vandværkernes nedlagte borer trækker niveauet op i Figur 5.24, da

miljøboringerne ikke er medtaget. De lave niveauer i GRUMO borerne hænger formentlig sammen med, at GRUMO områderne er domineret af landbrugsarealer, hvor disse stoffer ikke udgør en udpræget grundvandstrussel. Alle de beregnede gennemsnitskoncentrationer ligger langt under grænseværdierne for drikkevand for de syv stoffer (1-10 µg/l).

Tabel 5.30 Aromatiske kulbrinter. Antal analyser, antal og andel (%) af analyser med fund, og antal og andel (%) borer med fund over grænseværdien for perioden 1990-2009. Data fra GRUMO

Periode GRUMO	Analyser			Boringer			Andel (%) borer	
	Antal	Antal med fund	Antal med fund over grv.	Antal	Antal med fund	Antal med fund over grv.	Med fund	Med fund over grv.
1990 til 2009	6604	998	18	1475	570	8	38,6	0,5

Tabel 5.31 Aromatiske kulbrinter. Gennemsnitskoncentration for de 7 enkeltstoffer pr år og gennemsnitskoncentration for positive fund for alle stoffer i den enkelte vandprøve pr år for perioden 1990 til 2009. Data fra GRUMO

År GRUMO	Antal analyser med fund	Gennemsnitskoncentration ^a							
		Alle stoffer	Naphthalen	Benzen	Toluen	Xylen	o-Xylen	m+p-Xylen	Ethylbenzen
1990	33	0,5	0,1	0,4	0,6	-	0,2	-	-
1991	62	0,3	0,0	0,2	0,1	-	0,3	0,1	-
1992	42	0,3	0,0	0,3	0,1	-	0,0	0,0	-
1993	34	0,4	0,0	0,3	0,1	-	0,1	0,1	-
1994	47	0,9	0,1	1,3	0,1	-	0,1	0,1	-
1995	51	0,3	0,1	0,2	0,2	-	0,1	0,1	-
1996	22	0,4	-	0,2	0,3	-	0,2	0,2	0,1
1997	29	0,3	-	0,2	0,3	-	0,1	0,1	0,1
1998	62	0,4	0,0	0,6	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1
1999	55	0,2	0,1	0,1	0,1	-	0,1	0,1	0,1
2000	96	0,2	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
2001	38	1,0	0,0	2,4	0,1	0,1	0,0	0,1	-
2002	54	0,1	0,1	0,1	0,1	-	0,1	0,0	0,2
2003	102	0,2	0,0	0,1	0,2	-	0,1	0,0	0,2
2004	6	0,3	-	-	0,2	-	-	0,1	0,1
2005	1	0,1	-	-	0,1	-	-	0,0	-
2006	78	0,5	0,0	0,1	0,5	1,1	0,1	0,1	0,2
2007	71	0,3	0,2	0,1	0,2	0,0	0,1	0,2	-
2008	59	0,2	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	-
2009	56	0,5	0,1	0,1	0,4	-	0,3	0,3	-

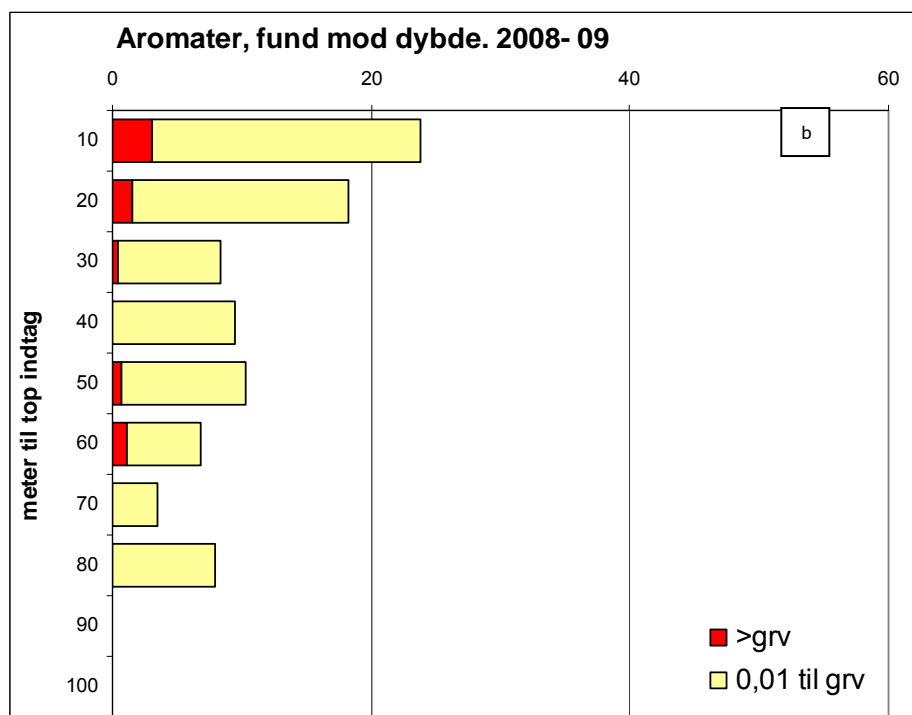
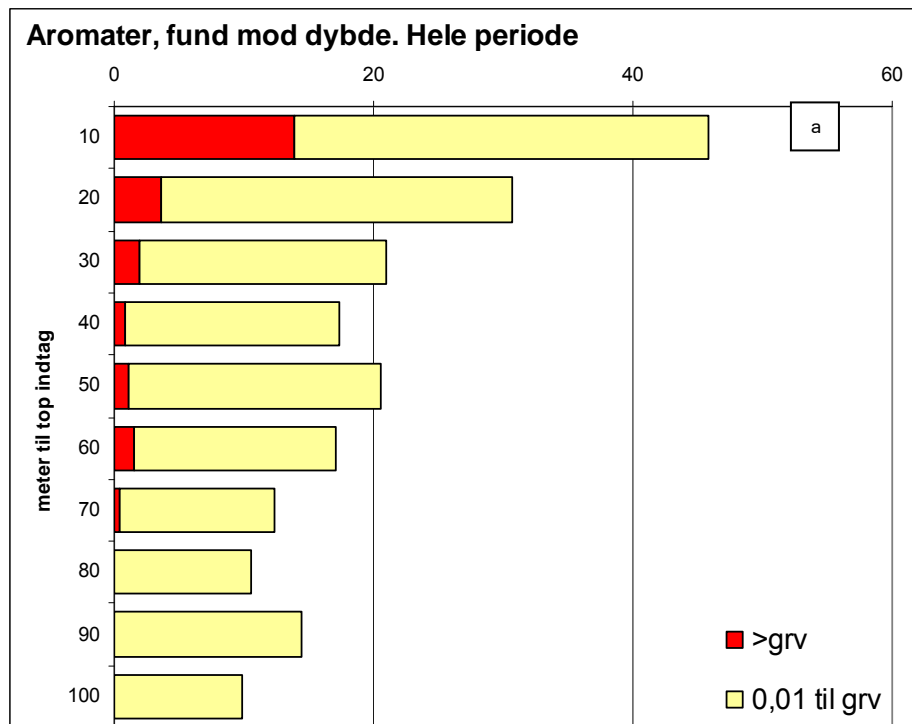
^a Koncentration i µg/l

5.3.6 Dybdemæssig fordeling af fund, hele datasættet

Figur 5.27 og Tabel 5.32 viser den dybdemæssige fordeling af fund i borer af aromater. Det fremgår, at der særligt findes overskridelser af grænseværdierne i de øverste 10 m, og at antallet af borer med fund og med fund større end grænseværdierne falder med dybden (fra henholdsvis 46 til 11 % og 14 til 0 % fra 10 til 100 mut)

Andelen af borer, der indeholder aromater gennem de sidste to år, er faldet væsentligt i forhold til det samlede billede for hele perioden fra 1991 til 2009 (Figur 5.27a mod Figur 5.27b). Mest markant er den meget lille andel borer, der i dag overskrider en eller flere grænseværdier for aromatiske stoffer i intervallet fra 0 til 10 mut (3 % mod 14 % for hele perioden). Dette resultat forvirres formentlig af, at der mangler indrapporterede miljøboringer.

Dette tyder på, at der enten sker en hurtig omsætning i grundvandsmagasinerne, eller at de borer der for tiden analyseres ikke så ofte indeholder aromater. Både Tabel 5.32 og Tabel 5.33 viser, at der kun er fundet ganske få indtag på større dybder end 30 mut, der overskrider grænseværdierne både de sidste to år og gennem hele perioden.



Figur 5.27 Andel (%) borer med fund og med fund større end grænseværdi for aromatiske kulbrinter mod dybden for hele perioden 1991-2009 (a) og for perioden 2008 + 2009 (b). Hhv. 6598 og 1375 analyserede borer med oplysninger om indtagets dybde. >Grv: større end grænseværdi. 0,01 til grv: fra detektionsgrænse til grænseværdi. Detektionsgrænsen varierer men ligger oftest på 0,01µg/l. Data fra projektbasen

Da olieprodukter er lettere end vand kunne det forventes, at andelen af borer med fund var størst i den øvre del af grundvandsmagasinerne, hvilket dog ikke er tilfældet. Aromaterne findes i små koncentrationer, men stort set lige hyppigt i grundvandsmagasinerne til mere end 60 m.

Tabel 5.32 Aromatiske kulbrinter. Antal og andel (%) borer analyseret og med fund mod dybde for perioden 1991 til 2009. Data fra projektdatabasen

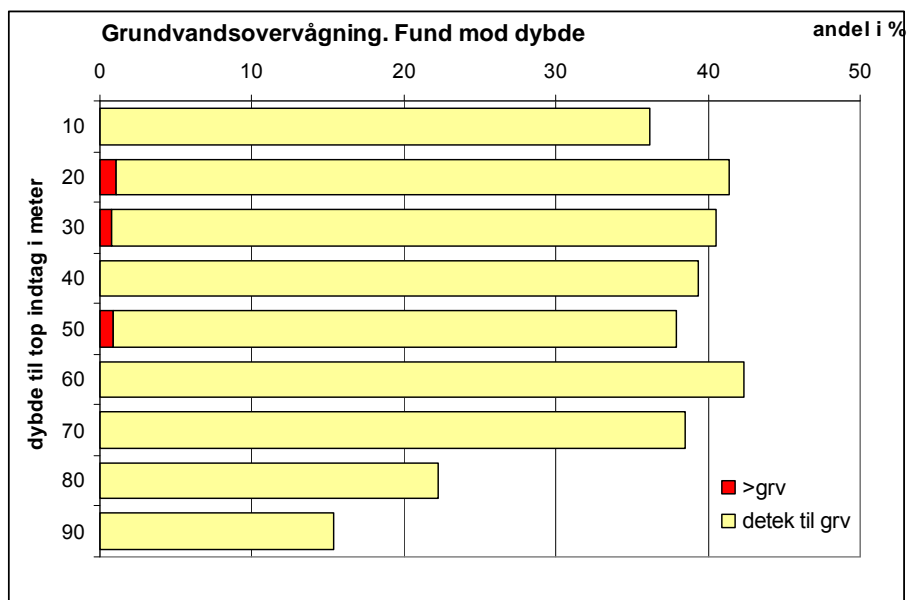
Dybde til top indtag (m)	Antal borer				Andel (%) borer		
	Analyseret	Med fund 0,01 µg/l til grv.	Med fund over grv.	Alle fund	Med fund 0,01 µg/l til grv.	Med fund over grv.	Alle fund
10	1280	409	177	586	32,0	13,8	45,8
20	1538	416	56	472	27,0	3,6	30,7
30	1261	239	25	264	19,0	2,0	20,9
40	862	143	7	150	16,6	0,8	17,4
50	666	130	7	137	19,5	1,1	20,6
60	397	62	6	68	15,6	1,5	17,1
70	250	30	1	31	12,0	0,4	12,4
80	162	17	0	17	10,5	0,0	10,5
90	69	10	0	10	14,5	0,0	14,5
100	51	5	0	5	9,8	0,0	9,8
110	24	2	0	2	8,3	0,0	8,3
120	11	4	0	4	36,4	0,0	36,4
>120	27	3	0	3	11,1	0,0	11,1
Alle borer	6598	1470	279	1749	22,3	4,2	26,5

Tabel 5.33 Aromatiske kulbrinter. Antal og andel (%) borer analyseret og med fund mod dybde for 2008 og 2009. Data fra projektdatabasen

Dybde til top indtag (m)	Antal borer				Andel (%) borer		
	Analyseret	Med fund 0,01 µg/l til grv.	Med fund over grv.	Alle fund	Med fund 0,01 µg/l til grv.	Med fund over grv.	Alle fund
10	197	41	6	47	20,8	3,0	23,9
20	328	55	5	60	16,8	1,5	18,3
30	275	22	1	23	8,0	0,4	8,4
40	191	18	0	18	9,4	0,0	9,4
50	155	15	1	16	9,7	0,6	10,3
60	88	5	1	6	5,7	1,1	6,8
70	58	2	0	2	3,4	0,0	3,4
80	38	3	0	3	7,9	0,0	7,9
90	21	0	0	0	0,0	0,0	0,0
100	11	0	0	0	0,0	0,0	0,0
110	8	0	0	0	0,0	0,0	0,0
120	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0
>120 meter	5	1	0	1	-	-	-
Alle	1375	162	14	176	11,8	1,0	12,8

Figur 5.28 viser fordelingen af fund mod dybde i GRUMO. Der er kun i tre intervaller fundet enkelte borer, der overskrider grænseværdien, men til gengæld forekommer aromaterne tilsyneladende jævnt fordelt i de øverste 70 m af grundvandsmagasinerne, hvorefter andelen af fund falder fra omkring 40 % til ca. 15 % i intervallet 80 til 90 m.

Tabel 5.34 viser den gennemsnitlige koncentration for analyser med fund i forskellige dybdeintervaller for de syv aromater. Det fremgår, at koncentrationerne stort set ikke ændrer sig med dybden for de enkelte stoffer, men dog at koncentrationerne er en smule forhøjet i de øvre dele af magasinerne. Alle de beregnede gennemsnitskoncentrationer ligger langt under grænseværdierne for drikkevand for de syv stoffer (1-10 µg/l).



Figur 5.28 Andel (%) borer med fund og med fund over grænseværdi for aromater, fordelt på 10 m dybdeintervaller fra terrænet til toppen af indtaget, hvor prøven er udtaget. Data fra GRUMO, 1990 til 2009

Tabel 5.34 Aromatiske kulbrinter. Fordeling af gennemsnitskoncentrationer mod dybde for analyser med fund for de 7 aromater og sumkoncentrationen pr analyse, hvor der forekommer flere stoffer i samme prøve. Data fra GRUMO

Dybde (m) GRUMO	Antal analyser med fund*	Gennemsnitskoncentration ^a							
		Alle stoffer	Naph- thalen	Ben- zen	Toluen	Xylen	o-Xylen	m+p- Xylen	Ethyl- benzen
0 til 10	158	0,42	0,05	0,07	0,29	0,81	0,18	0,18	0,15
10 til 20	323	0,26	0,04	0,25	0,16	0,12	0,09	0,11	0,10
20 til 30	236	0,30	0,05	0,26	0,17	0,02	0,11	0,11	0,09
30 til 40	109	0,17	0,05	0,08	0,11	0,06	0,08	0,09	0,24
40 til 50	81	0,20	0,03	0,23	0,14	0,03	0,05	0,06	0,14
50 til 60	57	0,20	0,00	0,20	0,09	-	0,05	0,05	0,18
>=60 m	30	0,36	0,04	0,10	0,35	1,02	0,11	0,06	0,19

^a Koncentration i µg/l

5.3.7 Redoxforhold, GRUMO

Som tidligere beskrevet er alle indtag i grundvandsovervågningen inddelt i følgende redoxzoner:

5. Iltholdigt grundvand: $O_2 > 1$ mg/l og Fe $< 0,1$ mg/l og Mn $< 0,1$ mg/l (vandtype A)
6. Anoxisk nitratreducerende zone: $NO_3 > 1$ mg/l og $O_2 < 1$ mg/l, (vandtype B)
7. Svagt reduceret grundvand: $NO_3 < 1$ mg/l, $O_2 < 1$ mg/l og $SO_4 > 20$ mg/l, (vandtype C)
8. Stærkt reduceret grundvand: $NO_3 < 1$ mg/l, $O_2 < 1$ mg/l og $SO_4 < 20$ mg/l. (vandtype D)

Fordelingen af aromaterne i forskellige redoxmiljøer i grundvandet fremgår af Tabel 5.35 og Tabel 5.36.

Det ses af Tabel 5.35, at de gennemsnitlige koncentrationer er lavest i aerobt grundvand, mens koncentrationerne gennemgående er størst i svagt reduceret grundvand.

Benzen forekommer i gennemsnitlige koncentrationer på 0,06 µg/l i iltet grundvand og i gennemsnitskoncentrationer på 0,25 µg/l i reduceret grundvand, mens forskellen er lidt mindre udtalt for de andre aromater (Tabel 5.35). Dette er i god overensstemmelse med, at omsætningen af aromater generelt er hurtigere i aerobe grundvandsmiljøer, og at benzen er mindre nedbrydeligt i anaerobe miljøer end de andre aromater.

For toluen ses ingen forskel i koncentrationsniveauer mellem redoxzoner. Dette kan hænge sammen med, at toluen kan nedbrydes i alle redox-miljøerne. Det kan imidlertid ikke udelukkes, at der stadig sker en svag afsmittning til grundvandet fra limede rør og filtre, som tidligere blev samlet med toluen-holdig lim.

For alle xylenene og for ethylbenzen ses, at de fundne gennemsnitskoncentrationer er endog, meget lave i GRUMO. De lave koncentrationer skyldes formodentlig, at disse stoffer omsættes let i det øvre aerobe grundvand og tilsyneladende også omsættes i det dybereliggende reducerede grundvand, hvor opholdstiden kan være fra ca. 10 år op til mindst 50 år.

Tabel 5.35 Aromatiske aromater. Fordeling af gennemsnitskoncentrationer for 7 stoffer og for den beregnede gennemsnitskoncentration for alle stoffer, fordelt på redoxzoner. Data fra GRUMO

Redoxzone GRUMO	Antal indtag med fund	Gennemsnitskoncentration ^a							
		Sum- konc.	Naph- thalen	Ben- zen	Tolu- en	Xyl- en	o-Xylen	m+p-Xylen	Ethyl-benzen
Iltholdigt grundvand	132	0,47	0,03	0,06	0,20	(0,78) ^b	0,05	0,10	0,07
Anoxisk nitrat reducerende grundvand	68	0,67	0,04	0,18	0,26	0,13	0,09	0,09	0,04
Svagt Reduceret grundvand	234	0,78	0,08	0,25	0,20	0,04	0,09	0,11	0,13
Stærkt Reduceret grundvand	79	0,55	0,06	0,14	0,15	0,52	0,07	0,07	0,10
Uden for kategori	57	0,68	0,04	0,11	0,26	-	0,10	0,15	0,18

^a Koncentration i µg/l

^b Fund af høje koncentrationer i 2 ud af 4 indtag

Tabel 5.36 viser, hvor mange borer med fund de enkelte stoffer findes i. Det ses, at mange borer har fund af flere af aromaterne samtidig. Tabellen viser også, at langt de fleste fund findes i det lidt dybereliggende, svagt reducerede grundvand, og at alle stofferne generelt har samme fordelingsmønster i de forskellige miljøer.

Tabel 5.36 Aromatiske kulbrinter. Antal borer med fund af de 7 stoffer og gennemsnitsdybde for fund, fordelt efter redoxzoner. Data fra GRUMO

Redoxzone GRUMO	Antal indtag	Indtag med fund	Andel (%)	Antal indtag med fund af enkeltstoffer							Gns. dybde (m)
				Naph- thalen	Ben- zen	To- luen	Xy- len	o-Xylen	m+p-Xylen	Ethyl-benzen	
Iltholdigt grundvand	351	132	37,6	132	132	132	4	131	126	19	18,8
Anoxisk Nitrat reducerende grundvand	198	68	34,3	68	68	68	4	66	65	23	15,9
Svagt reduceret grundvand	581	234	40,3	233	234	234	11	228	223	84	24,4
Stærkt reduceret grundvand	186	79	42,5	79	79	79	4	78	74	35	39,5
Uden for kategori	145	57	39,3	57	57	57	0	57	53	13	16,4

5.3.8 Geologi, GRUMO

Tabel 5.37 viser den gennemsnitlige koncentration for aromaterne og sumkoncentration fordelt på henholdsvis sand-, kalk- og ler-dominerede GRUMO områder.

Resultaterne i Tabel 5.37 afviger faktisk en hel del fra udbredelsen af de halogenerede alifatiske kulbrinter (Tabel 5.18). Der er således ikke den udprægede overvægt af fund og høje koncentrationer i lerområder. Der findes en omtrentlig lige stor udbredelse af aromaterne i både sand- og ler-dominerede oplande, når det tages i betragtning, at lerområderne i Danmark er mest udbredte.

De gennemsnitlige koncentrationer for aromaterne er størst i de lerede områder, hvor der er fundet 0,9 µg/l i modsætning til de sandede områder, hvor den gennemsnitlige koncentration er 0,4 µg/l. Dette er dog kun en faktor 2 til forskel fra en faktor 6 for de klorerede alifater.

Tabel 5.37 Aromatiske kulbrinter. Antal analyser med fund, gns. konc. for analyser med fund, sumkonc. og dybde til top indtag for fund, fordelt på tre overordnede geologiske forekomster i GRUMO oplandene. Data fra GRUMO

Oplandskarakterisering GRUMO	Antal analyser med fund	Gns. konc. ^a	Sum- konc.	Gns. dybde til top indtag (m)
Ds, sand + smeltevandssand	210	0,4	74,7	22,5
K, kalk	39	0,6	22,5	18,3
MI, moræneler + ler	321	0,9	275,0	24,6
Antal analyser med fund	570			

At forekomsten af aromatiske kulbrinter er større i lerområderne end i sandområderne, skyldes formodentlig, at de opsprækkede lerdæklag tillader en hurtig præferentiel strømning gennem sprækker og bioporer til dybereliggende lag, hvor der er en langsommere biologisk nedbrydning af disse stoffer. Der er også i kalkdominerede områder fundet en del boringer med aromater, og tilsyneladende minder disse områder mest om sandområderne, mht. af de lavere koncentrationer. Datagrundlaget må dog siges at være spinkelt for denne oplandstype.

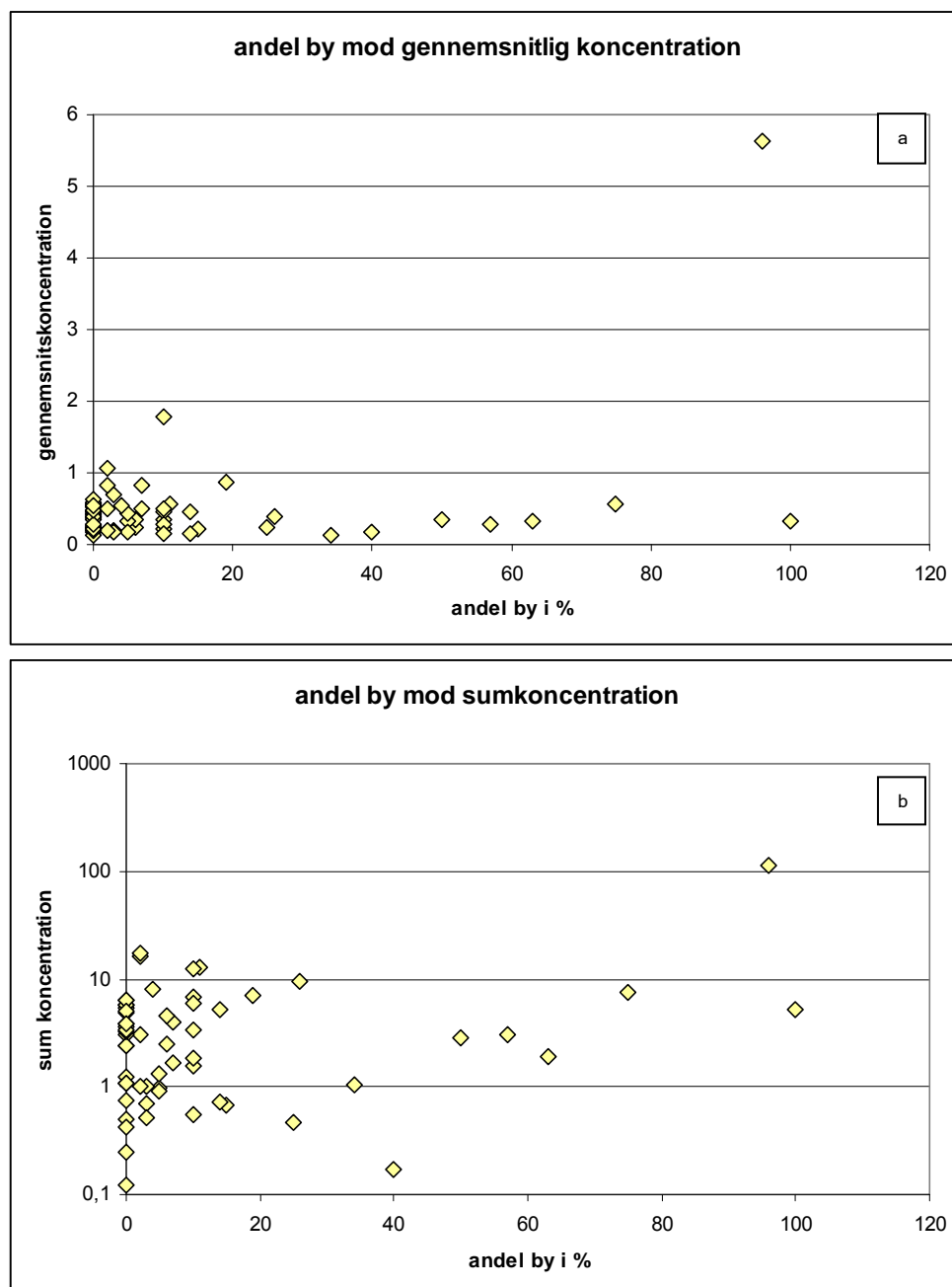
5.3.9 Andel byområder, GRUMO

Der er i grundvandsovervågningen fundet aromater i 60 (ud af 70) oplande, hvor der foreligger oplysninger om andelen af byområder (Tabel 5.38). I de tre områder med en byandel på mere end 75 % er der fundet den højeste gennemsnitskoncentration, mens resten af oplandene har samme gennemsnitlige koncentrationer.

Tabel 5.38 Aromatiske kulbrinter. Antal analyser med fund, gns. konc. for analyser med fund, sumkonc. og dybde til top indtag for fund, fordelt på tre overordnede geologiske forekomster i GRUMO oplandene. Data fra GRUMO

Byandel (%) GRUMO	Antal oplande	Gns. konc. (µg/l)	Sumkonc. (µg/l)	Antal boringer med fund
75 til 100	3	2,2	125,2	49
25 til 75	7	0,4	15,8	46
10 til 25	7	0,3	18,9	60
5 til 10	12	0,5	59,2	115
0 til 5	8	0,5	47,6	71
0 procent	23	0,4	70,8	169
ukendt	8	0,5	34,5	60

Tilsvarende findes den højeste sumkoncentration under områder med en stor byandel, men der er ikke generel sammenhæng mellem belastning af grundvandet og byandel for de enkelte GRUMO oplande. Dette fremgår af Figur 5.29, hvor det ses, at egentlige landområder uden bymæssig bebyggelse kan være lige så belastede eller endog mere belastede end områder med en stor andel bymæssig bebyggelse.



Figur 5.29 Andel (%) by i 60 GRUMO oplande mod den gennemsnitlige koncentration (a) og mod den samlede sumkoncentration (b) af aromatiske kulbrinter

5.3.10 Delkonklusion for aromatiske kulbrinter

På landsplan er der i perioden 1984 - 2009 fundet aromater i 26,7 % af de borer, som er analyseret for indhold af denne stofgruppe (i alt 7310 borer). I 4,3 % af borerne var der overskridelser af grænseværdierne for drikkevand for en eller flere aromater. I 2008/2009 år blev der fundet aromater i 13,5 % af 1474 undersøgte borer, mens kun 1,1 % af de undersøgte borer overskred grænseværdien.

Den geografiske fordeling af grunde forurenede med aromatiske kulbrinter viser, at disse er koncentreret omkring de større byer, men også at der findes lokaliteter jævnt fordelt i landdistrikterne. Boringerne, hvor der er fundet aromatiske kulbrinter, forekommer hyppigst i byområder, men også i det åbne land. Fordelingen viser også, at der kun er få borer med fund, selv i områder med mange registrerede punktkilder.

Andelen af borer med fund over og under grænseværdien har været faldende gennem de seneste seks år. For fund generelt er faldet fra 27 til 13 % over perioden 2004 til 2009, men for fund over grænseværdien er faldet fra ca. 8 % i 2005 til ca. 1 % i 2008/2009. Dette kan skyldes, at den generelle belastning af grundvandet med aromatiske kulbrinter har været faldende pga. en bedre håndtering af denne type forurening, opsporing og oprensning, og ikke mindst en forhindring af nye

forureningskilder og -sager. En anden mulighed er, at mikrofloraen i jord og grundvandsmagasinerne efterhånden er adapteret til at nedbryde stofferne. Endelig er antallet af indrapporterede borerer faldet efter kommunalreformen i 2007, og dette er givetvis også en del af forklaringen på det observerede fald i antallet af borerer påvirket af aromatiske kulbrinter.

Den gennemsnitlige koncentration i borerer med fund er faldet markant gennem de sidste 15 år, fra ca. 50 µg/ i 1994 til ca. 2 µg/ i 2009. Der findes i dag stort set ingen overskridelse (0,7 %) af grænseværdierne for aromatiske kulbrinter i borerer, der er analyseret og indrapporteret de sidste par år. Dette er i overensstemmelse med det faldende antal borerer, der er påvirket af denne stofgruppe. Den samme tendens findes, når borerer, der er prøvetaget i forbindelse med miljø- og forureningsundersøgelser, udelades fra analysen.

Den dybdemæssige fordeling af indtag, hvor der er fundet aromatiske kulbrinter, viser, at der i dag kun er en meget lille andel borerer i intervallet fra 0 til 10 m, der overskrider grænseværdierne, og at andelen af fund falder med dybden. Dette tyder på, at der sker en biologisk omsætning i grundvandsmagasinerne, da der kun er fundet ganske få indtag på større dybder end 30 m, der overskrider grænseværdierne gennem de sidste to år. Igen kan dette forklares ud fra et formindsket forureningspres eller en tilpasning af de mikrobielle miljøer i jord og grundvand.

Fordelingen af de aromatiske kulbrinter i forskellige redoxmiljøer viser, at de gennemsnitlige koncentrationer af stofferne er lavest i aerob grundvand, mens koncentrationerne er størst i svagt reduceret grundvand.

I modsætning til de halogenerede alifatiske kulbrinter findes aromaterne med en lige stor udbredelse i både sand- og ler-dominerede oplande. De gennemsnitlige koncentrationer for aromaterne er dog størst i de lerede områder, hvor der gennemsnitlig er fundet 0,9 µg/l. I de sandede områder er den gennemsnitlige koncentration af aromaterne 0,4 µg/l. Den samlede belastning af grundvand under lerområderne er således større end under sandområderne. Dette kan skyldes de opsprækkede lerdæklag, som tillader en hurtig præferentiel strømning gennem sprækker og bioporer til dybereliggende anaerob grundvand, hvor der foregår en langsommere biologisk nedbrydning af disse stoffer. Det kan dog ikke udelukkes, at forskellen mellem sand- og lerområder mht. fund skyldes, at der ganske enkelt er en overvægt af forurenede grunde og undersøgte borerer i de lerede områder.

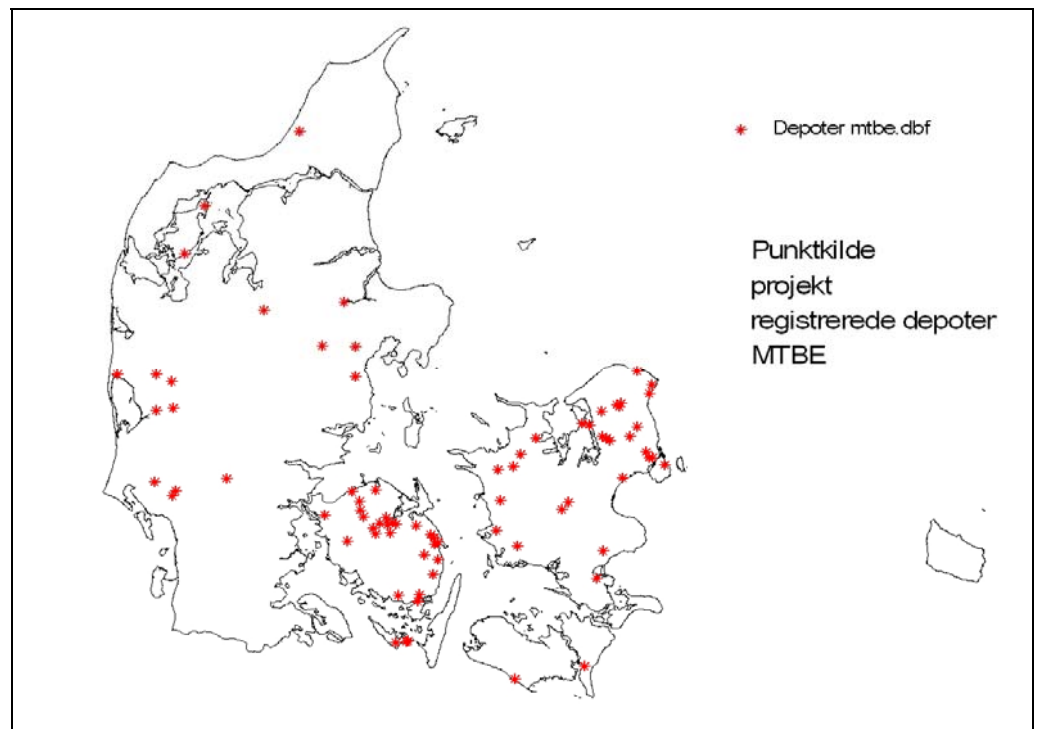
I tre grundvandsområder med en byandel på over 75 % er der fundet de højeste gennemsnitskoncentrationer pr opland. Resten af grundvandsområderne har omtrent samme gennemsnitlige koncentrationer i grundvandet, selvom oplandene har forskellig andel bebyggelse. Egentlige landområder uden bymæssig bebyggelse kan tilsyneladende være lige så belastede eller endog mere belastede end områder præget af bymæssig bebyggelse.

5.4 Resultater for MTBE

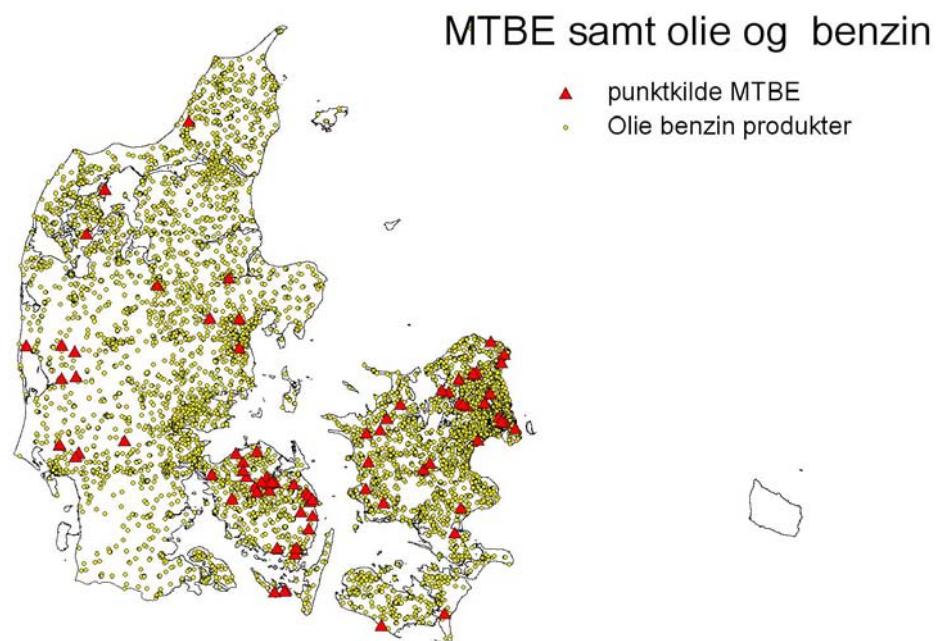
5.4.1 Geografisk fordeling af fund

I Miljøstyrelsens database, ROKA, over registrerede forurenede lokaliteter er der på landsplan registreret 79 lokaliteter med MTBE (se Tabel 3.2). Dette tal er alt for lavt. En forklaring på dette kan være, at mange MTBE-forureninger blot kan være registreret som olie-benzin forureninger, idet MTBE særligt er knyttet til benzin-spild fra tankstationer. Der er dog ikke specifikt bemærket MTBE-forurening fra grunde, der er registreret med olie/benzin, men som det fremgår af Figur 5.31, er der registreret mange grunde af denne type. Denne gruppe indeholder en række mere eller mindre uspecifikke stoffer (benzin, dieselolie, fyringsolie, olie, olie/fedt, olie-benzin, olieprodukter, petroleum og terpentin), men altså ikke registreringer om MTBE.

Som det fremgår af Figur 5.30 ligger de fleste MTBE forurenede lokaliteter, som er registreret med UTM koordinater, på Fyn omkring Odense, mens der kun er registreret få MTBE grunde i Jylland. Figur 5.31 viser også andre grunde der kan give anledning til MTBE forureninger, men der er ikke registreret oplysninger om MTBE på disse lokaliteter. Denne geografiske fordeling fremgår også af Tabel 5.39, som viser de forurenede lokaliteter fordelt på regioner. Det fremgår af tabellen, at der især er registreret mange MTBE forureninger i Region Syddanmark, mens der kun er få registreringer i hovedstadsområdet.



Figur 5.30 Geografisk fordeling af registrerede forurenede lokaliteter, der er forurenede med MTBE. N=79 med UTM koordinater



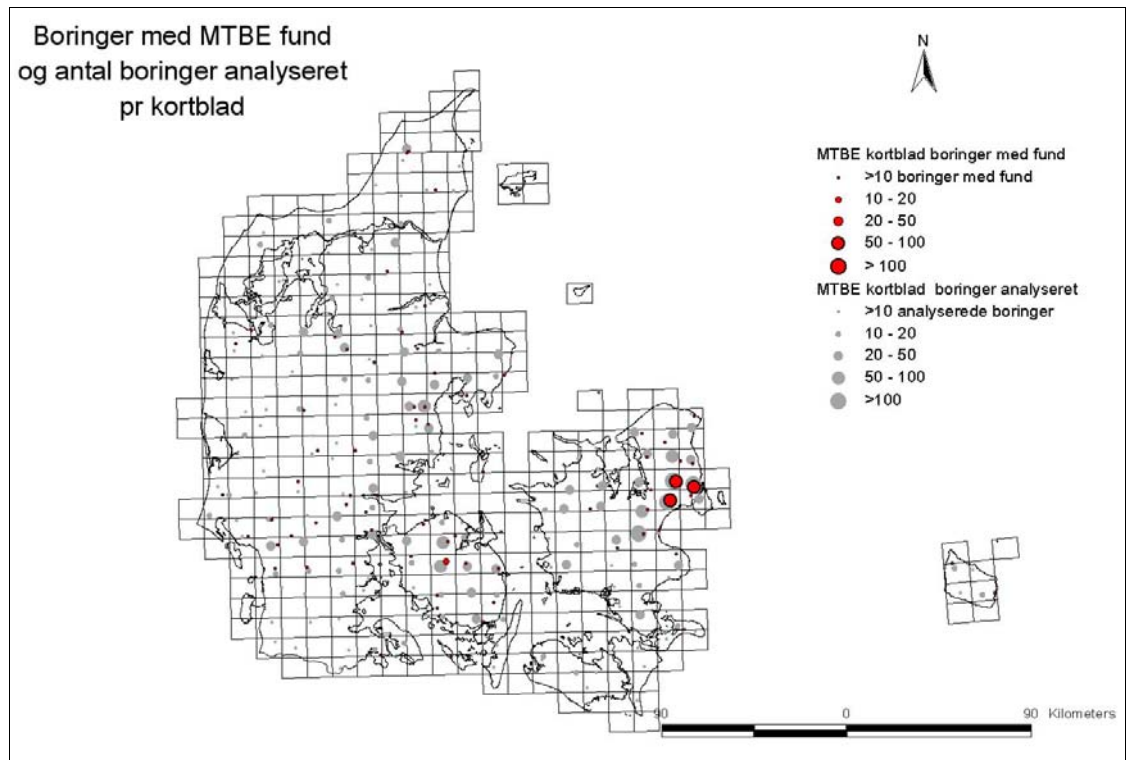
Figur 5.31 Geografisk fordeling af registrerede forurenede lokaliteter, der er forurenede med MTBE. Desuden er vist punktkilder, der er registreret som forurenede med 'Olie og benzin produkter'. N(MTBE) = 79, N(olie og benzin) = 13.402 med UTM koordinater

Tabel 5.39 Antal registrerede forurenede lokaliteter med MTBE (med UTM koordinater), fordelt på regioner. Data fra ROKA

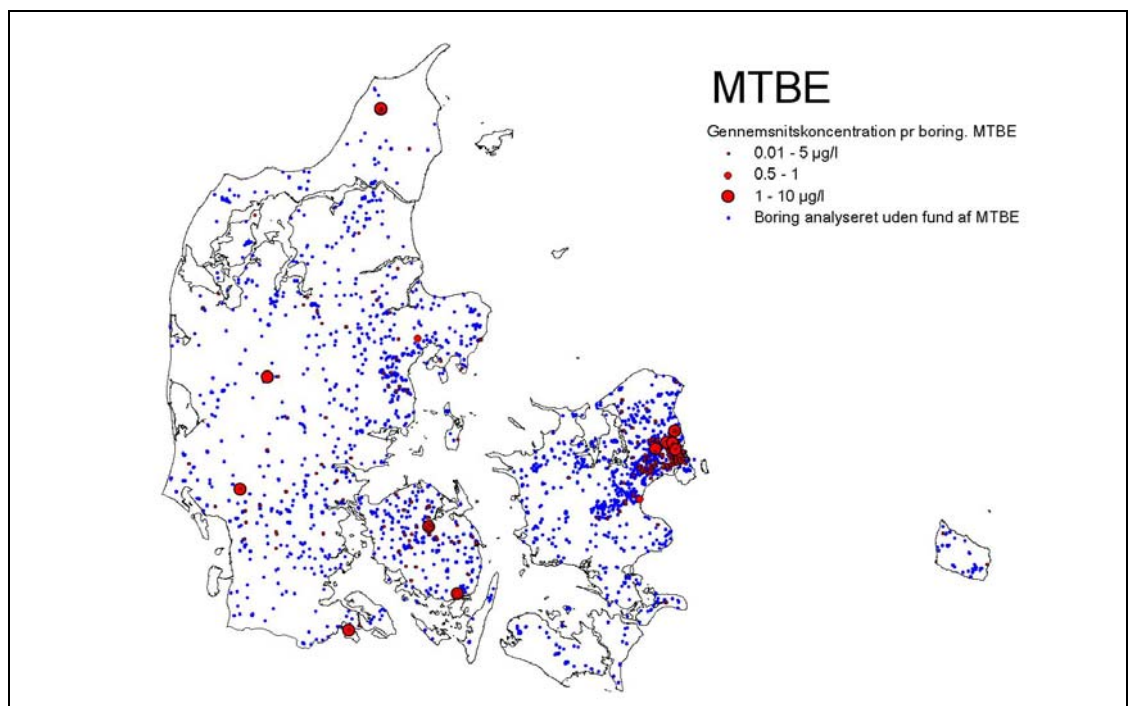
Region	Antal forurenede lokaliteter
ROKA	
Bornholm Regionskommune	0
Region Hovedstaden	19
Region Midtjylland	10
Region Nordjylland	3
Region Sjælland	14
Region Syddanmark	33
Antal forurenede lokaliteter i alt	79

Opgøres antal boringer med fund mod antal analyserede boringer pr kortblad (Figur 5.32) ses i modsætning til fordelingen af forurenede lokaliteter, at det i overvejende grad er i hovedstadsområdet, at de fleste MTBE forurenede boringer er fundet. Selv om man f.eks. omkring både Aarhus og Odense har analyseret MTBE i et stort antal boringer, er der her kun fundet få boringer med MTBE.

Tilsvarende ses relativt store MTBE koncentrationer i boringer med fund omkring København (Figur 5.33). Af figuren fremgår det også, at der stort set ikke er fundet boringer med MTBE i Jylland, men at der er en del fund med små koncentrationer omkring både Odense og Aarhus. Der kan være en sammenhæng med geologien, idet de fleste fund, som for de andre to stofgrupper, forekommer i lerede områder, modsat de mere sandede områder, som har færre fund og lavere koncentrationer. Hvorvidt denne sammenhæng skyldes overvægten af kilder i de lerede områder, er ikke muligt at slutte ud fra de foreliggende analyser.



Figur 5.32 Antal boringer analyseret (markeret med grå signatur) og boringer med fund (gennemsnitskoncentrationer markeret med rød signatur) pr kortblad for MTBE. 3488 analyserede boringer, 409 boringer med fund. Data fra projekt-databasen



Figur 5.33 Geografisk beliggenhed af boringer analyseret for indhold af MTBE. I boringer med fund er gennemsnitskoncentration (µg/l) pr boring angivet med rød signatur. 3485 analyserede boringer, heraf 409 boringer med fund. Data fra projekt-databasen

5.4.2 Andel boringer med fund gennem tid

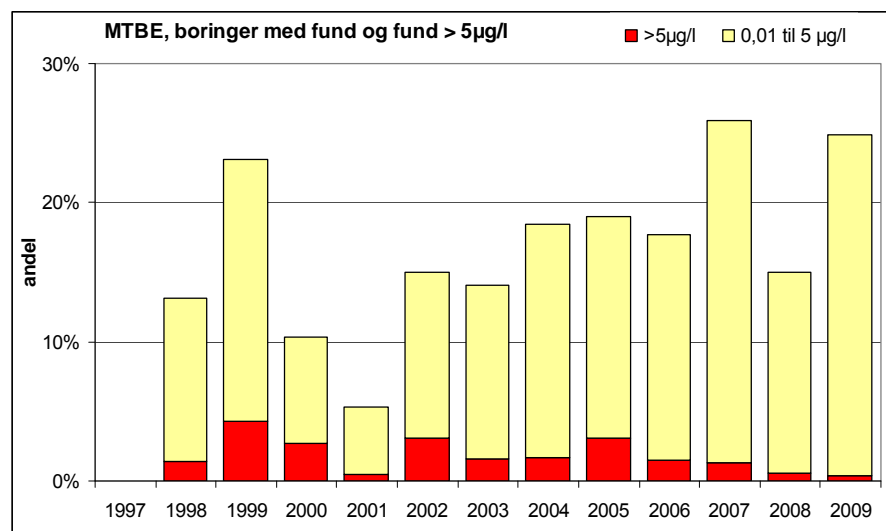
Da der i GRUMO kun foreligger oplysninger om 662 analyser af MTBE, hvoraf de 12 var med fund, er gennemgangen af MTBE baseret på analyser fra projektdatabasen. I denne foreligger der oplysninger om ca. 7.300 analyser af MTBE og dets nedbrydningsprodukter. Ud af disse analyser er ca. 700 analyser af nedbrydningsproduktet tert-butylformiat (TBF). I det store datasæt foreligger ca. 1000 analyser med fund af MTBE, hvoraf 158 er med koncentration $>5 \mu\text{g/l}$, der er grænseværdien for MTBE i drikkevand (Tabel 5.40), mens der er 20 analyser med fund af TBF, alle i koncentrationer mindre end $5 \mu\text{g/l}$. Der foreligger data for en kortere årrække for MTBE end for de andre to stofgrupper, da man først startede analyse af MTBE i 1997. I den efterfølgende databehandling er MTBE og nedbrydningsprodukter behandlet sammen, med mindre andet oplyses i teksten.

Tabel 5.40 MTBE. Antal analyser og antal af analyser med fund og antal boringer og antal og andel (%) boringer med fund over grænseværdien pr år for perioden 1997 til 2009, for perioden 2007 til 2009 og for enkelte år i den samlede periode. Data fra projektdatabasen

Periode	Analyser			Boringer			Andel (%) boringer	
	Antal	Antal med fund	Med fund over grv.	Antal	med fund	Med fund over grv.	Med fund	Med fund over grv.
1997 til 2009	7301	1038	158	3488	409	29	11,7	0,8
2007-2009	1189	261	7	708	127	5	17,9	0,7
1997	9	3	1	7	2	1	28,6	14,3
1998	236	39	4	213	28	3	13,1	1,4
1999	144	43	13	117	27	5	23,1	4,3
2000	412	49	24	301	31	8	10,3	2,7
2001	1979	143	29	1862	99	9	5,3	0,5
2002	517	96	32	419	63	13	15,0	3,1
2003	861	84	11	497	70	8	14,1	1,6
2004	623	119	15	483	89	8	18,4	1,7
2005	534	87	14	389	74	12	19,0	3,1
2006	797	114	8	526	93	8	17,7	1,5
2007	360	102	4	301	78	4	25,9	1,3
2008	481	75	2	367	55	2	15,0	0,5
2009	348	84	1	249	62	1	24,9	0,4

Der er i perioden 1997 - 2009 fundet 409 boringer med fund af MTBE, svarende til 11,7 %, mens grænseværdien på $5 \mu\text{g/l}$ var overskredet i 0,8 % af boringerne (Tabel 5.40).

Da datasættet størrelse varierer meget fra år til år (Figur 5.34), er det valgt at sammenholde hele perioden med de sidste tre år (Tabel 5.40), hvoraf det fremgår, at der i de seneste tre år er fundet MTBE i 17,9 % af 708 undersøgte boringer, altså en større andel end for hele perioden. Andelen af overskridelser af grænseværdien er dog ganske lille, og for begge perioder overskrider under 1 % af de undersøgte boringer grænseværdien.

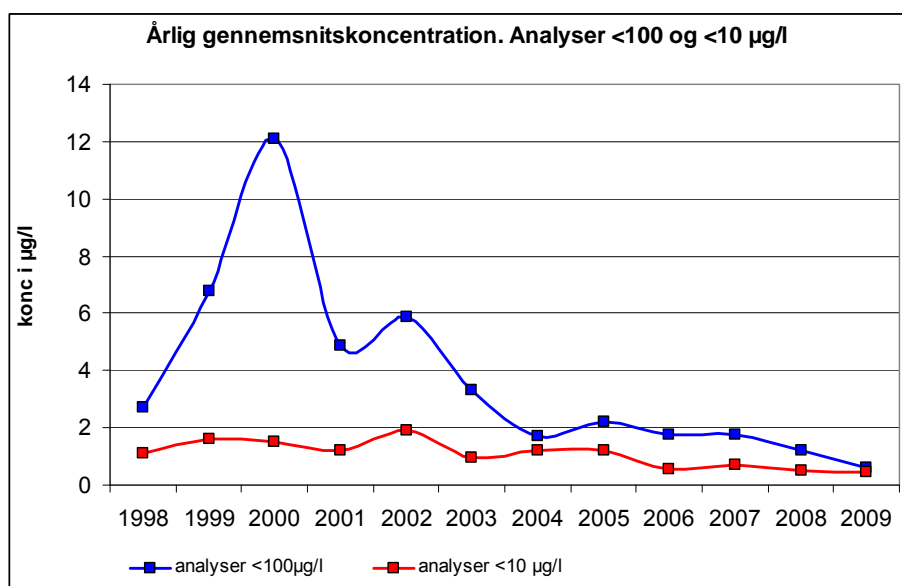


Figur 5.34 Udvikling i andel (%) boringer med fund pr år for MTBE i perioden 1998 til 2009, i intervallet 0,01 til $5 \mu\text{g/l}$ og $>5 \mu\text{g/l}$. Data fra projektdatabasen

Figur 5.34 viser, hvordan udviklingen i andelen af boreriger med fund har været. Det fremgår, at andelen af fund har været svingende, men også at antallet af analyser, der overskrider grænseværdien er faldet til næsten 0 gennem de seneste 10 år. Der skal som for de andre to stofgrupper tages hensyn til et væsentligt fald i antal analyserede boreriger per år (halvering ca.) fra 2006 og frem.

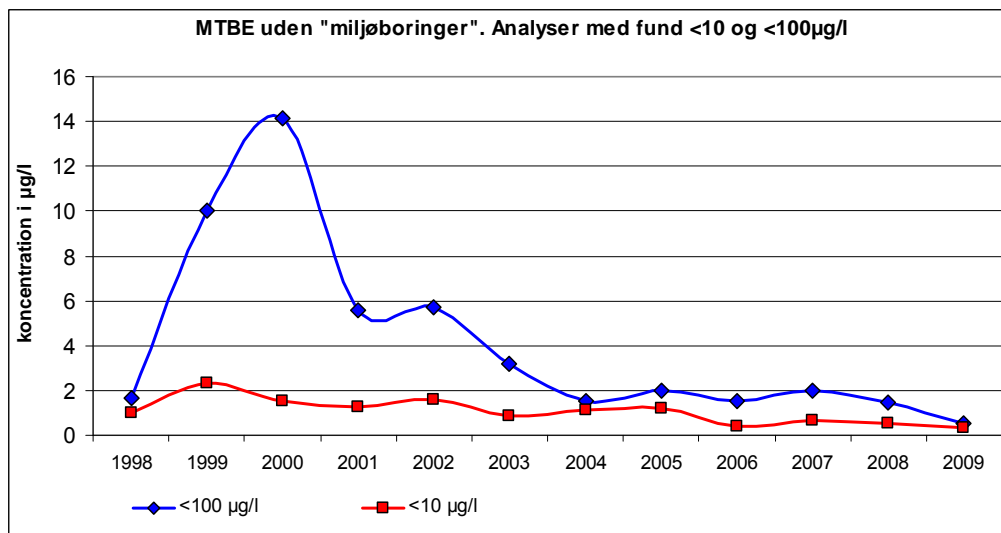
5.4.3 Koncentration gennem tid

Figur 5.35 viser den tidsmæssige udvikling i gennemsnitskoncentrationer for MTBE i alle boreriger med fund af stoffet. Den blå kurve viser udviklingen i gennemsnitskoncentrationer beregnet på alle analyseresultater med MTBE-indhold mindre end 100 µg/l (det samlede datasæt indeholdt kun to analyser på mere end 100 µg/l). Der ses et markant forløb med et fald fra en gennemsnitlig koncentration i 2000 på mere end 12 µg/l til under 1 µg/l i 2009. Det kan ikke udelukkes, at en del af de højeste koncentrationer i figuren med alle analyser med fund <100 µg/l kan skyldes forkerte indberetninger af enheder til Jupiter databasen. Den røde kurve i Figur 5.35 viser den gennemsnitlige MTBE koncentration pr år for positive fund mindre end 10 µg/l. Her ses også en faldende tendens, hvor den gennemsnitlige koncentration pr år falder fra 1,5 µg/l i 2000 til under 0,5 µg/l i 2009.



Figur 5.35 Udvikling i gennemsnitskoncentration for MTBE pr år for analyser med fund for perioden 1998 til 2009. For alle analyser med positive fund <100 µg/l (blå kurve) og for fund <10 µg/l (rød kurve). Hhv. 1032 og 944 analyser. Data fra projektdatabasen

Udelades analyser med fund, der stammer fra miljøboringer, fås et mindre datasæt, hvor der tages højde for det faldende antal indberettede analyser i forbindelse med kommunalreformen. Dette datasæt er på samme måde anvendt til at beregne årlige gennemsnitskoncentrationer for analyser med MTBE fund (Figur 5.36). Sammenholdes Figur 5.36 med Figur 5.35 ses en god overensstemmelse, som viser et tilsvarende fald i de gennemsnitlige MTBE koncentrationer over de sidste 10 år.



Figur 5.36 Udvikling i gennemsnitskoncentration for MTBE pr år for analyser med fund <100 µg/l og <10 µg/l for perioden 1998 til 2009. Miljøboringer udeladt. Hhv. 841 og 760 analyser. Data fra projektdatabasen

Det faldende MTBE koncentrationsniveau kan skyldes en kombination af flg. årsager:

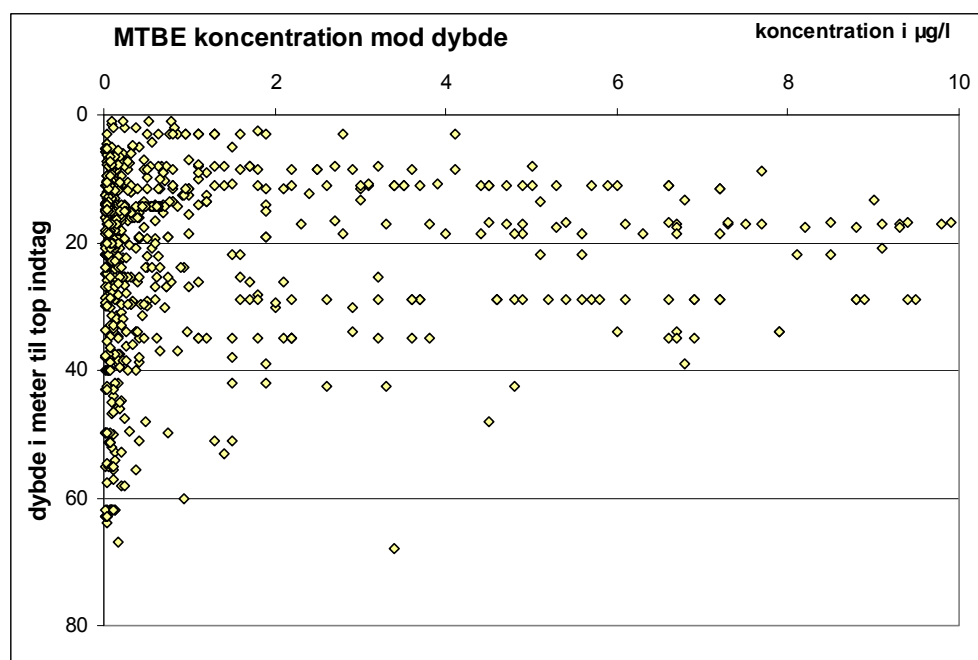
- Påvirkningen af grundvandet med MTBE er aftaget, efter at stoffet fra år 2000 ikke længere anvendes som tilsætningsstof til benzin
- Den naturlige population af mikroorganismer i jord og grundvand er efterhånden tilvænet nedbrydning af stoffet

Såfremt antagelserne er korrekt, kan man formode, at MTBE på grund af biologisk omsætning vil forsvinde fra dansk grundvand i løbet af de næste ca. 10-15 år, alene ud fra en simpel fremskrivning af de beregnede, faldende koncentrationer i grundvandet.

5.4.4 Dybdemæssig fordeling af fund, hele datasættet

MTBE forekommer omtrent lige hyppigt i de øverste 30 m af grundvandet, hvorefter både antal fund og fundkoncentrationer falder med dybden (Figur 5.37 og Tabel 5.41). Det ses, at koncentrationerne generelt er lavere i de øverste 10 m, sammenlignet med intervallet 10 - 30 m. Dette kan skyldes, at der er god nedbrydelighed i de øvre aerobe magasiner, mens nedbrydeligheden er ringere i de mere reducerede og dybere miljøer. Stoffer, der kommer herved, vil således tage længere om at forsvinde.

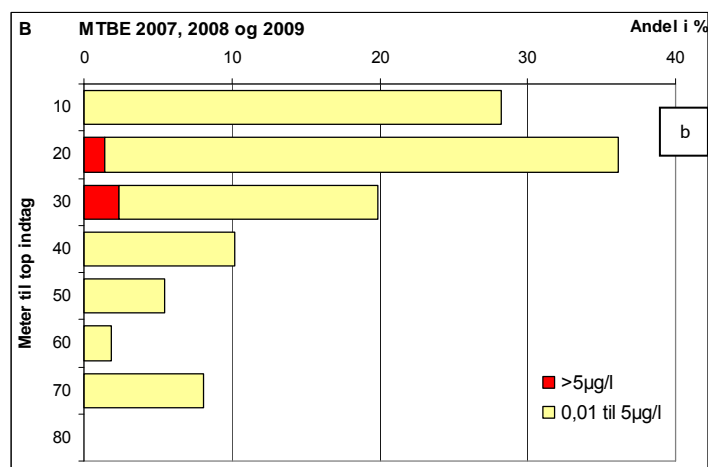
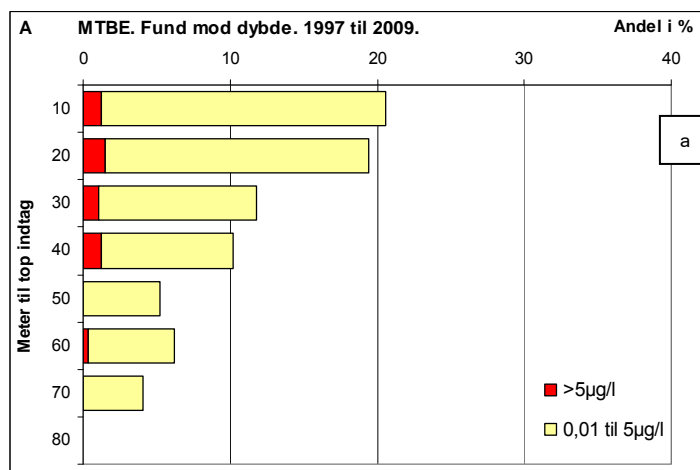
Sammenholdes fordeling af fund mod dybde for hele perioden med samme for perioden 2007 til 2009 ses, at antallet af MTBE fund i de øverste 20 m ikke er faldet, men at andelen af borer med fund større end 5 µg/l er faldet (Figur 5.38).



Figur 5.37 Koncentration mod dybde for alle fund af MTBE i grundvand <10 µg/l. N=852. Data fra projektdatabasen

Tabel 5.41 MTBE. Antal og andel (%) boringer analyseret og med fund mod dybde for perioden 1997 til 2009. Data fra projektdatabasen

Dybde til top indtag (m)	Antal boringer				Andel (%) boringer		
	Analyseret	Med fund 0,01 µg/l til grv.	Med fund over grv.	Alle fund	Med fund 0,01 µg/l til grv.	Med fund over grv.	Alle fund
10	316	65	4	69	19,3	1,3	20,6
20	660	128	10	138	17,9	1,5	19,4
30	637	75	7	82	10,7	1,1	11,8
40	492	50	6	56	8,9	1,2	10,2
50	419	22	0	22	5,3	0,0	5,3
60	273	17	1	18	5,9	0,4	6,2
70	146	6	0	6	4,1	0,0	4,1
80	125	0	0	0	0,0	0,0	0,0
90	50	0	0	0	0,0	0,0	0,0
100	32	0	0	0	0,0	0,0	0,0
110	17	2	0	2	11,8	0,0	11,8
120	13	1	0	1	7,7	0,0	7,7
130	3	0	0	0	0,0	0,0	0,0
140	5	0	0	0	0,0	0,0	0,0
>140	6	0	0	0	0,0	0,0	0,0
Alle boringer	3194	366	28	394	10,6	0,9	11,5



Figur 5.38 Andel (%) boringer med fund og med fund større end grænseværdi for MTBE mod dybden for hele perioden 1997-2009 (a) og for perioden 2007-2009 (b) Hhv. 3194 og 641 analyserede boringer med oplysninger om indtagets dybde. Data fra projektdatabasen

5.4.5 Delkonklusion for MTBE

På landsplan er der i hele perioden 1997 - 2009 fundet 409 borerer med MTBE svarende til 11,7 % af alle borerer, som er analyseret for indhold af MTBE (i alt 3488 borerer). Andelen af overskridelser af grænseværdien for drikkevand er lille. I ovennævnte periode er det i mindre end 1 % af de undersøgte borerer, at der er fundet indhold af MTBE, som overskrider grænseværdien. Borerer med fund af MTBE forekommer mest hyppigt i hovedstadsområdet. På trods af mange undersøgelser omkring Odense og Århus, er fundprocenterne og koncentrationerne relativt lave her.

Der er kun registreret få forurenede lokaliteter, hvor MTBE er angivet som forureningskomponent, i forhold til antallet af grunde forurenede med halogenerede alifater og aromater. Dette skyldes formodentligt, at et stort antal MTBE-forurenede lokaliteter er registreret mere bredt som 'olie- og benzin forurenede' lokaliteter. Der er dog ikke under denne gruppe specifikt nævnt MTBE som muligt forureningsstof.

Opgøres den gennemsnitlige MTBE koncentration pr år for positive fund, findes en markant udvikling, hvor den gennemsnitlige koncentration pr år falder fra ca. 12 µg/l omkring år 2000 til ca. 1 µg/l i 2009. Dette tyder på, at påvirkningen af grundvandet aftager, efter at stoffet blev fjernet fra markedet i 2000. Enfaldende koncentration over tid

MTBE nedbrydes tilsyneladende relativt hurtigt i grundvand, og det faldende koncentrationsniveau kan tolkes som følge af primært aerob bakteriel nedbrydning i grundvandet. Dette underbygges af den geografiske fordeling, hvor MTBE overvejende findes i områder med lerdæklag (med mere anaerobe forhold), og stort set ikke i de sandede oplande (med mere aerobe forhold). Men om der er tale om en entydig og årsags-virkning sammenhæng kan ikke slutes på det foreliggende grundlag. Hvis udviklingen fortsætter, og nedbrydningen forekommer som beskrevet, vil det kunne forventes, at MTBE vil forsvinde fra dansk grundvand i løbet af ca. 10-15 år, alene ud fra en simpel fremskrivning af de beregnede og faldende koncentrationer i grundvandet. MTBE forekommer omtrent lige hyppigt i de øverste 20 m af grundvandet, hvorefter både antal fund og koncentrationer falder med dybden.

5.5 Lukkede borerer fra miljøstyrelsens database

Miljøstyrelsens database over lukkede borerer indeholder oplysninger om 3007 borerer, der er lukket fra ca. 1960 og frem til og med 2009 (desuden er der oplysninger om en enkelt boring lukket i 2010). I databasen er de fleste af borererne mærket med årsag til boringslukning, hvilket år boringen er lukket, DGU-nr og kommunenummer. Ud af de 3007 borerer foreligger der oplysninger om ca. 2800 borerer med DGU-nr. Miljøstyrelsens database har ikke nogen sammenhæng til Jupiter.

Tabel 5.42 giver et overblik over de forskellige årsager til lukning af borerer samt hvor mange borerer, som er lukket pga. de forskellige årsager. Af tabellen fremgår, at det er tekniske årsager og andre årsager der er hovedårsagen til lukningen af de borerer, der findes i databasen, mens pesticider, nitrat og naturskabte årsager (sulfat, klorid) er andre hyppige årsager. For de organiske mikroforurenende stoffer (opført som 'Andre miljøfremmede stoffer') foreligger der oplysninger om 191 lukkede borerer (svarende til 6,4 % af alle lukkede borerer). Der skelnes ikke mellem stofgrupper eller forskellige enkeltstoffer i databasens oplysninger om 'Andre miljøfremmede stoffer'.

Tabel 5.42 Antal lukkede borerer og årsager opgivet til lukning for perioden 1960 til 2009. Data fra Miljøstyrelsensdatabase over lukkede borerer

Hovedgruppe nr	Hovedgruppe (Årsag til lukning)	Antal lukkede borerer	Andel (%) lukkede borerer
4.1	Pesticider	1	19
4.1.1	Pesticider, under grænseværdi	176	
4.1.2	Pesticider, over grænseværdi	392	
4.1; 4.3	Pesticider og nitrat	1	
4.2	Andre miljøfremmede stoffer	187	6,4
4.2 og 4.7	Andre miljøfremmede stoffer + Anden årsag ^a	3	
4.2.2	Andre miljøfremmede stoffer ^a	1	
4.3	Nitrat	230	7,6
4.4	Naturskabte vandkvalitetsproblemer (sulfat, klorid m.fl.)	347	12
4.5	Tekniske årsager ^b	855	28
4.5 + 4.4	Tekniske årsager + Naturskabte vandkvalitetsproblemer (sulfat, klorid, m.fl.) ^a	1	
4.6 + ?	Ukendt	307	10
4.7	Anden årsag (anføres under bemærkninger) ^c	506	17
	Borerer i alt med årsag angivet	3007	100

^a Årsag ikke oplyst, men årsagen tolkes som den samme som den hovedgruppe, koden ligger i

^b Tekniske årsager kan være mange, f.eks. sammenstyrtning af boringer, tab af indvindingssevne, nedbrud af rørsystemer, mm.

^c De hyppigste årsager er lukning pga. tekniske problemer, sammenlægning eller lukning af vandværker, lille ydelse, bakterielle årsager, mm.

Tabel 5.43 Antal lukkede boringer pr år. Andre miljøfremmede stoffer^a. Data fra Miljøstyrelsensdatabase over lukkede boringer

Lukningsår	Antal lukkede boringer	Lukningsår	Antal lukkede boringer
Ukendt	3	1995	8
1969 ^b	2	1996	9
1980	1	1997	5
1981	4	1998	3
1986	2	1999	2
1987	28	2000	6
1988	9	2001	8
1989	3	2003	10
1990	11	2004	6
1991	8	2005	4
1992	8	2006	1
1993	6	2008	27
1994	17	I alt	191

^a Kode 4.2, 4.7 og 4.2.2 i Tabel 5.42

^b Mangelen på årstal (f.eks. 2007) indikerer manglende indrapportering af lukkede boringer det pågældende år

Tabel 5.43 viser, hvordan de lukkede boringer med 'Andre miljøfremmede stoffer' (dvs. organiske mikroforeninger) er fordelt pr år. Det fremgår, at antal boringer, der lukkes pr år, er meget varierende, f.eks. blev der lukket én boring i 2006, ingen i 2007, og 27 i 2008. Det skal bemærkes, at indberetningen af lukkede boringer også har været præget af kommunalreformen i 2006 og 2007, hvor der er indberettet meget færre lukkede boringer end tidligere. Ligeledes kan det høje antal lukkede boringer på grund af miljøfremmede stoffer i 2008 være udtryk for, at der er blevet samlet op på nogle indberetninger, som er indberettet med lukningsår i 2008, selv om nogle af dem reelt er lukket tidligere.

I Miljøstyrelsens database er også oplysninger om kilderne til forureningen med organiske mikroforeninger af de lukkede boringer (Tabel 5.44). Det ses af tabellen, at over halvdelen af de lukkede boringer er lukket pga. forurenede industrigrunde. Der foreligger ikke oplysninger om kilder for grupperne "ukendt" og "andet", bortset fra oplysninger om lukning pga. f.eks. MTBE for to boringer.

Disse data fortæller, at der indenfor de sidste 40 år er lukket mindst 200 boringer i hele landet pga. forureningsproblemer med de organiske mikroforenende stoffer (pesticider ikke inkluderet), hvilket svarer til ca. 5 boringer i gennemsnit om året. Der er ikke en tendens til, at der er lukket flere boringer de seneste år, hvilket ellers kunne indikere, at forureningsproblemet er forøget.

Der kunne godt laves en analyse af fund og koncentrationer af de tre stofgrupper i de lukkede boringer (før lukning), men da populationen af disse boringer er så relativt lille, vil det formentlig ikke give et tydeligt billede af tendenser. Der analyseres ikke på nedlagte boringer, efter de er blevet lukket. Disse skal forsegles/opfyldes med bentonit, hvilket imidlertid ikke sker konsekvent.

Tabel 5.44 Opgivet kilde til forurening og antal af lukkede boringer med organiske mikroforenende stoffer. Data fra Miljøstyrelsens database over lukkede boringer

Kilde til organiske mikroforenende stoffer	Kode	Antal lukkede boringer
Landbrug / Skovbrug	5.1.1	3
Losse- og fyldpladser	5.1.3	3
Industrigrunde	5.1.4	100
Olie- og benzinanlæg	5.1.5	14
Kloakledninger	5.1.6	4
Andet	5.1.7	10
Ukendt	5.2	54
Antal boringer med kildefelt udfyldt		188

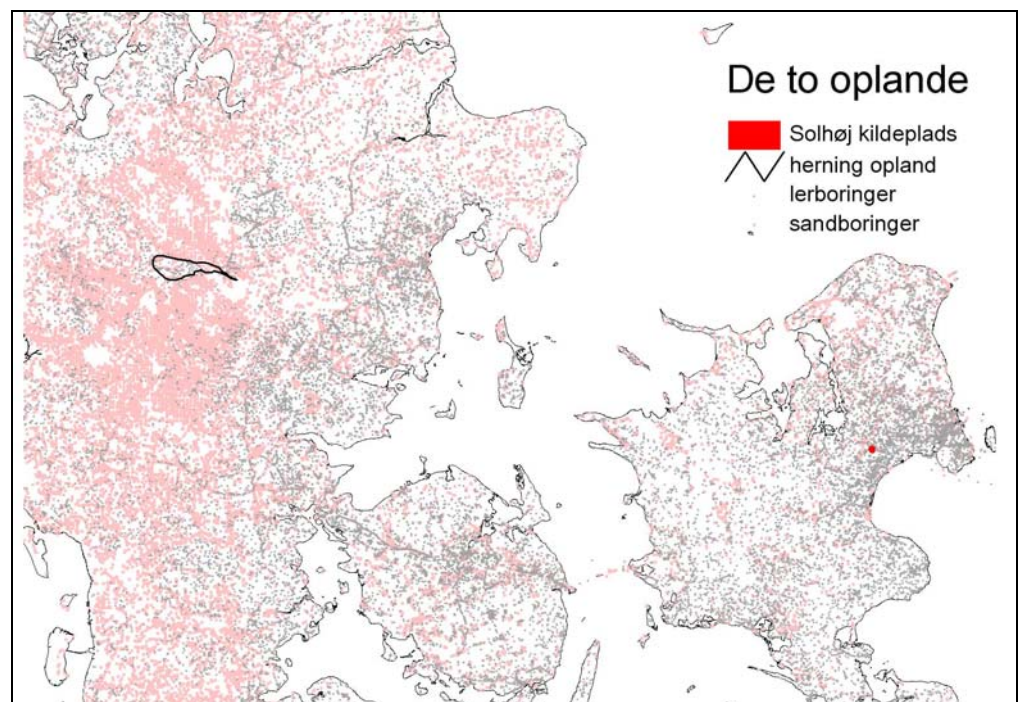
6 Fokusområder

Som led i den landsdækkende kortlægning af punktkilders påvirkning af grundvandet, er to mindre fokusområder blevet nærmere undersøgt og kortlagt.

6.1 Kriterier for udvælgelse af fokusområder

Indenfor projektets rammer og på det foreliggende datagrundlag, blev det vurderet realistisk at undersøge to fokusområder. De kriterier, der blev lagt til grund for udvælgelse af disse to områder var dels mængden af monitoringsdata, de geologiske forhold, omfanget af forureningstrusler fra de undersøgte stoffer fra punktkilder og endelig den sårbarhed, som områderne repræsenterer i form af befolkningstæthed, bynærhed, drikkevandsindvindingsinteresser, og tidligere problemer med fund i drikkevand.

På baggrund af disse kriterier, og i samråd med regionerne, blev området omkring Solhøj Kildeplads vest for København og indvindingsoplandet til Herning by udvalgt til fokusområder (Figur 6.1). De repræsenterer dels udpræget morænejordsaflejringer over kalkreservoarer (Solhøj) i hovedstadsregionen og mere sandede akviferer (Herning) i Jylland. Desuden repræsenterer de begge områder med relativ intensiv lokal udnyttelse af grundvand til drikkevand, og områder med relativt tæt befolkede bymæssige områder og deraf afstedkommende tæthed af forurenende virksomheder og punktkilder.



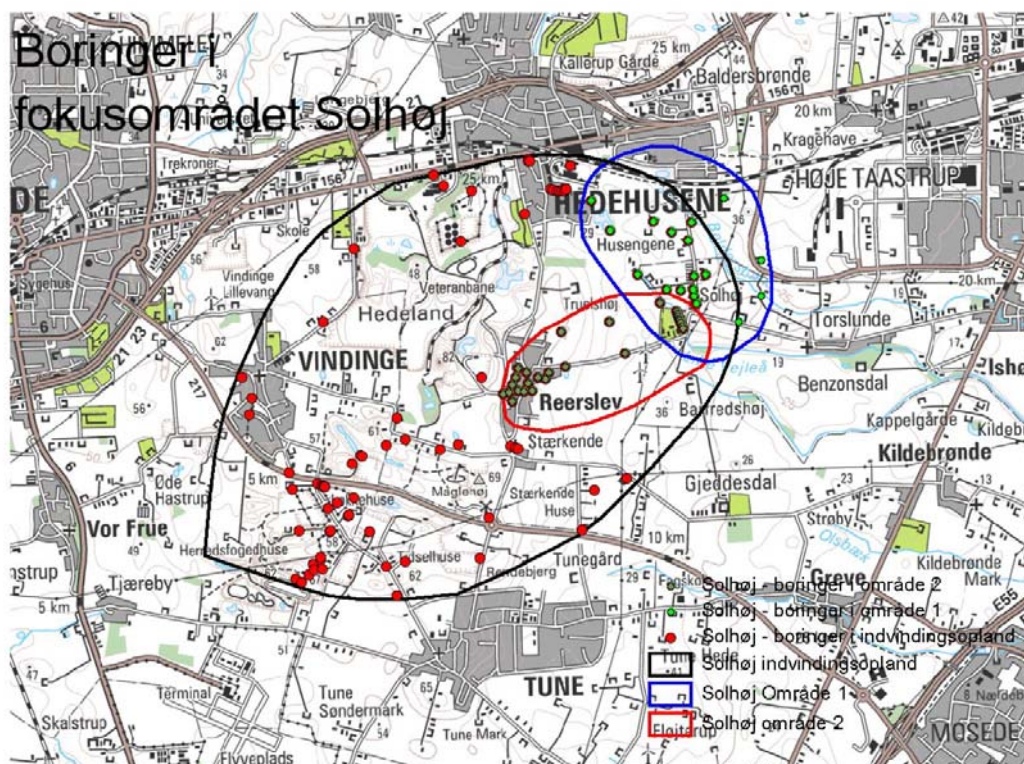
Figur 6.1 Beliggenhed af fokusområder: Rødt punkt på sjælland - Solhøj fokusområde. Sort opland i Jylland - Herning fokusområde. Desuden er fordeling af ler-/sandboringer i Danmark vist hvor den rødlige farve er sandboringer, mens den grå er lerboringer⁶

6.2 Solhøj og Herning fokusområder

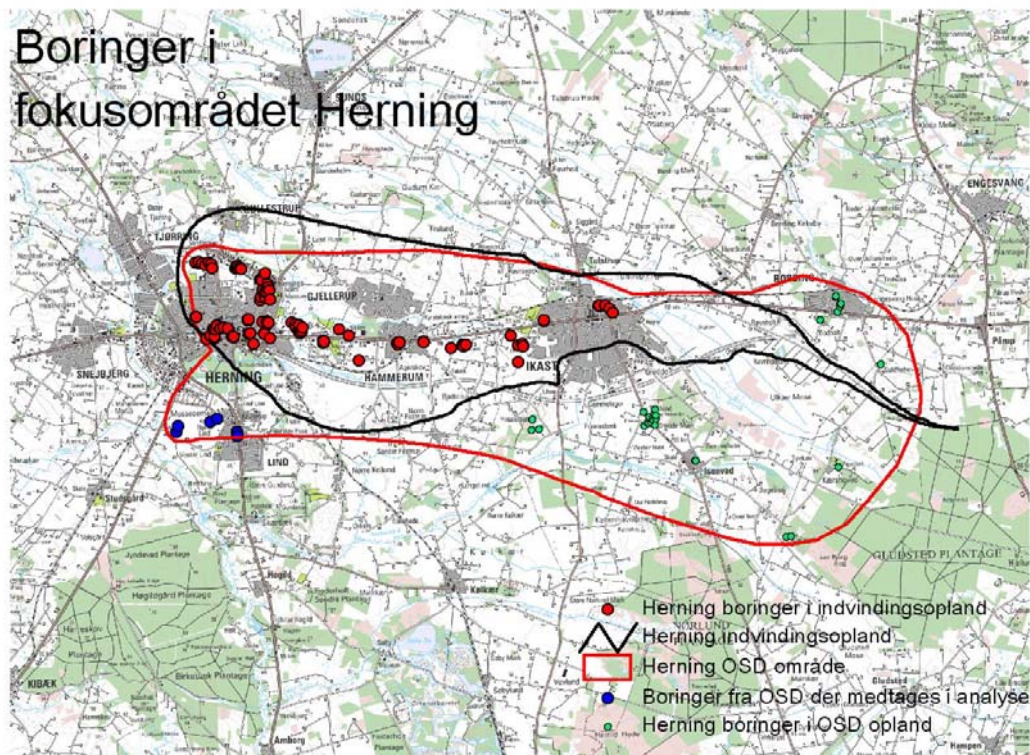
Solhøj fokusområde er defineret som indvindingsoplandet til drikkevandsboringerne ved Solhøj kildeplads. (Figur 6.2). Området er bestemt og kortlagt ud fra hydrogeologisk kortlægning og modellering vha. såkaldte partikelbane-simuleringer (København og Roskilde Amt, 2002), og udgør et 26 km² stort område. Tilsvarende er Herning fokusområde defineret som indvindingsoplandet til drikkevandsboringerne i den centrale del af Herning (Figur 6.3). Det er ligeledes bestemt ud fra hydrogeologisk modellering (Miljøcenter Ringkøbing, 2008a), og udgør et 78 km² stort område. Nøgledata for de to oplande er givet i Tabel 6.1.

⁶ Alle borerer fra Jupiter med oplysninger om ler/sandfordeling i 0 til 5 mut. En lerboring indeholder kun ler i de øverste 5 m af boringen, men boringen kan dog godt indeholde langt tykkere lerlag i alt. I en sandboring er der mindst 2 m sand til toppen af det øverste lerlag.

I Solhøj området er der yderligere defineret to underområder, som omkredser hovedstrømningsveje mellem kritiske forureningskilder og selve Solhøj kildeplads, dels et nordvestlig-sydøstligt gående strømningsområde fra Hedehusene og dels et sydvestlig-nordøstligt gående strømningsområde fra Reerslev. Meget af forureningstruslen formenes at stamme fra disse byer.



Figur 6.2 Fokusområde ved Solhøj kildeplads. Fokusområdet omfatter indvindingsområdet (sort) og de boreriger der er placeret i dette. Borerigerne i område 1 (blåt) og område 2 (rødt) er næsten alle inkluderet i indvindingsområdet, men der er dog enkelte boreriger i område 1, der ikke er medtaget i denne analyse



Figur 6.3 Fokusområde ved Herning-Ikast. Fokusområdet omfatter indvindingsområdet (sort) og de boreriger, der er placeret i dette, mens OSD området (Område med Særlige Drikkevandsinteresser) er markeret med rødt. Ved undersøgelsen anvendes borerigerne i oplandet samt de 6 boreriger indenfor OSD området syd for Herning

Tabel 6.1 Nøgletal for de to fokusområder, Solhøj og Herning

Parameter	Solhøj fokusområde	Herning fokusområde
Areal	26 km ²	78 km ²
Grundvandsindvinding ^a	3.1 mill. m ³ /år ^a	2.2 mill. m ³ /år ^b
Antal aktive vandværksboringer	19	37 (heraf 3 også GRUMO)
Dybde af drikkevandsboringer	15-30 m	82-165 m
Antal GRUMO boringer	0	11 (heraf 3 også aktive vandværksboringer)
Antal andre boringer	89	66
De vigtigste registrerede punktkilder ^c	6 (A:2, H:4, M:0)	77 (A:20, H:49, M:0)

^a Beregnet som sum af indvinding fra Hedehusene, Vester, Reerslev, Stærkende, Vindinge, Østre Vindingevej og Stikkelskær i 2002 (København og Roskilde Amt, 2002) og i 8 aktive indvindingsboringer på Solhøj Vandværk i 2008 (Region Hovedstaden, 2009a)

^b Beregnet som sum af indvinding fra Øster, Nordre, Vestre, Hammerum og Ikast Vandværk i 2008 (ikke publicerede data fra Region Midtjylland)

^c Tal i parentes angiver antal punktkilder med A: aromatiske kulbrinter, H: halogenerede alifatiske kulbrinter, og M: MTBE). Data er fra ROKA databasen (kun grunde med UTM koordinater er medtaget). Der er væsentlig flere end seks punktkilder registreret indenfor indvindingsoplandet til Solhøj. Figur 6.4 medtager også to andre punktkildestofgrupper, som dog også inkluderer andre stoffer end de her udvalgte

6.2.1 Forureningstrussel i Solhøj fokusområde

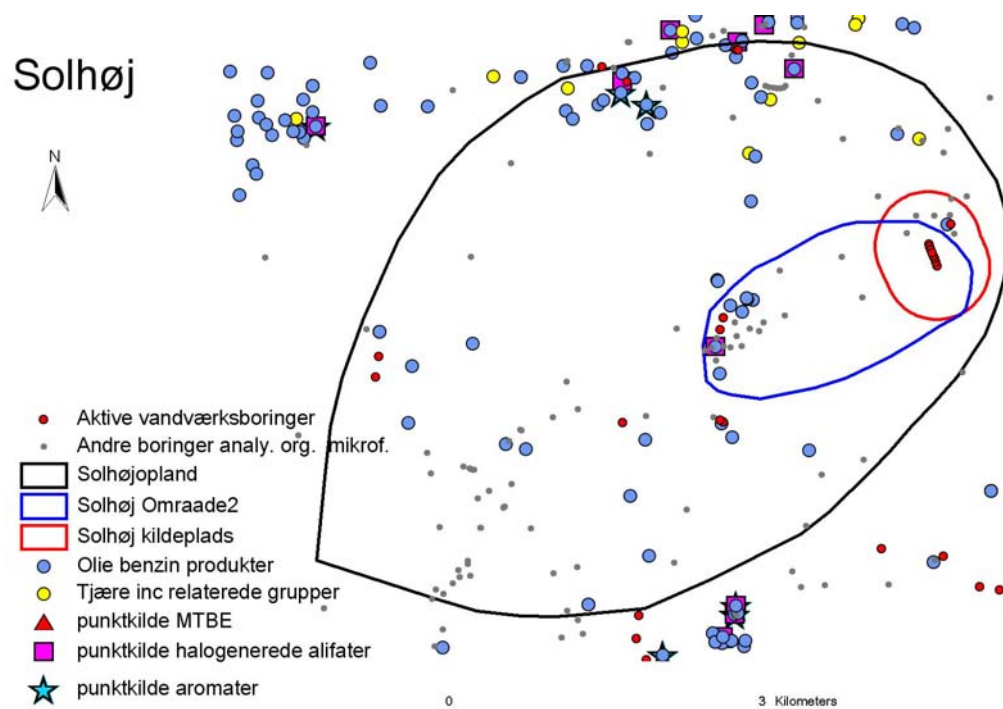
Solhøj kildeplads udgør med sin historiske set væsentlige indvinding (op til 6 mill. m³/år i 2003 (Region Hovedstaden, 2009)) en af de største kildepladser i Danmark og forsyner store dele af København med drikkevand (ca. 75.000 københavnere svarende til ca. 10 % af Københavns samlede indvinding) (Danske Regioner, 2010; København og Roskilde Amt, 2004). Hermed er der også meget bevågenhed omkring beskyttelse af drikkevandskvaliteten fra kildepladsen, specielt set i lyset af de mange identificerede forureningstrusler, konstaterede fund af forskellige forureninger i grundvandet og endelig på baggrund af de ringe muligheder, der foreligger for at erstatte eller flytte kildepladsen til andre områder i nærheden eller længere væk på Sjælland (Christensen, 2010; København og Roskilde Amt, 2003).

Hovedparten af indvindingen til vandforsyning i fokusområdet hentes op fra bryozokalken, som udgør det dybe og primære grundvandsmagasin i området. Over bryozokalken findes varierende lag af varierende tykkelse af grønsandsler og kvartære aflejringer, herunder et dominerende op til 20 m tykt lag af sand og grus, kaldet Hedelandsformationen, som udgør et sekundært grundvandsmagasin. Grundvandsstrømningen er i det primære magasin og det nedre sekundære magasin (Hedelandsformationen) lokalt styret af den store indvinding på Solhøj kildeplads, hvor der forekommer en sænkingskegle i grundvandpotentialet.

I Solhøj fokusområdet er der registreret seks forureningstrusler for kildepladsen væsentlige forurenede grunde (Tabel 6.1). Nogle af de vigtigste grunde, hvor der er foretaget V1 eller V2 undersøgelser, er listet i København og Roskilde Amt (2004). Der blev i 2003-2004 konstateret stigende koncentrationer af klorerede opløsningsmidler i en række af indvindingsboringerne på Solhøj kildeplads (Tetrachlorethylen: 0,9-7,7 µg/l) (Christensen, 2010, Region Hovedstaden, 2009) og med spor af MTBE under grænseværdien (København og Roskilde Amt, 2002).

Selvom organiske mikroforureninger er hovedfokus i denne kortlægning, er det værd at nævne, at andre stoffer, som nitrat, nikkel, pesticider (nedbrydningsproduktet BAM) også udgør trusler mod drikkevandskvaliteten i Solhøj (København og Roskilde Amt, 2002). I en overordnet beskyttelsesstrategi og -indsats, skal disse stoffer således også tænkes ind, og der kan tilmed opnås en dybere indsigt i trusselsmønstret og de hydrogeologiske og -kemiske forhold ved at samtænke og koordinere analyser af disse forskellige stoffers udbredelse og omsætning. Solhøj fokusområde ligner resten af hovedstadsområdet, hvor konsekvensen af indvindingen af vand er, at mange vandløb og vådområder er tørre store dele af året, samt at kvaliteten af drikkevandet nogle steder forringes på grund af forurening og for stor indvinding. Store dele af Solhøj fokusområde blev i forbindelse med Regionplan 2001 på baggrund af viden om beskyttende dæklag (lerlag), magasinforhold og grundvandskemi udpeget som nitratfølsomme indvindingsområder. Områderne blev revideret og udvidet med indsatsplanen fra 2004 (København og Roskilde Amt, 2004).

Af Figur 6.4 fremgår den geografiske fordeling af de forurenede lokaliteter i Solhøj fokusområde sammenholdt med placeringen af boringer.



Figur 6.4 Geografisk fordeling af registrerede forurenende grunde indenfor Solhøj fokusområde. Her er også medtaget gruppen 'olie-benzin' og 'tjære' (Tabel 3.2), som ligeledes kan være punktkilder. Vist er også placering af boringer med analyser for mikroforurenende stoffer

6.2.2 Oprydningsaktiviteter i Solhøj fokusområde

De vigtigste forureningskilder til organiske mikroforureninger ved Solhøj kildeplads er et tidligere pelsrenseri på M.W. Gjøesvej i Reerslev og et par forurenende virksomheder i Hedehusene, bl.a. Statoils oliefordelingscentral (København og Roskilde Amt, 2004). Der er i alt identificeret seks ejendomme, der truer Solhøj kildeplads, hvoraf der er konstateret forurening med klorerede opløsningsmidler på 4 ejendomme. På tre af disse er der foretaget oprydning (København og Roskilde Amt, 2004). Derudover er der ryddet op på enkelte nedlagte benzinstationer og villaer med nedgravede lækkende olietanke (København og Roskilde Amt, 2004).

Der er sket oprydning på disse pladser i form af:

- Opgravning og fjernelse af jord
- Afværgepumpning
- Termisk oprensning
- Vaccumventilering af umættet zone
- Termisk oprensning
- Indeklimasikring i bygninger
- Rensning af drikkevand (stripping)

Der er udarbejdet en indsatsplan for beskyttelse af grundvandet i oplandet til Solhøj Kildeplads (København og Roskilde Amt, 2004). Indsatsområdet er her sammenfaldende med fokusområdet defineret i denne rapport. Med hensyn til indsatsen overfor punktkilder til organiske mikroforureninger har indsatsplanen primært gået på at kortlægge og undersøge identificerede, men endnu ikke undersøgte grunde, at gennemføre oprensninger og at overvåge og monitorere indsatsen fra allerede igangværende eller afsluttede afværgeforanstaltninger (Tabel 6.2).

6.2.2.1 Eksempel på storstilet oprydning i Solhøj fokusområde: M.W. Gjøesvej, Reerslev (efter Region Hovedstaden, 2010)

Der har fra 1956-1977 været pelsrenseri på lokaliteten. Pelsrenseriet har hældt brugt rensesvæske (klorerede opløsningsmidler) direkte ud på jorden. Forureningen truer Solhøj kildeplads ca. 2.100 m nordøst for grunden og grundvandsressourcen generelt og indeklimaet i 6-8 parcelhuse. De samlede omkostninger til oprensning og drift af afværgeanlæg vurderes at blive ca. 55 mio. kr., hvoraf der er afholdt ca. 50,7 mio. kr. til anlæg og drift. Herudover er 1,5 mio. kr. brugt på undersøgelser.

Den aktuelle status for oprydningen: Der er udført omfattende undersøgelser og etableret midlertidig indeklimasikring for 6 parcelhuse. Endvidere er der etableret aktiv in-situ vacuumventilation i umættet

zone. I 2007 er der etableret oprensning af den forurening, der har nået det sekundære grundvandsmagasin. Vacuumventilationen forventes at overgå fra aktiv til passiv ventilation i løbet af 2010, og afværgepumpningen i det sekundære grundvand forventes at kunne ophøre i løbet af et par år. I 2008 er der projekteret og opstartet oprensning ved hjælp af termisk oprensning (ISTD, In-Situ Thermal Desorption) af forureningskilden i leralet 0-10 m. I 2009 er den termiske oprensning i to kildeområder afsluttet og retablering er i gang. Fem boringer ud af de otte på kildepladsen har været lukket siden 2004 pga. forurening og anvendelse af boringerne til afværgepumpning (Region Hovedstaden, 2009). Københavns Energi (KE), som står for vandforsyningen fra Solhøj kildeplads, er generelt imod avanceret rensning af råvandet for miljøfremmede stoffer, men har taget stripping, som er en simpel rensningsmetode, der består af en afstripping af klorerede opløsningsmidler med luft, i anvendelse siden 2010 og dermed genåbnet boringerne (Christensen, 2010).

Tabel 6.2 Et udsnit af forurenede grunde indenfor Solhøj fokusområde

Forurenede grund	Type	Under-søgelse	Forureningskomponenter fundet	Afværgeforanstaltning	Årstal for afværgning	Reference
M.W. Gjøesvej	Pelsrenseri	V2	Klorerede opløsningsmidler	Afværgepumpning, vacuumventilation i umættet zone, indeklimasikring for 6 parcelhuse, termisk rensning (ISTD)	2005-i dag	Region Hovedstaden 2009, 2010; Christensen, 2010
Teglistenen, Industribyen, Hedehusene	Teglværk og spændbeton fabrik	V2	Klorerede opløsningsmidler	Opgravning og fjernelse af jord, afværgepumpning, dampoprensning	1999 - i dag	Region Hovedstaden 2010; København og Roskilde Amt, 2004
Vesterkøb 1-7 og 40 Hedehusene	To renserier	V2	Klorerede opløsningsmidler	Opgravning og fjernelse af jord, afværgepumpning	1997 - i dag	Region Hovedstaden 2010; København og Roskilde Amt, 2004
Statoils Olieterminal, Hedehusene	Olie og benzin Forsynings anlæg	V2	MTBE	-	-	København og Roskilde Amt, 2004

6.2.3 Forureningstrussel i Herning fokusområde

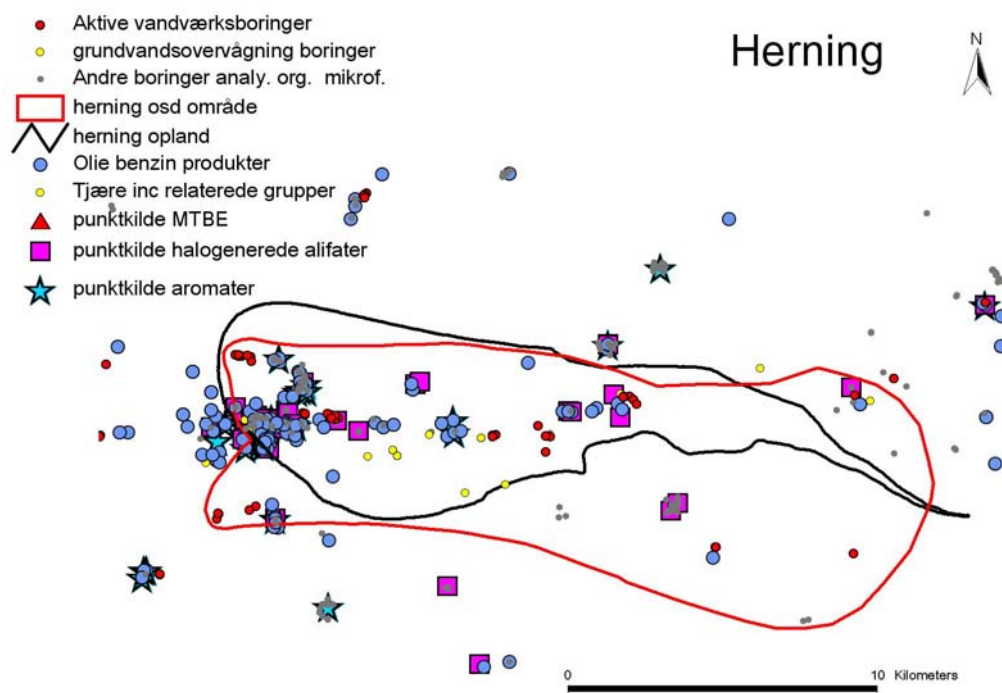
De tre indvindingspladser tæt på Herning bymidte, som også har den største samlede indvinding indenfor OSD-området ved Herning (Figur 6.3), er Øster, Nordre og Vestre Vandværk. Det er indvindingsoplandene til disse kildepladser, der er grundlaget for fokusområdets bestemmelse (Figur 6.3). Dette område indeholder dog også indvindingsoplandene til Hammerum og Ikast Vandværks kildepladser (Miljøcenter Ringkøbing, 2008a). En analyse af fokusområdet belyser således trusler til primært disse tre byers vandforsyning, altså Herning, Hammerum og Ikast. Deres indvindinger repræsenterer ca. 82 % af den totale indvinding fra vandværkerne i OSD-området. Markvanding udgør dog den største grundvandsudnyttelse, ca. 5 gange større end den fra vandværkerne (Miljøcenter Ringkøbing, 2008b). En samlet indvinding på 13.1 mill. m³/år fra fokusområdet kan sammenlignes med en estimeret grundvandsdannelse på 390 mm/år (Miljøcenter Ringkøbing, 2008b), svarende til 30 mill. m³/år over fokusområdet.

Den overordnede strømningsretning i grundvandet i området er fra øst mod vest, svarende til det overordnede nord-syd gående vandskel ned gennem Jylland, som ligger umiddelbart øst for fokusområdet. Grundvandsmodellen, der har været anvendt til bestemmelse af fokusområdet dækker et område, der er ret stort (817 km²) og også inkluderer Herning OSD (Miljøcenter Ringkøbing, 2008a).

I Herning fokusområdet er der registreret 77 forurenede grunde (Tabel 6.1). Nogle af de vigtigste grunde, hvor der er foretaget V1 eller V2 undersøgelser, er listet i Ringkøbing Amt (2002) og Miljøcenter Ringkøbing (2008b). Der er konstateret fund af miljøfremmede stoffer i fokusområdet i forbindelse med undersøgelser af disse punktkilder. Som for Solhøj findes der dog ikke en samlet oversigt over omfanget af disse fund og risikoen for grundvandsressourcen i Herning fokusområde.

Området er geologisk set præget af store sandforekomster i de kvartære aflejringer, og der findes ikke sammenhængende lerlag til beskyttelse af de dybere grundvandsmagasiner (som også forekommer i sandformationer), der danner basis for vandindvinding til vandforsyningen (Miljøcenter Ringkøbing, 2008b). Store dele af indvindingsoplandene til kildepladserne er udpeget som nitratfølsomme indvindingsområder (Miljøcenter Ringkøbing, 2008b). Udover nitrat udgør også pesticider en trussel for grundvandet i Herning fokusområde (Miljøcenter Ringkøbing, 2008b).

Af Figur 6.5 fremgår den geografiske fordeling af de forurenede grunde i Herning fokusområde i sammenhold med placering af boringer.



Figur 6.5 Geografisk fordeling af registrerede forurenende grunde indenfor Herning fokusområde. Her er også medtaget gruppen 'olie-benzin' og 'tjære' (Tabel 3.2), som ligeledes kan være punktkilder. Vist er også placering af boringer med analyser for mikroforurenende stoffer

6.2.4 Oprydningsaktiviteter i Herning fokusområde

Der er ikke foretaget afværgeforanstaltninger overfor konstaterede mikroforureninger i stort omfang i Herning fokusområde. I Tabel 6.3 er listet nogle eksempler på forurenede grunde i fokusområdet.

Tabel 6.3 Et udsnit af forurenede grunde indenfor Herning fokusområde

Forurennet grund	Type	Under søgelse	Forurenings komponenter fundet	Afværge foranstaltning	Afværg ning	Reference
Sabroesvej 4-8, Herning	Kemisk tekstilrenseri	V2	PCE	Opgravning og fjernelse af jord, injektion af kaliumper manganat	2004-2005	Herning Kommune, 2006
Fyensgade 30, Herning	Forniklings- og forkromning svirksomhed	V2	klorerede opløsningsmidler (primært TCE) og chrom/nikkel	-	-	Ringkøbing Amt, 1997
Virkelyst 40, Herning	Renseri/ tekstilvæveri	V2	klorerede opløsningsmidler (primært PCE)	-	-	Ringkøbing Amt, 2006
Nygade 13, Ikast	Tagpap produktion	V2	PAH	Afværge- pumpning, monitorering	1997-i drift	Region Midtjylland, 2008

Der er sket oprydning af forurening med PCE i form af:

- Opgravning og fjernelse af jord
- Stimuleret nedbrydning (injektion af kaliumpermanganat)

Der er udarbejdet en samlet 10-årig indsatsplan for beskyttelse af grundvandet i Herning/Lind (Ringkøbing Amt, 2002). Indsatsområdet er her tilnærmelsesvist indvindingsoplandene til de tre centrale kildepladser i Herning: Nordre, Østre og Vestre Vandværk. Med hensyn til indsatsen overfor punktkilder til organiske mikroforureninger går indsatsplanen primært på at færdiggørelse og undersøge identificerede, men endnu ikke undersøgte grunde.

6.3 Resultater fra Solhøj fokusområde

Solhøj fokusområde indeholder 108 boringer (Tabel 6.1), hvor der er gennemført analyser for organiske mikroforurenende stoffer. Der er fra disse boringer gennemført i alt 6582 analyser af enkeltstoffer. For halogenerede alifatiske kulbrinter er der gennemført 5236 analyser for enkeltstoffer, hvoraf de 1402 var

med fund. I gruppen aromater er der gennemført 1191 analyser af enkeltstoffer, mens der var fund i 105 af disse. MTBE blev analyseret 155 gange og fundet i 52 tilfælde (Tabel 6.4).

I det følgende vises en række tabeller og figurer, der illustrerer de fundne resultater fra de to fokusområder. Da datagrundlaget for en stor dels vedkommende er relativt spinkelt, er der lavet en samlet vurdering af resultaterne fra fokusområderne i Afsnit 6.5.

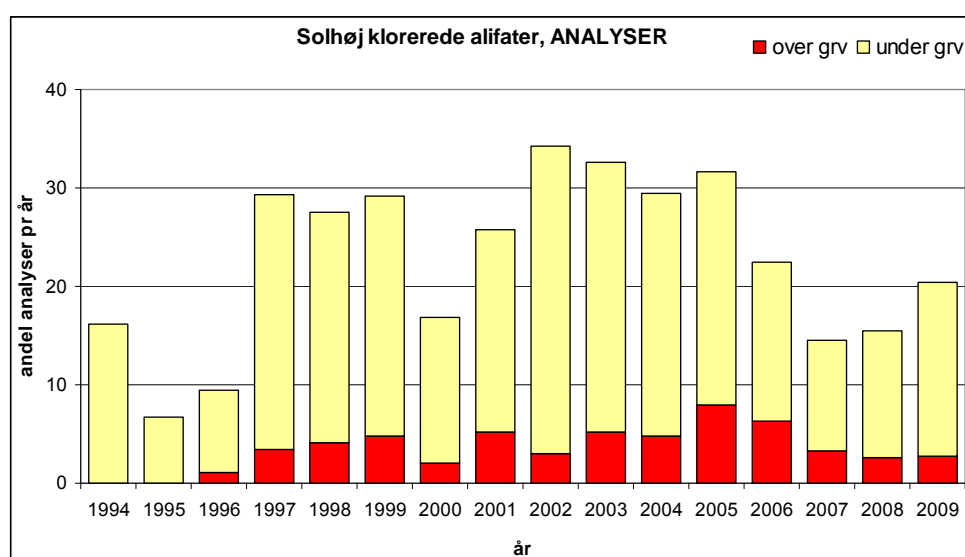
Tabel 6.4 Solhøj fokusområde. Analyserede og fundne stoffer fra de tre stofgrupper

Stof, Solhøj ^a	Stof-gruppe	Antal analyser	Analyser med fund	Andel (%) med fund	Gns. konc. ^b
Tetrachlorethylen	Halogenerede alifater	625	471	75,4	27,32
Trichlorethylen		622	365	58,7	2,54
cis-1,2-Dichlorethylen		455	195	42,9	14,72
1,1,1-Trichlorethan		623	170	27,3	0,10
Trichlormethan (Chloroform)		604	108	17,9	0,09
trans-1,2-Dichlorethylen		448	51	11,4	0,61
Vinylchlorid		494	18	3,6	0,10
1,1-Dichlorethylen		437	10	2,3	0,13
1,1-Dichlorethan		63	7	11,1	0,05
Tetrachlormethan		619	4	0,6	0,97
1,2-Dichlorethan		246	3	1,2	0,37
Toluen		Aromater	214	31	14,5
m+p-Xylen	190		21	11,1	0,31
Ethylbenzen	186		15	8,1	0,08
Naphthalen	173		15	8,7	0,19
Benzen	214		11	5,1	0,15
o-Xylen	199		11	5,5	0,22
Xylen	15		1	6,7	0,03
MTBE	Ætere	155	52	33,5	0,20
Halogenerede alifater		5236	1402	26,8	11,93
Aromater		1191	105	8,8	0,22
I alt		6582	1559	23,7	10,75

^a Sorteret efter faldende antal analyser med fund

^b Gns. af alle analyser med fund. Koncentration i µg/l

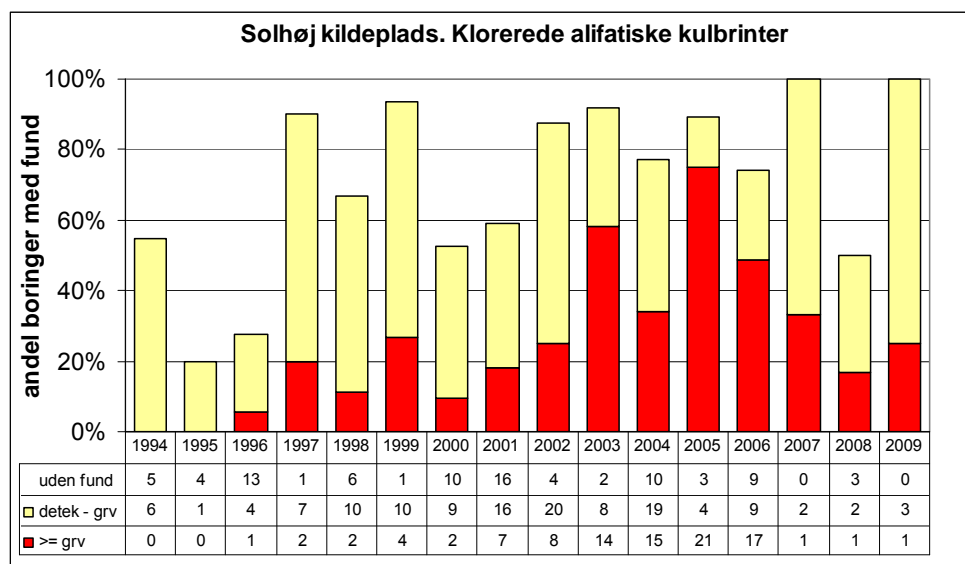
6.3.1 Halogenerede alifatiske kulbrinter



Figur 6.6 Udvikling i andel (%) analyser med fund pr år for klorerede alifater. Solhøj fokusområde

Tabel 6.5 Solhøj fokusområde. Klorerede alifatiske kulbrinter. Antal analyser, antal og andel (%) af analyser med fund og antal og andel (%) analyser med fund over grænseværdien pr år

År	Antal analyser	Analyser med fund	Analyser over grv.	Andel analyser med fund (%)	Andel med fund over grv. (%)
1994	62	10	-	16,1	-
1995	30	2	-	6,7	-
1996	95	9	1	9,5	1,1
1997	58	17	2	29,3	3,4
1998	196	54	8	27,6	4,1
1999	144	42	7	29,2	4,9
2000	142	24	3	16,9	2,1
2001	268	69	14	25,7	5,2
2002	394	135	12	34,3	3,0
2003	680	222	35	32,6	5,1
2004	604	178	29	29,5	4,8
2005	1037	328	82	31,6	7,9
2006	801	180	50	22,5	6,2
2007	330	48	11	14,5	3,3
2008	381	59	10	15,5	2,6
2009	108	22	3	20,4	2,8



Figur 6.7 Solhøj fokusområde. Udvikling i andel (%) borer med fund pr år for klorerede alifater. Tabellen viser antal borer analyseret uden fund, antal borer med fund fra detektionsgrænsen til grænseværdien (forskellige grænseværdier for de enkelte stoffer) og antal borer med fund større end grænseværdien

Tabel 6.6 Solhøj fokusområde. Klorerede alifater og vinylchlorid. Antal boringer analyseret pr år, antal boringer med fund og antal boringer med fund over grænseværdien

År	Klorerede alifatiske kulbrinter			Vinylchlorid		
	Antal boringer	Boringer med fund	Boringer med fund over grv.	Antal boringer	Boringer med fund	Boringer med fund over grv.
1994	11	6	0	-	-	-
1995	5	1	0	-	-	-
1996	18	5	1	-	-	-
1997	10	9	2	-	-	-
1998	18	12	2	12	-	-
1999	15	14	4	12	-	-
2000	21	11	2	10	-	-
2001	39	23	7	30	1	1
2002	32	28	8	27	1	1
2003	24	22	14	21	5	-
2004	44	34	15	41	6	-
2005	28	25	21	26	2	-
2006	35	26	17	34	-	-
2007	3	3	1	3	-	-
2008	6	3	1	3	-	-
2009	4	4	1	3	-	-

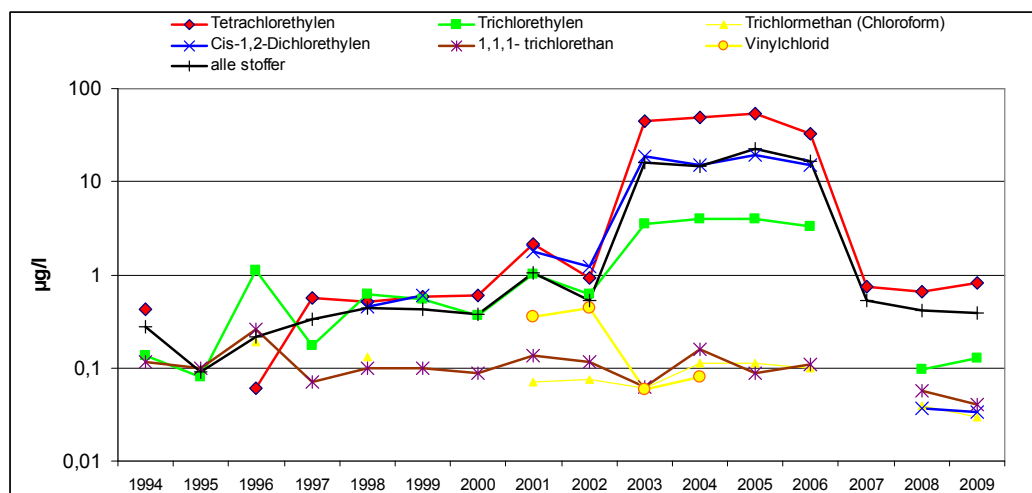
Tabel 6.7 Solhøj fokusområde. Gennemsnitlige koncentrationer pr år for de hyppigst fundne stoffer og for alle klorerede alifater samlet

år	Gennemsnitskoncentrationer ^a						
	Tetrachlor ethylen	Trichlor ethylen	Trichlormethan (Chloroform)	cis-1,2-Di chlorethylen	1,1,1-Tri chlorethan	Vinyl chlorid	Alle stoffer
1994	0,4	0,1	-	-	0,1	-	0,3
1995	-	0,1	-	-	0,1	-	0,1
1996	0,1	1,1	0,19	-	0,3	-	0,2
1997	0,6	0,2	-	-	0,1	-	0,3
1998	0,5	0,6	0,13	0,5	0,1	-	0,4
1999	0,6	0,5	-	0,6	0,1	-	0,4
2000	0,6	0,4	-	-	0,1	-	0,4
2001	2,1	1,0	0,07	1,8	0,1	0,4	1,1
2002	0,9	0,6	0,08	1,2	0,1	0,4	0,5
2003	44,5	3,6	0,06	18,9	0,1	0,1	15,9
2004	49,3	4,0	0,11	15,2	0,2	0,1	14,5
2005	53,1	4,0	0,11	19,2	0,1	-	22,4
2006	33,2	3,3	0,10	14,9	0,1	-	16,7
2007	0,8	-	-	-	-	-	0,5
2008	0,7	0,1	0,04	0,0	0,1	-	0,4
2009	0,8	0,1	0,03	0,0	0,0	-	0,4

^a Koncentration i µg/l

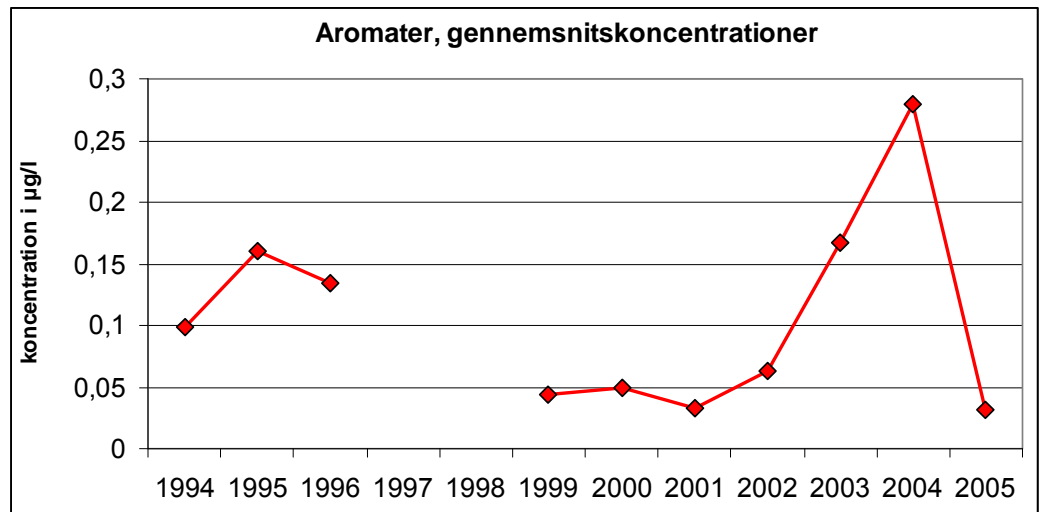
Tabel 6.8 Solhøj fokusområde. Antal analyser med fund pr år for de hyppigst fundne stoffer og for alle klorerede alifater samlet

år	Antal analyser med fund						
	Tetrachlor ethylen	Trichlor ethylen	Trichlormethan (Chloroform)	cis-1,2-Di chlorethylen	1,1,1-Tri chlorethan	Vinyl chlorid	Alle stoffer
1994	5	3	-	-	2	-	10
1995		1	-	-	1	-	2
1996	6	1	1	-	1	-	9
1997	8	4	-	-	5	-	17
1998	23	16	4	1	10	-	54
1999	13	15	-	1	13	-	42
2000	9	9	-	-	6	-	24
2001	19	20	10	5	13	1	69
2002	34	39	20	9	28	1	135
2003	62	52	23	30	34	6	222
2004	39	35	23	33	20	8	178
2005	108	93	22	64	20	2	328
2006	69	48	1	37	13	-	180
2007	33	10	-	5	-	-	48
2008	35	13	2	7	2	-	59
2009	9	6	2	3	2	-	22



Figur 6.8 Udvikling i koncentration af udvalgte klorerede alifater og for disse klorerede alifater samlet, beregnet som gennemsnit pr år. Solhøj fokusområde. Bemærk den logaritmiske skala for koncentration

6.3.2 Aromatiske kulbrinter

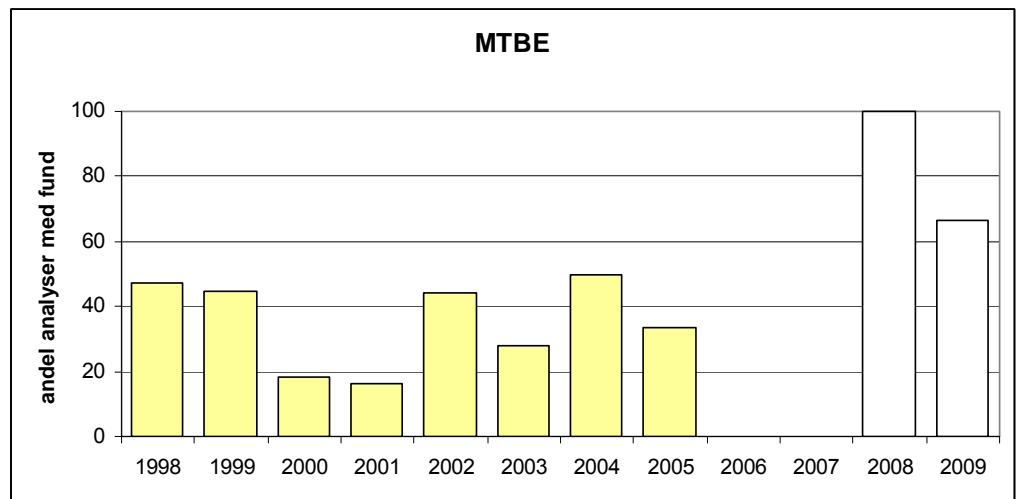


Figur 6.9 Udvikling i koncentration af aromatiske kulbrinter, beregnet som gennemsnit af alle analyser pr år. Solhøj fokusområde

6.3.3 MTBE

Tabel 6.9 Solhøj fokusområde. MTBE. Antal analyser og antal boringer analyseret, med fund og med fund over grænseværdien (5µg/l)

Stof	Analyser			Boringer			Andel (%) boringer	
	Antal	med fund	Fund over grv.	Antal	med fund	Fund over grv.	Med fund	Fund over grv.
MTBE	155	52	0	36	14	0	38,9	0

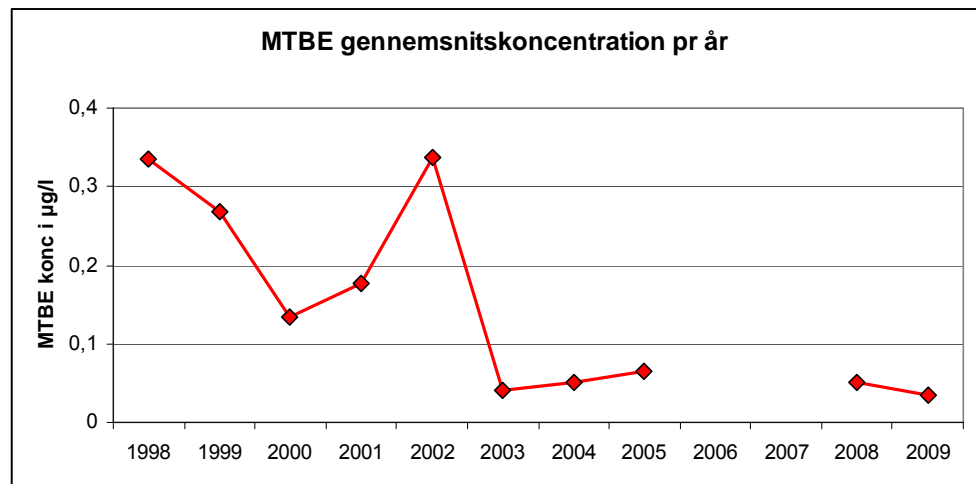


Figur 6.10 Udvikling i andel (%) analyser med fund pr år for MTBE. Solhøj fokusområde Da der kun er gennemført 2 og 3 analyser i 2008/2009 er de to sidste kolonner vist med hvid farve

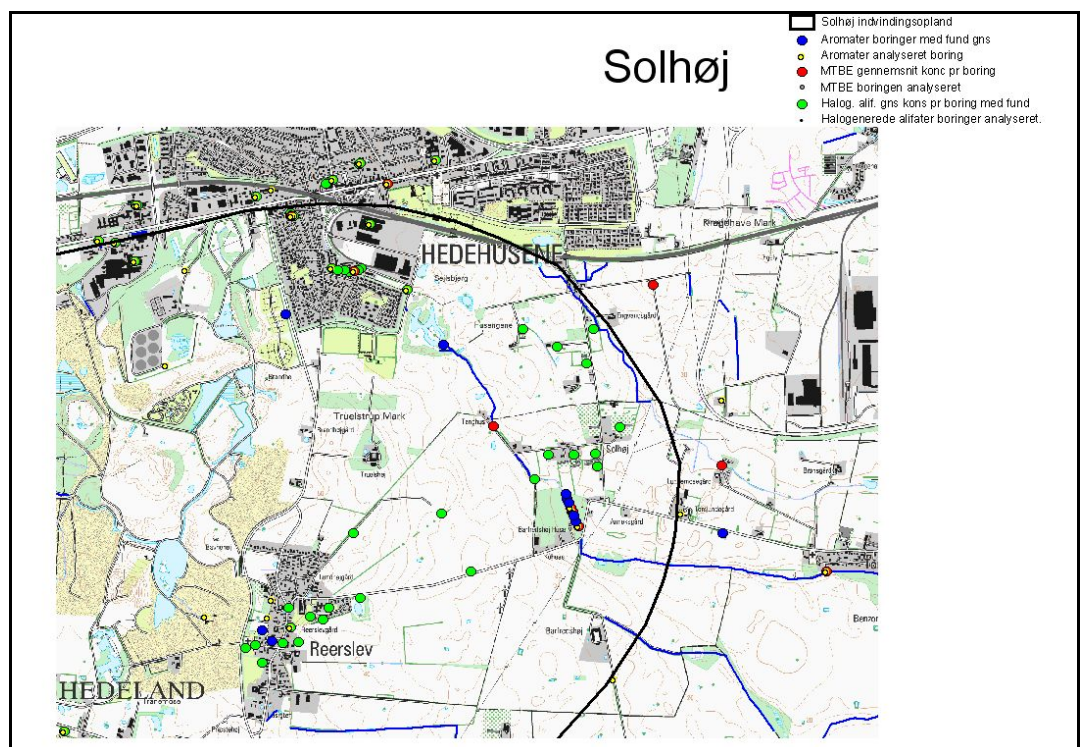
Tabel 6.10 Solhøj fokusområde. MTBE. Antal analyser, antal analyser med fund og gennemsnitlig koncentration pr år

År	Antal analyser	Antal analyser med fund	Gns. konc. ^a
1998	17	8	0,335
1999	18	8	0,268
2000	11	2	0,135
2001	31	5	0,176
2002	25	11	0,337
2003	36	10	0,040
2004	6	3	0,05
2005	3	1	0,065
2006	3	-	-
2007	-	-	-
2008	2	2	0,051
2009	3	2	0,036

^a Koncentration i µg/l



Figur 6.11 Udvikling i koncentration af MTBE, beregnet som gennemsnit af alle analyser pr år. Solhøj fokusområde



Figur 6.12 Fund af de tre stofgrupper. Vandløb er markeret med blå. Solhøj fokusområde

6.4 Resultater fra Herning fokusområde

Herning fokusområde indeholder 108 borer (Tabel 6.1), der er analyseret for de organiske mikroforurenende stoffer. OSD-delområdet syd for Herning (udenfor fokusområdet) indeholder 8 borer, der er medtaget i datasættet for dette fokusområde, således at der samlet er medtaget 116 borer.

I de 116 borer er der gennemført 2074 analyser for organiske mikroforurenende stoffer og 252 af disse er med fund. For de klorerede alifater er der gennemført 716 analyser, hvoraf de 91 var med fund, mens der er gennemført 575 enkeltanalyser for aromatiske stoffer hvoraf 51 var med fund af enkeltstoffer. MTBE blev analyseret 15 gange og fundet i 4 tilfælde (Tabel 6.11).

Tabel 6.111 Herning fokusområde. Analyserede og fundne stoffer fra de tre stofgrupper

Stof, Herning ^a	Stof-gruppe	Antal analyser	Antal analyser med fund	Andel analyser med fund (%)	Gns. konc. ^b	
Tetrachlorethylen	Halogenerede alifater	142	36	25,4	50	
Trichlorethylen		131	27	20,6	15,4	
1,1,1-Trichlorethan		126	14	11,1	0,6	
Trichlormethan (Chloroform)		120	10	8,3	0,4	
Dichlormethan		30	4	13,3	8	
Vinylchlorid		5	-	-	-	
trans-1,2-Dichlorethylen		2	-	-	-	
1,1-Dichlorethylen		2	-	-	-	
Tetrachlormethan		112	-	-	-	
1,2-Dibromethan		3	-	-	-	
1,2-Dichlorethan		41	-	-	-	
cis-1,2-Dichlorethylen		2	-	-	-	
Benzen		Aromater	94	10	10,6	4,8
Toluen			96	8	8,3	19,5
Ethylbenzen	78		5	6,4	33,5	
Naphthalen	93		5	5,4	107,8	
o-Xylen	92		4	4,3	40,2	
m+p-Xylen	90		4	4,4	10,0	
Xylen	2		2	100,0	115,2	
MTBE	Æter	15	4	26,7	12,1	
Halogenerede alifater		716	91	12,7	24,8	
Aromater		575	51	8,9	26,3	
I alt		1306	146	11,2	24,7	

^a Sorteret efter faldende antal analyser med fund

^b Gns. af alle analyser med fund. Koncentration i µg/l

6.4.1 Halogenerede alifatiske kulbrinter

Tabel 6.112 Herning fokusområde. De 5 hyppigst analyserede klorerede alifater. Antal analyser og antal borer analyseret, med fund og fund over grænseværdien (1 µg/l)

Stof	Analyser			Borer			Andel (%) borer	
	Antal	Med fund	Fund over grv.	Antal	Med fund	Fund over grv.	Med fund	Over grv. ^a
1,1,1-Trichlorethan	126	14	2	61	14	2	23,0	3,3
Tetrachlorethylen	142	36	15	72	31	13	43,1	18,1
Tetrachlormethan	112	0	0	47	0	0	-	-
Trichlorethylen	131	27	11	63	23	8	36,5	12,7
Trichlormethan (Chloroform)	120	10	1	55	9	1	16,4	1,8

^a for en række af analyseme kan der være enhedsfejl, hvilket betyder at andelen af fund ≥ 1 µg/l formentlig er mindre

Tabel 6.12 Herning fokusområde. De 5 hyppigst analyserede klorerede alifater (se Tabel 6.11). Antal analyser, antal analyser med fund og antal analyser over grænseværdien pr år

År	Antal		
	Analyser	Fund	Fund over grv.
1991	9	-	-
1992	4	-	-
1993	2	-	-
1994	1	-	-
1995	10	-	-
1996	105	70	27
1998	35	-	-
1999	25	-	-
2000	30	-	-
2001	70	2	-
2002	140	11	2
2003	40	4	-
2004	35	-	-
2005	25	-	-
2006	40	-	-
2007	35	-	-
2008	25	-	-
Alle	631	87	29

Af Tabel 6.12 fremgår det, at der ikke er tilstrækkelige data til at gennemføre en egentlig analyse af disse stoffers udvikling gennem tiden. Tabel 6.12 viser, at der for aromater og for MTBE er færre data til rådighed, og det skønnes derfor ikke muligt at gennemføre en dybere meningsfuld analyse for disse to stofgrupper i oplandet.

6.5 Delkonklusion for fokusområder

Den foreliggende analyse for fokusområderne viser, at:

1. De bestemte fundprocenter er lavere for de klorerede alifater (26,8 og 12,7 % for henholdsvis Solhøj og Herning fokusområde) og for aromaterne (8,8 og 8,9 %) men højere for MTBE (33,5 og 26,7 %) end for den landsdækkende analyse (30,7, 26,7 og 11,7 % for de tre stofgrupper).
2. MTBE har den højeste fundprocent i analyserne for de tre stofgrupper, med hhv. 33,5 og 26,7 % for Solhøj og Herning fokusområde (Tabel 6.4 og 6.11, henholdsvis). Der er dog relativt få analyser på MTBE (155 og 15 for de to områder)
3. Ses der derimod på enkeltstoffer, er det tetrachlorethylen, der findes hyppigst i analyserne (75,4 og 25,4 % for henholdsvis Solhøj og Herning fokusområde)
4. Aromaterne er den gruppe af stoffer, der findes med lavest hyppighed i de to fokusområder (8,8 og 8,9 % henholdsvis Solhøj og Herning fokusområde)
5. Totalt set er der en fundhyppighed på henholdsvis 23,7 og 11,2 % henholdsvis Solhøj og Herning fokusområde for alle de fundne stoffer fra de tre grupper i de to områder
6. Analysegrundlaget har været forskelligt, idet der har været ca. 5 gange så mange analyser fra Solhøj området (6582) som fra Herning (1306)
7. De fundne koncentrationsniveauer er langt højere i Herning end i Solhøj. F.eks. er gennemsnitskoncentrationen for halogenerede kulbrinter, aromater og MTBE henholdsvis 24,8, 26,3 og 12,1 µg/l i Herning, mod 11,9, 0,2 og 0,2 µg/l i Solhøj

Overordnet kan det konkluderes at datagrundlaget er spinkelt, når geografiske og trendanalyser indkredses til mindre fokusområder som gjort her. Det er således svært at komme med konkrete konklusioner og anbefalinger for disse områder. For nogle af analyserne, er der ikke analyser eller fund i nogle af årene (Figur 6.9, Figur 6.10 og Figur 6.11). Antallet af analyser og antallet af analyserede borer falder markant fra 2006 til 2007 i Solhøj fokusområdet som bivirkning af kommunalreformen, hvilket gør trendanalyser fra 2007 og fremefter meget usikre. For Herning området er hele datasættet til rådighed lille og ikke tilstrækkeligt til at konstatere trends.

For Solhøj kan der spores et fald i MTBE konc. mellem 1998 og 2005 (Figur 6.11 og Tabel 6.10). Hvorvidt den er signifikant er dog ikke muligt at udtale sig om på det foreliggende grundlag. Analysefundprocenten er ikke faldet tilsvarende (Figur 6.10).

For de klorerede kulbrinter i Solhøj fokusområde ses en gradvis stigning i koncentrationen af enkeltstoffer og i middelkoncentrationen af alle disse stoffer i perioden 1994 til 2002, og et markant opadgående hop fra 2002 til 2003, hvorefter koncentrationen er nogenlunde konstant indtil 2007, hvor den falder markant (Figur 6.8, bemærk den logaritmiske koncentrationsskala). Tillige ses et opadgående spring i andel af fund over grænseværdien i både analyser og borer fra 2002 til 2003 (Figur 6.6 og Figur 6.7). Det tilsyneladende fald i koncentrationen fra 2006 og 2007 er muligvis ikke reelt, da det kan skyldes, at der ikke er indrapporteret systematisk fra miljøboringer efter 2007. Der ses et væsentligt fald i antal af analyserede borer fra 2006 til 2007 (fra 35 til 3, Tabel 6.6). Der er sket en væsentlig stigning i koncentrationerne før strukturreformen, og et fald efter, som formentlig er et artefakt af en manglende indberetninger. For at få et mere reelt indtryk af den aktuelle udvikling i grundvandets påvirkning med disse stoffer skal indberetningen genoptages til det tidligere niveau for at få et mere reelt indtryk af den aktuelle udvikling i grundvandets påvirkning med disse stoffer. Det er også væsentligt at se på, om stigning fra 2002 til 2003 skyldes en væsentlig ændring i andel af typer af borer, der er analyseret.

Ud fra det i Indledningen (Afsnit 1) fremsatte ønske om at belyse, hvorvidt trends observeret på landsplan kan genfindes på lokalt niveau, kan det slutes, at dette ikke har været muligt. Dette skyldes primært det forholdsvis sparsomme datagrundlag, der er til rådighed for disse områder. Der er fundet en tendens til, at koncentrationerne for de halogenerede alifatiske kulbrinter stiger over perioden 1994 til 2006, hvorefter datagrundlaget er for spinkelt til, at nogle tendenser kan fastlægges.

Hvorvidt, der er en forventelig sammenhæng mellem de registrerede punktkilder, de lokale hydrogeologiske forhold og fund af forureningsstofferne, kan ikke besvares entydigt. Forventeligt skulle der være flere fund og højere koncentrationer i lerområder (Solhøj) end på sandområder (Herning). Der er således gjort flere fund i Solhøj, men gennemsnitskoncentrationerne er højere i Herning. Dette kan skyldes, at forureningen er mere diffus og udbredt i Solhøj, mens den er mere koncentreret i Herning og at der kun måles tæt på kilderne her. Der er også særlig mange analyser af de 'store' forurenere (som tetrachlorethylen og trichlorethylen) i Herning, hvilket kan forhøje gennemsnitskoncentrationerne. Dette peger i retning af en anbefaling af at harmonisere analyseprogrammerne for disse stoffer i diverse monitoringsprogrammer (måske specielt i miljøboringer) for at lette sammenligning på tværs af forskellige områder. Det er dog samtidig vigtigt at tage højde for at forskellige lokale forhold kan kræve forskellige tilgange til analyseprogrammer

Hvorvidt Jupiter databasen kan anvendes til at supplere og yderligere kvalificere oprensings- og monitoringsindsatser rettet mod oprensning af forurenende enkelt-punktkilder og beskyttelse af indvindingsboringer til drikkevandsforsyning er tvivlsomt. Dette beror dog meget på, at databasen ikke er fuldt opdateret på nuværende tidspunkt, og der kan således være tidsserier med huller i de seneste år. Hvis databasen var komplet, ville den kunne anvendes til at få et bedre overblik over forureningstrykket i de enkelte områder, idet analyser fra alle typer borer er inkluderet.

Det sidste spørgsmål rejst i Afsnit 3.3.2 handler om, hvorvidt det foreliggende datagrundlag kan anvendes til at uddrage konklusioner og anbefaling er mht. hydrogeologisk og -kemisk modellering af indvindingsoplandene. Der er tidligere foretaget modellering på begge områder, for Herning udelukkende på det hydrogeologiske (Miljøcenter Ringkøbing, 2008a), mens der for Solhøj også har været foretaget modelanalyser på transport og nedbrydningsforhold (Region Hovedstaden, 2009b; Mortensen et al., 2009), dog udelukkende på et ret snævert lokal-geografisk område afgrænset til området mellem forventet forureningskilde og kildeplads. Det foreliggende grundlag vil kunne bruges til at kvalificere en bredere risikoanalyse på større geografisk skala, der indbefatter flere forureningstrusler og hele indvindingsoplandet eller et hydrogeologisk opland bestemt af akviferer og overfladevandsforekomster, som foreslået i Troldborg et al. (2008).

7 Begrænsninger i datamaterialet

Når der foretages en kortlægning og analyse som den udførte i nærværende projekt, bliver det åbenlyst, at der er visse problemer og begrænsninger i datamaterialet og i dataindsamlingen/indrapportering af data.

En vigtig faktor, som skævvrider fortolkningerne er det faktum, at der ikke findes data som indrapporteres jævnt over hele landet fra primært miljøboringerne, som indeholder mange fund af de organiske mikroforureninger. De fleste miljøboringer findes i hovedstadsområdet, omkring Århus og Herning (se Figur 3.3). En anden begrænsende faktor er, at GRUMO-boringer hovedsageligt dækker landbrugsområder, mens punktkilder primært er lokaliseret i bymæssige og industrielle områder.

Desuden repræsenterer de forskellige typer boringer forskellige ting. GRUMO boringer giver data fra små prøvemængder udtaget fra udtag med korte filtre (ca. 0,5 m), mens indvindingsboringer repræsenterer blandingsvand fra et langt indtag (5 - 50 m).

Ydermere er monitoringen af vandværkernes boringer ikke konsistent i tid og sted og med hensyn til stoffer analyseret. Den afhænger af størrelse af oppumpningen, mistanke om forurening og vandværkets viden om oplandet. Oppumpede vandmængder bliver dog ikke registreret for de enkelte vandværksboringer. I modsætning hertil er data fra grundvandsovervågningsboringer til gengæld rimelig konsistente i tid og sted.

Der er usikkerhed om høje koncentrationer ($>1000 \mu\text{g/l}$ og $>100 \mu\text{g/l}$), hvorfor de første ($>1000 \mu\text{g/l}$) konsekvent er frasorteret i udgangspunktet, mens de andre ($>100 \mu\text{g/l}$) er frasorteret ved mistanke om fejl og ved nøjere analyser.

Der kan ligeledes være falske positive fund af toluen (pga. tilstedeværelse af toluen i filtermaterialet brugt til etablering af boringerne i GRUMO).

Antallet af punktkilder og forurenede grunde for MTBE er underestimeret. Datagrundlaget burde inkludere alle tankstationer, som har været i drift i perioden 1985 - 2001.

Der kan være mangler i indrapporteringerne (se også Bilag E). F.eks. er der manglende indberetninger fra amterne og forsinkelse i kvalitetskontrol fra kommuner, før data bliver tilgængelige i Jupiter. Data fra 2007 og frem er stadig ukomplette, til dels pga. kommunalreformen.

Endelig er indrapportering af inaktive/nedlagte boringer uklar, da der ikke oplyses til Jupiter om en vandværksboring er nedlagt. Det er derfor kun muligt indirekte at identificere vandværksboringer, der ikke er i drift ved at sammenholde med de indberettede indvundne vandmængder, der indberettes pr vandværk til GEUS. Såfremt der ikke er indvundet vand fra et anlæg i fem år tolkes dette som en nedlæggelse af vandværket (og dets tilhørende boringer), eller at vandværket er lagt i dvale. Dette er dog også en usikker antagelse, da man ikke kan være sikker på, om alle kommuner/vandværker indberetter korrekte vandmængder.

8 Konklusioner

Med udgangspunktet i den nationale grundvandsdatabase Jupiter er der udtrukket resultater for vandkvalitetsanalyser og andre relevante grundvandsdata for de tre grupper af organiske mikroforurenende stoffer: *halogenerede alifatiske kulbrinter*, *aromatiske kulbrinter* samt *MTBE* og to af *MTBE*'s nedbrydningsprodukter. Perioden dækker 1984 til dec. 2009. Den udtrukne kvalitetssikrede projektdatabase indeholder 461.772 enkeltstof analyser for alle de organiske mikroforurenende stoffer, mens datasættet for de tre nøglestofgrupper omfatter 288.941 enkeltstofanalyser. De sidstnævnte analyser er fordelt på 7489 borer analyseret for halogenerede alifater, 7310 borer analyseret for aromatiske kulbrinter, og 3488 borer analyseret for *MTBE*.

Halogenerede alifatiske kulbrinter:

- På landsplan er de halogenerede alifatiske kulbrinter fundet i 30,0 % af de undersøgte borer i undersøgelsesperioden, heraf 12,7 % med overskridelse af et eller flere enkeltstoffers grænseværdi for drikkevand.
- Borer forurenede med halogenerede alifater forekommer først og fremmest i byområder og i størst antal i hovedstadsområdet. Dette hænger sammen med, at kilderne til forurening med denne stofgruppe hovedsageligt findes i byområderne.
- Andelen af borer med fund har haft en svagt stigende tendens frem til 2005, men andelen er faldet gennem de senere år fra ca. 32 % i 2005 til omkring 21 % i 2009. I samme periode er andelen af borer med fund over grænseværdien faldet fra ca. 20 % i 2005 til ca. 8 % i 2009. Det kan ikke udelukkes, at de observerede variationer i fund-procenter kan være forårsaget af varierende indberetning af især miljøboringer til Jupiter. Dette gælder ikke mindst det seneste fald i fund-procenter, som sandsynligvis er påvirket af, at der som konsekvens af struktur-reformen er indberettet færre miljøboringer end tidligere.
- De gennemsnitlige koncentrationer af vinylchlorid pr år for alle analyser med fund større end detektionsgrænsen falder fra ca. 8 - 10 µg/l i 2004/2006 til omkring 1 µg/l i 2009. Samme fald i gennemsnitskoncentrationer ses også for de øvrige halogenerede stoffer. Gennemsnitskoncentrationerne falder også, når miljøboringerne udelades af datasættet, hvilket understøtter, at der er tale om en faldende tendens i koncentrationsniveauet.
- Fordelingen af koncentrationer mod dybde viser, at de højeste koncentrationer findes i de øverste grundvandsmagasiner, op til 10 m under terræn, med faldende koncentrationer ned til 50 m under terræn. Dette viser, at der sker en nedbrydning og fortynding af stofferne under en nedadgående transport og mere udbredt i dybere, anaerobe aquiferer. Vinylchlorid ses opkoncentreret i øverste (0-10 m) og nederste (>50 m) grundvandmagasiner relativt til sine udgangsstoffer.
- Vinylchlorid forekommer i de største koncentrationer og hyppigst i anoxisk nitrat-reducerende grundvand og i svagt reduceret grundvand, og i mindre koncentrationer i aerob grundvand. Samme mønster ses også for tetrachlorethylen og for trichlorethylen, dog med tendens til flere fund og højere koncentrationer i de iltrige magasiner. Dette passer meget godt med forventet forekomst og nedbrydelighed af disse stoffer.
- De gennemsnitlige koncentrationer af halogenerede alifater er langt større i grundvand under områder domineret af ler, hvor koncentrationen er ca. seks gange større end områder under sand. De fleste analyser fra grundvandsovervågningsboringer med fund stammer fra borer med mindst 5 m dæklag. I borer domineret af sand i de øverste 5 m findes langt færre fund.
- Smeltevandssand i Danmark indeholder ofte 1-2 % lignit og andre kulfragmenter, som kan danne mikromiljøer med anaerobe forhold, hvor de klorerede alifater måske kan nedbrydes, når stofferne transporteres forbi disse med grundvandet. Dette kan være en forklaring på, hvorfor disse stoffer kun sjældent findes i sandområder. I de lerede oplande er transporten gennem sprækker og bioporer langt hurtigere, og den biologiske nedbrydningen er tilsyneladende mindre effektiv i den geokemi, der findes under lerdæklag. Dominansen af fund af halogenerede alifater på lerjorde

kan også være geografisk bestemt, idet der er størst pres fra forureninger i de dele af landet, som også er karakteriseret ved lerede jorde (f.eks. Sjælland og Østjylland).

- Der findes ingen direkte sammenhæng mellem andel byareal og gennemsnitlige koncentrationer i grundvandsovervågningsområderne (GRUMO). Der findes dog mange fund i de tæt bebyggede områder, hvilket er forventeligt, fordi denne forureningstype ofte stammer fra punktkilder ved bebyggede områder.

Aromatiske kulbrinter

- I perioden fra 1984 til 2009 blev der fundet aromater i 26,7 % af de undersøgte borer, hvoraf 4,3 % overskred grænseværdierne for en eller flere aromater. I 2008/2009 år blev der fundet aromater i 13,5 % af 1474 undersøgte borer, mens kun 1,1 % af de undersøgte borer overskred grænseværdien.
- Borer med fund af aromatiske kulbrinter forekommer hyppigst i byområder, men findes også i borer i det åbne land. Den geografiske fordeling af lokaliteter forurenede med aromater viser, at disse er koncentreret omkring de større byer, men også forekommer jævnt fordelt i landdistrikterne.
- Andelen af borer med fund har været svagt stigende frem til 2004, mens andelen af borer med fund over og under grænseværdien har været faldende gennem de seneste seks år. Andelen af borer med fund er således faldet fra ca. 27 % i 2004 til omkring 13 % i 2009, mens andelen af borer med fund over grænseværdien er faldet fra ca. 8 % i 2005 til ca. 1 % i 2008/2009. Det kan ikke udelukkes, at de observerede variationer i fund-procenter kan være forårsaget af varierende indberetning af især miljøboringer til Jupiter. Dette gælder ikke mindst det seneste fald i fund-procenter, som sandsynligvis er påvirket af, at der som konsekvens af struktur-reformen er indberettet færre miljøboringer end tidligere.
- Den gennemsnitlige koncentration for alle analyser med fund pr år er faldet jævnt gennem de sidste 15 år, fra ca. 50 µg/ i 1994 til ca. 2 µg/ i 2009. Der findes i dag relativt få (0,7 %) overskridelser af grænseværdierne for disse stoffer i borer, der er analyseret de sidste par år. Dette er i overensstemmelse med det faldende antal borer, der er påvirket af denne stofgruppe. Udelades miljøboringer fra datasættet, ses en tilsvarende nedadgående trend.
- Den dybdemæssige fordeling viser, at der i dag kun er en meget lille andel borer i intervallet fra 0 til 10 m, der overskrider grænseværdierne, og at andelen af fund falder med dybden. Dette indikerer, at der sker en biologisk omsætning i grundvandsmagasinerne.
- Fordelingen af aromaterne i forskellige redoxmiljøer viser, at de gennemsnitlige koncentrationer er lavest i aerobt grundvand, mens koncentrationerne er størst i svagt reduceret grundvand.
- I modsætning til de halogenerede alifater findes aromaterne med en lige stor udbredelse i både sand- og lerdominerede oplande. De gennemsnitlige koncentrationer for aromaterne er dog størst i de lerede områder, hvor der gennemsnitlig er fundet 0,9 µg/l i modsætning til under de sandede områder, hvor koncentrationen er 0,4 µg/l. Den samlede belastning af grundvand under lerområderne er dog langt større end under sandområderne. Som for de halogenerede kan det ikke udelukkes, at denne forskel skyldes enten de geologiske forhold eller at der findes en større udbredelse af forureningskilderne for aromater på de lerede arealer.
- I tre GRUMO områder med en byandel på 75 - 100 % er der fundet de højeste gennemsnitskoncentrationer pr opland. Resten af grundvandsområderne har omtrent samme gennemsnitlige koncentrationer i grundvandet, selvom oplandene har forskellig andel bebyggelse. Egentlige landområder uden bymæssig bebyggelse kan tilsyneladende være lige så belastede eller endog mere belastede end områder præget af bymæssig bebyggelse.

MTBE

- Der er i perioden 1997 - 2009 fundet 409 borer med MTBE svarende til 11,7 % af de analyserede borer. Andelen af overskridelser af grænseværdien for drikkevand er lille (< 1 % af undersøgte borer). Der foreligger ikke analyser af MTBE for perioden før 1997 i Jupiter.
- Borer med fund af MTBE forekommer hyppigst i hovedstadsområdet.

- På landsplan er der kun registreret få MTBE forurenede lokaliteter i den anvendte ROKA database. Det reelle antal er større end det registrerede, og den lave registrering skyldes, at mange MTBE-forurenede grunde er registreret under den mere generelle betegnelse 'olie- og benzinformurenede lokalitet'.
- Opgøres den gennemsnitlige MTBE koncentration pr år for positive fund findes en markant udvikling, hvor den gennemsnitlige koncentration pr år er faldet fra ca. 12 µg/l omkring år 2000 til ca. 1 µg/l i 2009. Dette tyder på, at påvirkningen af grundvandet aftager, efter at stoffet blev fjernet fra markedet i 2000.
- MTBE nedbrydes tilsyneladende relativt hurtigt i grundvand, uden at det har været muligt at skelne mellem redoxmiljøer i dette studie. Det faldende koncentrationsniveau kan tolkes som følge af primært aerob bakteriel nedbrydning i grundvandet, hvilket underbygges af den geografiske fordeling, hvor MTBE overvejende findes i områder med lerdæklag, og stort set ikke i de sandede opland. Hvis dette er korrekt vil det kunne forventes, at MTBE vil forsvinde fra dansk grundvand i løbet af ca. 10-15 år, alene ud fra en simpel fremskrivning af de beregnede og faldende koncentrationer i grundvandet.
- MTBE forekommer omtrent lige hyppigt i de øverste 20 m af grundvandet, hvorefter både antal fund og koncentrationer falder med dybden.

Fokusområderne

De tre stofgrupper er også fundet i fokusområderne, men i afvigende omfang fra den landsdækkende analyse. Fundprocenterne er således lavere for de klorerede alifater (26.8 og 12.7 % for Solhøj og Herning, henholdsvis) og for aromaterne (8.8 og 8.9 %), men højere for MTBE (33.5 og 26.7 %) end i den landsdækkende analyse (30.7, 26.7 og 11.7 % for de tre stofgrupper).

Der er fundet en tendens til stigende gennemsnitskoncentration af de klorerede alifater i Solhøj fokusområde gennem perioden 1994 til 2005/6 (fra 0,3 til 22.4 µg/l), hvorefter koncentrationen falder markant (til 0.5µg/l) i 2007 til 2009. Da koncentration i 2007 og frem er meget usikkert bestemt, og koncentrationen stiger i perioden før, er det utroligt centralt at få de senest analyserede data ind i Jupiter.

Det har generelt været vanskeligt at detektere væsentlige trends i datamaterialet fra fokusområderne. Dette skyldes, at datagrundlaget er ret spinkelt, specielt for Herning området. Det skyldes også, at der er analyseret med forskellig intensitet af de forskellige stoffer i de to områder, hvilket har vanskeliggjort en sammenligning på tværs af de to områder. Endelig har den manglende indberetning betydet, at data fra 2007 og frem er usikre.

Vurdering af den fremtidige udvikling i grundvandskvaliteten

Resultaterne tyder på, at påvirkningen og forureningen af dansk grundvand gennem de sidste ti år er blevet mindre for både de halogenerede alifatiske kulbrinter, de aromatiske kulbrinter og MTBE. Resultaterne indikerer således, at der er en positiv effekt på grundvandskvaliteten af den oprensings- og oprydningssindsats overfor punktkildeforureninger, der har pågået de sidste ca. 30 år. Desuden spiller det en rolle for de observerede fald i MTBE koncentrationer, at dette stof blev udfaset i år 2000. Det er også muligt, at der er sket en naturlig omsætning og nedbrydning af mange af de organiske mikroforureninger i grundvandet måske pga. en øget tilpasning af det mikrobiologiske miljø til disse stoffer.

Såfremt denne udvikling kan fastholdes, ved at der ikke introduceres nye punktkilder og ved fortsat oprensning af de mest forurenede lokaliteter, vil langt de fleste forekomster af disse stoffer i små koncentrationer i grundvandet formodentlig blive omsat i både de øverste iltede grundvandsmagasiner og i de nedre anaerobe gennem de næste årtier.

De nedadgående trends i koncentrationer er mest tydelige for de aromatiske kulbrinter og for MTBE. For de halogenerede alifatiske kulbrinter er tendensen mere kortvarig og nylig og formentlig påvirket væsentligt af de variende og manglende indberetninger til Jupiter af analyseresultater efter kommunalreformen i 2007. Visse andre forhold omkring Jupiter databasen, som ikke er specielt designet til den gennemførte form for analyse, har gjort det svært at lave stringente og antydige analyser. Disse forhold omfatter, at der er en undervægt af monitoringsboringer (GRUMO) i byområder, hvor der er mange punktkilder, at vandværksboringer udtages fra monitoringen, hvis de er forurenede, og at der er en uensartethed i, hvad forskellige boringstyper repræsenterer ift. at monitorere grundvandskvaliteten.

Disse begrænsninger har specielt gjort sig gældende for fokusområderne, hvor det ikke har været muligt at spore nogen trends eller sammenhænge mellem vandkvalitet og forureningskilder og geologiske forhold.

9 anbefalinger

Projektet har omfattet en gennemgang af Jupiter datasættet med hensyn til de organiske mikroforureningsstoffer i grundvandet, og specielt de tre udvalgte stofgrupper: de halogenerede alifatisk kulbrinter, de aromatiske kulbrinter og MTBE med dets nedbrydningsprodukter. Denne analyse, gennemgang og kortlægning har givet anledning til de følgende anbefalinger, fordelt på henholdsvis monitoring og indrapportering, videre analyser, oprensning og grundvandsbeskyttelse og endelig forskning:

Med hensyn til overvågning og indrapportering anbefales det at:

- Foretage en fremadrettet systematisk indrapportering af analyser og fund fra miljømyndighederne
- Indhente gamle data, som endnu ikke er indrapporteret, efter nærmere aftale med miljømyndighederne
- Øge antallet af monitoringboringer i bymæssige områder
- Sikre, at der foretages en systematisk registrering af lukkede indvindingsboringer samt årsagerne til lukningen (gerne på enkeltstof eller i hvert fald på stofgruppeniveau, når luknings-årsagen er dårlig vandkvalitet)
- Monitere og konsekvent registrere indvundne grundvandsmængder fra indvindingsboringer i Jupiter, således at der kan prioriteres indsats ud fra pres på ressourcen og lukkede boringer (nul indvinding) kan følges konsekvent

Med hensyn til videre analyser af punktkilders påvirkning af grundvandskvaliteten anbefales det at:

- Gennemføre/gentage den landsdækkende analyse om 5-10 år, når flere data er indhentet, og udbygge analyserne med statistiske trend analyser, der bl.a. belyser tidlige udviklinger og sammenhængen mellem højere og hyppigere fund på lerarealer og det større forureningspres i disse områder
- Supplere lokale forureningsundersøgelser med bredere risikoanalyse og oprensningsprioritering, der indeholder alle boringstyper (ikke kun miljøboringer) og det større indvindingsopland (frem for kun de enkelte forureningsgrunde og nedstrøms område)

Med hensyn til oprensning og beskyttelse af grundvandet anbefales det at:

- Fortsætte en overordnet prioritering mht. den offentlige indsats overfor forurenede grunde, hvor lokaliteter forurenede med de halogenerede alifatisk kulbrinter prioriteres før lokaliteter forurenede med aromatiske kulbrinter og MTBE
- Fortsætte forebyggelse af yderligere forureninger med de tre stofgrupper
- Inkludere modelanalyser på oplandsniveau, hvor det er relevant, som led i prioritering af oprydningssindsatsen og beskyttelsen af grundvandet og drikkevandet

Med hensyn til forskning anbefales det at:

- Øge forståelsen af transport og nedbrydning organiske mikroforureninger i naturlige opsprækkede lerformationer og i sandformationer

10 Referencer

Amternes Videncenter for Jordforurening, 2001. AVJ-info fra Amternes Videncenter for Jordforurening 5/2001.

Brüsch W. , J. Stockmarr, F. Platen-Hallermund, N. Kelstrup og P. Rosenberg, 2004. Pesticidforurenet vand i små vandforsyninger. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse. Rapport 2004/9.

Christensen, K.R., 2010. Indvinding på Københavns Energi's bynære kildepladser - Eksempler på håndtering når kildepladser rammes af forurening. ATV Jord og Grundvand. Rapport 2010 fra møde 19. maj 2010. Pp. 53-62.t

Danske Regioner, 2010. Jordforurening - en regional opgave. Jordforureningspjece. 16 pp.

GEUS, 2009. Grundvand. Status og udvikling 1989-2008. 101 pp. www.grundvandsovervaegning.dk

Golder Associates, 2007. Handlingsplan for afværgetiltag. Hammerum Hovedgade 132, Herning (station nr. 1760). 79 pp.

Gulamhusein, A., M. Skovbjerg, A. Ryelund, og N.-E.K. Nielsen, 2002. Oprydning af benzinforurenede grunde. Aarhus Universitet. 112 pp. ISBN: 87-7785-131-5.

Hansen, M., 2010. Jupiters rolle som fællesoffentlig database - Muligheder og begrænsninger. ATV møde om 'Datastrømme, dataansvarstalen, kvalitetssikring og samarbejde'. d. 30. nov, 2010, Schæffergården. 8 pp.

Harrekilde, D., P. Korneliusen og J. Nielsen, 2003. Risikovurdering af MTBE-forurening i forhold til grundvandet, Miljøstyrelsen. 88 pp.

Herning Kommune, 2006. Sabroesvej 4-6, 7400 Herning. Kontrolmålinger af grundvand og poreluft. Notat. 31 pp.

Holm J., M. Kjærgaard og J. Baumann, 2007. MTBE. Undersøgelse af grundvandet nedstrøms idriftværende og tidligere benzinstationer. Miljøprojekt Nr. 1161 2007.

Jensen, C.B., 2008. Økotoxikologi - Om PCB, bromerede flammehæmmere og klorerede opløsningsmidler. Nucleus. 82 s. ISBN nr.: 978-87-90363-36-9.

Juhler, R. og G. Felding, 2001. Organiske mikroforureninger i dansk grundvand. Dansk Kemi, 82, nr. 4, s. 17-21.

Jørgensen, J. S. og L. Mortensen, 2007. Biologisk nedbrydning af MTBE i fuldskala testanlæg. Vintermøde om Jord- og Grundvandsforurening. Vingstedcentret. 6. - 7. marts, 2007.

Jørgensen, L.F., og J. Stockmarr, 2009. Groundwater monitoring in Denmark: characteristics, perspectives and comparison to other countries. Hydrogeology Journal 17, (4), 827-842.

København og Roskilde Amt, 2004. Indsatsplan for grundvandsbeskyttelsen i oplandet til Solhøj Kildeplads. 49 pp.

København og Roskilde Amt, 2003. Omkostningsanalyse og konsekvensbeskrivelse. Bilagsrapport til indsatsplan for grundvandsbeskyttelse i oplandet til Solhøj Kildeplads. 54 pp.

København og Roskilde Amt, 2002. Geologisk-, hydrogeologisk- og geo- og grundvandskemisk kortlægning. Detailkortlægning af Solhøj Kildeplads Opland. Resumé. 21 pp.

Loll, P., C. Larsen og K. Henriksen, 2007. Rensning af MTBE-forurenet grundvand vha. propanoxiderende mikroorganismer. Miljøprojekt Nr. 1173, 2007. Teknologiudviklingsprogrammet for jord- og grundvandsforurening. 96 pp.

Miljøcenter Ringkøbing, 2008a. Grundvandsmodel. Herning - Ikast området. Juni 2008.

- Miljøcenter Ringkøbing, 2008b. Kortlægning af grundvandsressourcen ved Hammerum, Ikast og Bording. Dokumentationsrapport. Dec. 2008. ISBN 978-87-92256-90-4. 109 pp.
- Miljøstyrelsen, 1996. Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand. Miljøstyrelsen Rapport Nr. 20. 508 pp.
- Mortensen, A.P., A.G. Christensen, J. Elkjær og C.B. Jensen, 2009. Anvendelse af risikovurderingsmodel til bestemmelse af oprensningskriterium. ATV Møde 10.-11. marts, 2009. 9 pp.
- Region Hovedstaden, 2010. Indberetning 2009 Bilagsdel. Region Hovedstadens skriftlige indberetning 2009 til Miljøstyrelsen. Marts 2010. 36 pp.
- Region Hovedstaden, 2009a. MW Gjøes Vej, Reerslev. Indsamling, systematisering og vurdering af data. Notat af Niras A/S. 11 pp, eksl. bilag.
- Region Hovedstaden, 2009b. MW Gjøes Vej, Reerslev. Supplerende modelsimuleringer til vurdering af afværgestrategi. Notat af Niras A/S. 12 pp.
- Region Midtjylland, 2008. Drift og kontrol af afværganlæg, Villadsens Fabriker, depot nr. 663-21. Statusrapport 8. driftsperiode, 1. januar 2007 - 31. december 2007. 18 pp.
- Region Syddanmark, 2010. Forurening med opløsningsmidler fra renserier. Hvor alvorligt er det - Hvad kan du selv gøre - Hvad kan myndighederne gøre - Spørgsmål og svar. Pjece. 20 pp.
- Ringkøbing Amt, 2006. Virkelyst 40, Herning. Supplerende forureningsundersøgelser. Lokaltet nr. 657-70724. Nov. 2006. 202 pp.
- Ringkøbing Amt, 2002. Indsatsplan for Herning/Lind - for beskyttelse af grundvandsressourcen. Jun. 2002. 14 pp.
- Ringkøbing Amt, 1997. Fyensgade 30, Herning. Supplerende forureningsundersøgelse: Fase 2. 33 pp.
- Skatteministeriet, Miljø- og Energiministeriet og Finansministeriet, 2000. Analyse af mulighederne for øget anvendelse af afgiftsregulering på kemikalieområdet. Aug. 2000.
- Trolborg, M.; G. Lemming; P.J. Binning, N. Tuxen; and P.L. Bjerg, 2008. Risk assessment and prioritisation of contaminated sites on the catchment scale. J. Contam. Hydrol., 10(1-4), 14-28.

Brutto-udtræk fra Jupiter for de organiske mikroforurenende stoffer

Stofgruppe	Enkeltstof / samleparameter	Stof nr.	Stofgruppe	Enkeltstof/ samleparameter	Stof nr.
Alkoholer	1-Butanol	4527	Org. opløsningsmiddel	Ethylacetat	3054
Alkoholer	2-Propanol	658	Org. opløsningsmiddel	Tetrahydrofuran	3081
Alkoholer	Ethanol	657	PAH	Acenaphthen	3026
Alkoholer	Ethylenglycol	3055	PAH	Acenaphthylen	661
Alkoholer	Isobutanol	456	PAH	Antracen	9821
Alkoholer	Methanol	8252	PAH	Benz(A)Anthracen	702
Alkoholer	N-Propanol	450	PAH	Benz(A)Pyren	9824
Aromater	Aromatiske kulbrinter	9490	PAH	Benz(B)Fluoranthen	669
Aromater	Benzen	662	PAH	Benz(Gh)Perylen	671
Aromater	C-9 aromater	4007	PAH	Benz(K)Fluoranthen	672
Aromater	Ethylbenzen	3007	PAH	Benzfluoranthen B+J+K	4004
Aromater	m+p-Xylen	2664	PAH	Benzo(E)Pyren	3084
Aromater	Naphthalen	649	PAH	Chrysen	9823
Aromater	o-Xylen	2662	PAH	Cresoler	2708
Aromater	Toluen	665	PAH	Crysen/Triphenylen	9960
Aromater	Xylen	668	PAH	Dibenz(Ah)Anthracen	670
Blødgørere	Benzylbutylphthalat	3031	PAH	Fluoranthen	2701
Blødgørere	DEHP	426	PAH	Fluoren	9819
Blødgørere	Dibutylphthalat	3044	PAH	Indeno(1,2,3-Cd)Pyren	2728
Blødgørere	Diethylphthalat	3048	PAH	Pah	2577
Blødgørere	Dimethylphthalat	3050	PAH	PAH (Sum Af 16)	9412
Blødgørere	Di-n-octylphthalat	434	PAH	Phenanthren	476
Blødgørere	DNP	431	PAH	Pyren	9822
Chlorphenoler	2-Chlorphenol	1563	Phenoler	2 Methylphenol	2680
Chlorphenoler	2,3,4,5-tetrachlorphenol	2694	Phenoler	2,3-Methylphenol	2679
Chlorphenoler	2,3,4,6-tetrachlorphenol	2692	Phenoler	2,4-Dimethylphenol	2685
Chlorphenoler	2,3,5,6-tetrachlorphenol	2693	Phenoler	2,5-Dimethylphenol	2697
Chlorphenoler	2,4,6-Trichlorphenol	2691	Phenoler	2,6-Dimethylphenol	2684
Chlorphenoler	2,4+2,5-Dichlorphenol	3696	Phenoler	3 Methylphenol	2678
Chlorphenoler	2,4-Dichlorphenol	2688	Phenoler	3,4-Dimethylphenol	2682
Chlorphenoler	2,6-Dichlorphenol	2690	Phenoler	3,5-Dimethylphenol	2683
Chlorphenoler	4,6-Dichlor, 2-methylphenol	2689	Phenoler	4 Chlor, 2-Methylphenol	2686
Chlorphenoler	4-Chlorphenol	2698	Phenoler	4 Chlor, 3-Methylphenol	3094
Chlorphenoler	Pentachlorphenol	2695	Phenoler	4 Methylphenol	2681
Halogen. ali. ^a	1,1,1-Trichlorethan	2621	Phenoler	6 Chlor, 2-Methylphenol	2687
Halogen. ali.	1,1,2-Trichlorethan	3089	Phenoler	Phenol	2676
Halogen. ali.	1,1-Dichlorethan	4542	Phenoler	Phenoler, Ikke Chlorerede	2675
Halogen. ali.	1,1-Dichlorethylen	407	Phenoler	Phenoler, Som Phenol	2677
Halogen. ali.	1,2-Dibromethan	442	Phosphor triester	Topp	495
Halogen. ali.	1,2-Dichlorethan	9422	Samleparameter	AOC	4212
Halogen. ali.	Bromoform	2615	Samleparameter	AOX	1560
Halogen. ali.	cis-1,2-Dichlorethylen	404	Samleparameter	VOC	382
Halogen. ali.	Dibrommonochlormethan	2614	Samleparameter	VOX	1562
Halogen. ali..	Dichlorethan	2623	Ætere	MTBE	490
Halogen. ali.	Dichlormethan	2624	Nedbr.produkt MTBE	Tert-butylalkohol (TBA)	3742
Halogen. ali.	Dichlormonobrommethan	2613	Nedbr.produkt MTBE	Tert-butylformiat (TBF)	3743
Halogen. ali.	Tetrachlorethylen	2617	Detergenter	Anioniske Detergenter	602
Halogen. ali.	Tetrachlormethan	2616	Detergenter	Las	457
Halogen. ali.	trans-1,2-Dichlorethylen	408	Andet	Acetone	651

Stofgruppe	Enkeltstof / samleparameter	Stof nr.	Stofgruppe	Enkeltstof/ samleparameter	Stof nr.
Halogen. ali.	Trichlorethan	409	Andet	Butanon	9955
Halogen. ali.	Trichlorethilen	2618	Andet	Chloroformekstraherbare	2602
Halogen. ali.	Trichlormethan (Chloroform)	2612	Andet	Diethylether	3047
Halogen. ali.	Trihalomethaner	2611	Andet	Di-Iso-Propylæter	660
Halogen. ali.	Vinylchlorid	9946	Andet	Dioxan	3051
Halogen. ali.	Xylenoler	648	Andet	Ethylene	2503
Nonylphenoler	Nonylphenol (NP1EO)	9406	Andet	Extraherbare Stoffer	2601
Nonylphenoler	Nonylphenol (NP2EO)	9407	Andet	Formaldehyd	2652
Nonylphenoler	Nonylphenoler	467	Andet	Iso-Propylacetat	663
Nonylphenoler	Nonylphenoletoxylat	468	Andet	Methyl-Isobutylketon	664
Olieprodukter	1,2,4-Trimethylbenzen	9816	Andet	Myresyre	6401
Olieprodukter	1,3,5-Trimethylbenzen	9815	Andet	N-Bytyl-Acetat	667
Olieprodukter	Benzin	703	Andet	Styren	650
Olieprodukter	C10-C25 kulbrintefraktion	9495	Andet	Terpentin	652
Olieprodukter	C25-C35 kulbrintefraktion	9496			
Olieprodukter	C5-C10 kulbrintefraktion	9494			
Olieprodukter	C7-C12 kulbrintefraktion	9503			
Olieprodukter	C8-C10 kulbrintefraktion	9500			
Olieprodukter	C9-C16 kulbrintefraktion	9504			
Olieprodukter	Dieselolie	3000			
Olieprodukter	Ethan	2502			
Olieprodukter	Fyringsolie	3001			
Olieprodukter	Kulbrinter, opl. el. emulgerb.	2576			
Olieprodukter	Olie	2552			
Olieprodukter	Olie-benzin	2555			
Olieprodukter	Olieprodukter	3002			
Olieprodukter	Smøreolie	417			

Halogen. ali.: Halogenerede alifater

Antal analyser og analyser med positive påvisninger for alle enkeltstoffer

Stofgruppe	Enkeltstof	Antal analyser	Antal analyser med fund	% analyser med fund	Gns. konc. µg/l	Maks. konc. µg/l	Min. konc. µg/l	Stof nr.
Alkohol	1-Butanol	107		0,0				4527
Alkoholer	2-Propanol	323	25	7,7	197,8	770	3	658
Alkoholer	Ethanol	266	22	8,3	368,9	940	7,1	657
Alkoholer	Ethylenglycol	6		0,0				3055
Alkoholer	Isobutanol	214	7	3,3	293,7	840	20	456
Alkoholer	Methanol	269	13	4,8	437,7	950	61	8252
Alkoholer	N-Propanol	167	5	3,0	278,6	550	27	450
Andet	Acetone	278	13	4,7	352,5	820	53	651
Andet	Butanon	162	10	6,2	399,8	900	72	9955
Andet	Chloroformekstraherbare	201	187	93,0	46,8	447,5	0,15	2602
Andet	Diethylether	74	11	14,9	202,4	990	6,3	3047
Andet	Di-Iso-Propylæter	22		0,0				660
Andet	Dioxan	7		0,0				3051
Andet	Ethylene	91	55	60,4	68,3	770	0,16	2503
Andet	Extraherbare Stoffer	66	24	36,4	89,8	620	5,9	2601
Andet	Formaldehyd	12	2	16,7	11,7	15	8,4	2652
Andet	Iso-Propylacetat	9	2	22,2	0,1	0,09	0,04	663
Andet	Methyl-Isobutylketon	69	12	17,4	396,3	970	95	664
Andet	Myresyre	10		0,0				6401
Andet	N-Bytyl-Acetate	74	2	2,7	86,0	130	42	667
Andet	Styren	42	1	2,4	0,1	0,06	0,06	650
Andet	Terpentin	43		0,0				652
Aromater	Aromatiske Kulbrinter	134	40	29,9	181,2	940	0,03	9490
Aromater	Benzen	22.609	2401	10,6	32,3	990	0,007	662
Aromater	C-9 Aromater	212	19	9,0	21,0	120	0,3	4007
Aromater	Ethylbenzen	12.244	1182	9,7	28,7	970	0,006	3007
Aromater	m+p-Xylen	18.180	1778	9,8	22,4	990	0,008	2664
Aromater	Naphthalen	20.917	795	3,8	24,1	950	0,002	649
Aromater	o-Xylen	19.121	1150	6,0	26,6	990	0,005	2662
Aromater	Toluen	22.599	2643	11,7	11,0	990	0,007	665
Aromater	Xylen	3597	424	11,8	26,3	990	0,01	668
Blødgørere	Benzylbutylphthalat	109	1	0,9	1,8	1,8	1,8	3031
Blødgørere	Dehp	1406	68	4,8	12,3	460	0,13	426

Stofgruppe	Enkeltstof	Antal analyser	Antal analyser med fund	% analyser med fund	Gns. konc. µg/l	Maks. konc. µg/l	Min. konc. µg/l	Stof nr.
Blødgørere	Dibutylphthalat	3082	138	4,5	14,0	730	0,1	3044
Blødgørere	Diethylphthalat	82	3	3,7	0,4	0,5	0,22	3048
Blødgørere	Dimethylphthalat	66	6	9,1	1,7	3,1	0,2	3050
Blødgørere	Di-N-Octylphthalat	88	1	1,1	0,7	0,74	0,74	434
Blødgørere	Dnp	1209	9	0,7	0,6	3,1	0,1	431
Chlorphenoler	2-Chlorphenol	470	6	1,3	0,2	0,67	0,01	1563
Chorphenoler	2,3,4,5-Tetrachlorphenol	1919	5	0,3	1,0	3	0,015	2694
Chorphenoler	2,3,4,6-Tetrachlorphenol	8365	24	0,3	2,7	41	0,002	2692
Chorphenoler	2,3,5,6-Tetrachlorphenol	1484	9	0,6	0,4	1,7	0,019	2693
Chorphenoler	2,4,6-Trichlorphenol	8359	48	0,6	6,5	150	0,01	2691
Chorphenoler	2,4+2,5-Dichlorphenol	145		0,0				3696
Chorphenoler	2,4-Dichlorphenol	32.578	217	0,7	2,7	100	0,005	2688
Chorphenoler	2,6-Dichlorphenol	22.690	115	0,5	1,1	32	0,005	2690
Chorphenoler	4,6-Dichlor, 2-Methylphenol	3483	81	2,3	90,6	750	0,016	2689
Chorphenoler	4-Chlorphenol	691	11	1,6	29,5	308	0,02	2698
Chorphenoler	Pentachlorphenol	19.859	84	0,4	0,3	10	0,002	2695
Detergenter	Anioniske Detergenter	11.534	6568	56,9	11,4	990	0,001	602
Detergenter	Las	920	15	1,6	4,2	13	2	457
Halogenerede alifater	1,1,1-Trichlorethan	25.726	1790	7,0	7,8	990	0,007	2621
Halogenerede alifater	1,1,2-Trichlorethan	145	4	2,8	0,2	0,6	0,09	3089
Halogenerede alifater	1,1-Dichlorethan	1401	287	20,5	9,7	860	0,02	4542
Halogenerede alifater	1,1-Dichlorethylen	5398	873	16,2	4,7	210	0,01	407
Halogenerede alifater	1,2-Dibromethan	4121	22	0,5	0,0	0,14	0,003	442
Halogenerede alifater	1,2-Dichlorethan	6004	347	5,8	4,8	520	0,01	9422
Halogenerede alifater	Bromoform	111	5	4,5	0,1	0,12	0,07	2615
Halogenerede alifater	cis-1,2-Dichlorethylen	5606	2409	43,0	50,8	980	0,02	404
Halogenerede alifater	Dibrommonochlormethan	108	11	10,2	0,1	0,19	0,02	2614
Halogenerede alifater	Dichlorethan	228	3	1,3	0,2	0,32	0,06	2623
Halogenerede alifater	Dichlormethan	822	49	6,0	22,2	890	0,02	2624
Halogenerede alifater	Dichlormonobromethan	116	6	5,2	0,2	0,29	0,01	2613
Halogenerede alifater	Tetrachlorethylen	26.727	4652	17,4	28,7	990	0,001	2617
Halogenerede alifater	Tetrachlormethan	25.547	496	1,9	3,6	678	0,01	2616
Halogenerede alifater	trans-1,2-Dichlorethylen	5689	1420	25,0	21,0	980	0,01	408

Antal analyser og analyser med positive påvisninger for alle enkeltstoffer

Stofgruppe	Enkeltstof	Antal analyser	Antal analyser med fund	% analyser med fund	Gns. konc. µg/l	Maks. konc. µg/l	Min. konc. µg/l	Stof nr.
Halogenerede alifater	Trichlorethan	378	43	11,4	1,1	17	0,006	409
Halogenerede alifater	Trichlorethylen	27129	7057	26,0	31,2	990	0,005	2618
Halogenerede alifater	Trichlormethan (Chloroform)	25612	2570	10,0	4,4	890	0,01	2612
Halogenerede alifater	Trihalomethaner	43	5	11,6	0,1	0,4	0,05	2611
Halogenerede alifater	Vinylchlorid	8719	1499	17,2	27,7	970	0,02	9946
Halogenerede alifater	Xylenoler	1057	93	8,8	25,4	740	0,024	648
Nedbr. produkt MTBE	Tert-butylalkohol (TBA)	350	20	5,7	1,5	6,7	0,04	3742
Nedbr. produkt MTBE	Tert-butylformiat (TBF)	350		0,0				3743
Nonylphenoler	Nonylphenol (NP1EO)	1911	2	0,1	0,1	0,16	0,11	9406
Nonylphenoler	Nonylphenol (NP2EO)	1918	1	0,1	0,1	0,08	0,08	9407
Nonylphenoler	Nonylphenoler	3055	65	2,1	0,2	2,1	0,05	467
Nonylphenoler	Nonylphenoletoxylat	1892		0,0				468
Olieprodukter	1,2,4-Trimethylbenzen	959	18	1,9	0,2	3	0,02	9816
Olieprodukter	1,3,5-Trimethylbenzen	956	7	0,7	0,3	1	0,03	9815
Olieprodukter	Benzin	643	93	14,5	117,0	990	2	703
Olieprodukter	C10-C25 Kulbrintefraktion	1435	267	18,6	180,2	995	5,3	9495
Olieprodukter	C25-C35 Kulbrintefraktion	1505	126	8,4	95,0	810	5	9496
Olieprodukter	C5-C10 Kulbrintefraktion	1357	254	18,7	146,3	930	2	9494
Olieprodukter	C7-C12 Kulbrintefraktion	12		0,0				9503
Olieprodukter	C8-C10 Kulbrintefraktion	9	1	11,1	0,1	0,1	0,1	9500
Olieprodukter	C9-C16 Kulbrintefraktion	12		0,0				9504
Olieprodukter	Dieselolie	643	66	10,3	87,7	770	7	3000
Olieprodukter	Ethan	94	2	2,1	3,7	4,7	2,6	2502
Olieprodukter	Fyringsolie	102	3	2,9	133,1	230	9,4	3001
Olieprodukter	Kulbrinter, Opl. El. Emulgerb.	582	112	19,2	170,4	930	0,21	2576
Olieprodukter	Olie	3139	1258	40,1	39,0	970	0,001	2552
Olieprodukter	Olie-Benzin	129	117	90,7	178,5	970	6,1	2555
Olieprodukter	Olieprodukter	758	109	14,4	117,9	906	0,004	3002
Olieprodukter	Smøreolie	148	2	1,4	185,1	370	0,131	417
Org. opløsningsmiddel	Ethylacetat	213	10	4,7	407,6	840	51	3054
Org. opløsningsmiddel	Tetrahydrofuran	18		0,0				3081
PAH	Acenaphthen	435	60	13,8	5,4	250	0,01	3026
PAH	Acenaphthylen	434	35	8,1	5,2	166	0,01	661

Stofgruppe	Enkeltstof	Antal analyser	Antal analyser med fund	% analyser med fund	Gns. konc. µg/l	Maks. konc. µg/l	Min. konc. µg/l	Stof nr.
PAH	Antracen	520	68	13,1	0,8	17	0,01	9821
PAH	Benz(A)Anthracen	519	23	4,4	0,5	4	0,01	702
PAH	Benz(A)Pyren	1072	28	2,6	0,7	13	0,001	9824
PAH	Benz(B)Fluoranthen	395	16	4,1	0,4	4,7	0,0003	669
PAH	Benz(Ghi)Perylen	921	22	2,4	0,6	7,8	0,001	671
PAH	Benz(K)Fluoranthen	312	13	4,2	0,1	0,43	0,001	672
PAH	Benzfluoranthen B+J+K	452	13	2,9	0,3	2,5	0,01	4004
PAH	Benzo(E)Pyren	58	1	1,7	0,0	0,023	0,023	3084
PAH	Chrysen	387	15	3,9	0,2	2,4	0,01	9823
PAH	Cresoler	1067	92	8,6	23,7	760	0,011	2708
PAH	Crysen/Triphenylen	108	6	5,6	0,0	0,063	0,013	9960
PAH	Dibenz(Ah)Anthracen	491	7	1,4	0,1	0,3	0,01	670
PAH	Fluoranthen	1098	83	7,6	1,0	59	0,002	2701
PAH	Fluoren	453	63	13,9	1,4	36	0,01	9819
PAH	Indeno(1,2,3-Cd)Pyren	932	21	2,3	0,3	2,1	0,001	2728
PAH	Pah	29	14	48,3	0,4	2,33	0,004	2577
PAH	PAH (Sum Af 16)	76	32	42,1	3,6	29	0,01	9412
PAH	Phenanthren	821	81	9,9	3,1	54	0,01	476
PAH	Pyren	540	44	8,1	0,3	5,5	0,01	9822
Phenoler	2 Methylphenol	4215	249	5,9	26,9	660	0,001	2680
Phenoler	2,3-Methylphenol	2329	168	7,2	52,2	670	0,002	2679
Phenoler	2,4-Dimethylphenol	8906	294	3,3	55,9	930	0,002	2685
Phenoler	2,5-Dimethylphenol	2021	185	9,2	52,0	750	0,001	2697
Phenoler	2,6-Dimethylphenol	8901	376	4,2	41,0	940	0,002	2684
Phenoler	3 Methylphenol	3100	169	5,5	28,1	890	0,001	2678
Phenoler	3,4-Dimethylphenol	3648	171	4,7	26,6	480	0,001	2682
Phenoler	3,5-Dimethylphenol	3520	237	6,7	56,8	830	0,002	2683
Phenoler	4 Chlor, 2-Methylphenol	23.405	283	1,2	55,2	970	0,009	2686
Phenoler	4 Chlor, 3-Methylphenol	493	36	7,3	14,7	480	0,021	3094
Phenoler	4 Methylphenol	8999	295	3,3	13,3	620	0,002	2681
Phenoler	6 Chlor, 2-Methylphenol	3411	148	4,3	48,1	910	0,01	2687
Phenoler	Phenol	17.022	1484	8,7	7,8	800	0,005	2676
Phenoler	Phenoler, Ikke Chlorerede	77	29	37,7	389,7	800	1	2675

Antal analyser og analyser med positive påvisninger for alle enkeltstoffer

Stofgruppe	Enkeltstof	Antal analyser	Antal analyser med fund	% analyser med fund	Gns. konc. µg/l	Maks. konc. µg/l	Min. konc. µg/l	Stof nr.
Phenoler	Phenoler, Som Phenol	585	222	37,9	13,0	380	0,14	2677
Phosphor triester	Tcpp	28	6	21,4	0,9	1,8	0,29	495
Samleparameter	AOC	60	60	100,0	11,5	47	3,1	4212
Samleparameter	AOX	2145	1607	74,9	11,0	725	0,001	1560
Samleparameter	VOC	585	152	26,0	18,9	260	0,001	382
Samleparameter	VOX	3470	417	12,0	27,0	910	0,3	1562
Ætere	MTBE	6601	1018	15,4	5,0	870	0,01	490

Projektdatabasen. Enkeltstoffer analyseret mere end 3000 gange

Stofgruppe	Enkeltstof	Antal analyser	Antal analyser med fund	% analyser med fund	Gns. konc. (µg/l)	Maks. konc. (µg/l)	Min. konc. (µg/l)	Stof nr.
Aromater	Benzen	22.609	2401	10,6	32,3	990	0,0066	662
Aromater	Ethylbenzen	12.244	1182	9,7	28,7	970	0,006	3007
Aromater	m+p-Xylen	18.180	1778	9,8	22,4	990	0,008	2664
Aromater	Naphthalen	20.917	795	3,8	24,1	950	0,002	649
Aromater	o-Xylen	19.121	1150	6,0	26,6	990	0,0047	2662
Aromater	Toluen	22.599	2643	11,7	11,0	990	0,0065	665
Aromater	Xylen	3597	424	11,8	26,3	990	0,01	668
Blødgørere	Dibutylphthalat	3082	138	4,5	14,0	730	0,1	3044
Chorphenoler	2,3,4,6-Tetrachlorphenol	8365	24	0,3	2,7	41	0,002	2692
Chorphenoler	2,4,6-Trichlorphenol	8359	48	0,6	6,5	150	0,01	2691
Chorphenoler	2,4-Dichlorphenol	32.578	217	0,7	2,7	100	0,005	2688
Chorphenoler	2,6-Dichlorphenol	22.690	115	0,5	1,1	32	0,005	2690
Chorphenoler	4,6-Dichlor, 2-Methylphenol	3483	81	2,3	90,6	750	0,016	2689
Chorphenoler	Pentachlorphenol	19.859	84	0,4	0,3	10	0,002	2695
Halogenerede alifater	1,1,1-Trichlorethan	25.726	1790	7,0	7,8	990	0,007	2621
Halogenerede alifater	1,1-Dichlorethylen	5398	873	16,2	4,7	210	0,01	407
Halogenerede alifater	1,2-Dibromethan	4121	22	0,5	0,0	0,14	0,003	442
Halogenerede alifater	1,2-Dichlorethan	6004	347	5,8	4,8	520	0,01	9422
Halogenerede alifater	cis-1,2-Dichlorethylen	5606	2409	43,0	50,8	980	0,02	404
Halogenerede alifater	Tetrachlorethylen	26.727	4652	17,4	28,7	990	0,001	2617
Halogenerede alifater	Tetrachlormethan	25.547	496	1,9	3,6	678	0,01	2616
Halogenerede alifater	trans-1,2-Dichlorethylen	5689	1420	25,0	21,0	980	0,01	408
Halogenerede alifater	Trichlorethylen	27.129	7057	26,0	31,2	990	0,005	2618
Halogenerede alifater	Trichlormethan (Chloroform)	25.612	2570	10,0	4,4	890	0,01	2612
Halogenerede alifater	Vinylchlorid	8719	1499	17,2	27,7	970	0,02	9946

Stofgruppe	Enkeltstof	Antal analyser	Antal analyser med fund	% analyser med fund	Gns. konc. (µg/l)	Maks. konc. (µg/l)	Min. konc. (µg/l)	Stof nr.
Nonylphenoler	Nonylphenoler	3055	65	2,1	0,2	2,1	0,05	467
Phenoler	2 Methylphenol	4215	249	5,9	26,9	660	0,0005	2680
Phenoler	2,4-Dimethylphenol	8906	294	3,3	55,9	930	0,002	2685
Phenoler	2,6-Dimethylphenol	8901	376	4,2	41,0	940	0,002	2684
Phenoler	3 Methylphenol	3100	169	5,5	28,1	890	0,0004	2678
Phenoler	3,4-Dimethylphenol	3648	171	4,7	26,6	480	0,001	2682
Phenoler	3,5-Dimethylphenol	3520	237	6,7	56,8	830	0,002	2683
Phenoler	4 Chlor, 2-Methylphenol	23.405	283	1,2	55,2	970	0,009	2686
Phenoler	4 Methylphenol	8999	295	3,3	13,3	620	0,0022	2681
Phenoler	6 Chlor, 2-Methylphenol	3411	148	4,3	48,1	910	0,01	2687
Ætere	MTBE	6601	1018	15,4	5,0	870	0,01	490
Antal analyser i alt		461.722						

461.722 analyser af enkeltstoffer. Stoffer analyseret <3000 gange udeladt

Grænseværdier for drikkevand

Stofgruppe	Enkelstof	Grænseværdi i µg/l	Stof Nr.
Aromater	Xylen	10	668
Aromater	Toluen	10	665
Aromater	o-Xylen	10	2662
Aromater	Naphthalen	2	649
Aromater	m+p-Xylen	10	2664
Aromater	Ethylbenzen*	1	3007
Aromater	Benzen	1	662
Aromater	Aromatiske Kulbrinter**	1	9490
Halogenerede alifater	Chlorethylen (Vinylchlorid)	0,3	9946
Halogenerede alifater	Trichlormethan (Chloroform)	1	2612
Halogenerede alifater	Trichlorethylen	1	2618
Halogenerede alifater	trans-1,2-Dichlorethylen	1	408
Halogenerede alifater	Tetrachlormethan	1	2616
Halogenerede alifater	Tetrachlorethylen	1	2617
Halogenerede alifater	Dichlormonobrommethan	25	2613
Halogenerede alifater	Dichlormethan	1	2624
Halogenerede alifater	Dichlorethan	1	2623
Halogenerede alifater	Dibrommonochlormethan	25	2614
Halogenerede alifater	cis-1,2-Dichlorethylen	1	404
Halogenerede alifater	Tribrommethan (Bromoform)	25	2615
Halogenerede alifater	1,2-Dichlorethan	1	9422
Halogenerede alifater	1,2-Dibromethan	0,01	442
Halogenerede alifater	1,1-Dichlorethylen	1	407
Halogenerede alifater	1,1-Dichlorethan	1	4542
Halogenerede alifater	1,1,2-Trichlorethan	1	3089
Halogenerede alifater	1,1,1-Trichlorethan	1	2621
Ætere	MTBE	5	490
Nedbr.produkt af MTBE	Tert-butylalkohol (TBA)		3742
Nedbr.produkt af MTBE	Tert-butylformiat (TBF)		3743

* Grænseværdien for ethylbenzen: <http://www.mst.dk/NR/rdonlyres/B28D64DD-4E1E-48B7-98DC-F7869001D880/0/EBdatabladfinalapr2006DOK545426.pdf>

**"Aromatiske kulbrinter" er en samleparameter, med STANDAT stofkode nr 9490 fra kodeliste STD00019. Her vides ikke, hvilke konkrete stoffer, prøven har indeholdt, og der er af forsigtighedsgrunde anvendt den laveste grænseværdi, for de aromatiske kulbrinter (benzen med en grænseværdi på 1 µg/l).

Regionerne og de tidligere amters praksis for indberetning af vandkvalitetsdata fra miljøboringer til GEUS

Dette notat giver en oversigt over regionernes og de tidligere amters praksis mht. indberetning af vandkvalitetsdata fra miljøboringer til GEUS. Ved miljøboringer forstås i denne sammenhæng:

- Filtersatte undersøgelsesboringer, som er etableret i forbindelse med forureningsundersøgelser på og omkring lokaliteter med jord- og grundvandsforureninger fra punktkilder
- Afværgeboringer i forbindelse med afværgeanlæg for grundvandsforurening ("pump and treat"-anlæg) samt hertil knyttede monitoringsboringer.

Oplysningerne er indhentet hos de fem regioner.

Som det fremgår af det følgende har de tidligere amter haft meget forskellig praksis vedr. indberetningen af vandkvalitetsdata fra miljøboringer. Fra nogle områder af landet har der været indberettet mange data fra miljøboringer, mens der for andre områder ikke er indberettet data. Dette betyder, at et udtræk fra JUPITER, som medtager miljøboringer, vil give et geografisk set meget skævt billede, som ikke skyldes forskelle i et givet stofs forekomst i grundvandet, men derimod forskelle i datagrundlaget.

Ingen af de fem regioner foretager p.t. en systematisk indberetning af vandkvalitetsdata fra miljøboringer.

1. REGION NORDJYLLAND

Praksis i regionen:

Vandkvalitetsdata:

Region Nordjylland har ikke indberettet data i forbindelse med vores miljøundersøgelser/afværgeprojekter.

Miljøboringer (nedenstående er klippet fra vores kvalitetshåndbog):

Indberetning til GEUS

For hver lokalitet indberettes den mest repræsentative boring til GEUS, dvs. den boring med størst udbredelse af intakte aflejringer. Boringer på under 3,0 mut. indberettes ikke til GEUS, ligesom boringer uden intakte aflejringer heller ikke indberettes.

Til GEUS sendes et kort med angivelse af boringens placering, boringens terrænkote (fx ud fra 4 cm kort) samt borejournal (med lithologi, dannelsesmiljø og alder). I forbindelse med indberetningen orienteres GEUS om, hvor mange boringer der yderligere er udført på den pågældende lokalitet. Regionen laver ikke tjek af om det sker.

Dybere boringer fra udvidet undersøgelser og afværgeprojekter indberettes med DGU-nr.

Praksis i det tidligere Nordjyllands Amt:

Ovenstående beskrivelse for indberetning af de orienterende undersøgelser i regionens tid også var gældende for i de senere år i amtets tid. Tidligere blev de ikke indberettet.

2. REGION MIDT

Praksis i regionen:

Region Midtjylland
Intentionen er indledningsvis at sætte DGU-nr. på gamle amtsboringer, som endnu ikke har et sådant. Når resurserne er til stede tilknyttes analysedata og indberettes. Da der er tale om manuelt arbejde af stort omfang, er det uvist hvornår arbejdet er afsluttet.
Gamle allerede DGU-nr. navngivne boringer opdateres løbende via laboratorierne i det omfang data ligger i digitaliseret form.
Fra sidste halvår af 2009 er analysedata i princippet indberettet automatisk via laboratorierne. I praksis kan der dog ikke påregnes at indberetningen er fuldstændig.
I Herning er inddateringen af ældre data opprioriteret i den aktuelle anledning.

Praksis i de tidligere amter:

Ringkøbing Amt
For virksomheder i drift er der sket en omfattende indberetning.
For ejendomme omfattet af jordforureningsloven er der indberettet mere sporadisk; men dog for enkeltlokaliteter intensivt (det sidste gælder blandet andet for nogle lokaliteter i Herning).

Kirsten Harboe (nu Miljøcenter Ringkøbing), som har forestået indberetningen, bistår gerne med udtræk af data.

Vejle Amt

Vejle Amt har løbende indberettet til Jupiter. Her skulle ikke være hængepartier.

Viborg Amt

Her er indberetningen sket ad hoc, det vil sige når der kunne afsættes resurser til det (fortrinsvis via studentermedhjælp).

Der er altså ikke foretaget en systematisk indberetning.

Århus Amt

Her er analysedata for amtets afværganlæg fra 1990 indberettet.

For de øvrige lokaliteter er der ikke sket en systematisk indberetning.

3. REGION SYD**Praksis i regionen:**

P.t. Ingen systematisk indberetning af vandkvalitetsdata fra miljøboringer

Praksis i de tidligere amter:

Der har ikke tidligere været en tradition for indberetning til GEUS af miljøtekniske boringer. I Fyns Amt har man en overgang indberettet fra de indledende undersøgelser, hvilket nok var årsagen til de mange spredte fund på Fyn. Så nogle af de tendenser, der ses i data fra GEUS afspejler nok i høj grad de forskelle i indberetning til GEUS, som der har været i de forskellige amter.

4. REGION SJÆLLAND**Praksis i regionen**

Filtersatte boringer dybere end 5 m indberettes, men kun med geologi, ikke med analysedata. Der indberettes ikke vandkvalitetsdata fra monitoringsboringer.

Praksis i de tidligere amter:

Indberetning af vandkvalitetsdata i Roskilde, Vestsjællands og Storstrøms amter:

Det er stort set kun fra overvågning i Hedelandsområdet, at der er indberettet vandkvalitetsdata. For enkelte andre områder med længerevarende overvågning er der dog indberettet data. Der er ikke indberettet vandkvalitetsdata fra øvrige, miljøtekniske boringer.

5. REGION HOVEDSTADEN**Praksis i regionen:**

Region Hovedstaden har endnu ikke indberettet data fra miljøboringer

Praksis i de tidligere amter:

I forbindelse med lukningen af Københavns Amt i 2006, indberettede amtet alle data fra amtets GEOGISdatabase til GEUS. Dette betyder, at data fra miljøboringer fra en periode på 10 år (fra midten af 1990'erne til 2006) i dag findes i JUPITER.

Frederiksborg Amt indberettede ikke vandkvalitetsdata fra miljøboringer til GEUS.

/John Flyvbjerg, 20. maj 2010