



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Redegørelse om Glyphosat og AMPA fund i GRUMO

Jacqueline A. Falkenberg, Heidi. U. Bay, Loren Ramsay og
Jesper Holm Jørgensen
NIRAS

Peter R. Jørgensen
PJ-Bluetech aps

Niels Henrik Spliid
Aarhus Universitet
Forskningscenter Flakkebjerg

Carsten Petersen
KU-life University of Copenhagen
Faculty of Life Sciences-KU-Life

Indhold

FORORD	5
1 INDLEDNING	7
1.1 BAGGRUND	7
1.2 FORMÅL	7
1.3 ARBEJDSMETODE	8
2 BAGGRUNDSDATA	9
2.1 GLYPHOSAT OG ANVENDELSE	9
2.2 STOFEGENSKABER	9
2.3 DANSKE UNDERSØGELSER	10
2.4 KLIMAFORHOLD	12
3 DATABEHANDLING OG STATISTIK	13
3.1 FASE 1 - DEN INDLEDENDE DATABEHANDLING	13
3.2 FASE 2 - BORINGER MED FUND AF GLYPHOSAT OG AMPA	15
3.3 FASE 3 - BESIGTIGELSE AF UDVALGTE BORINGER	16
4 KARAKTERISERING AF FUND	18
4.1 TEMA - DEN TIDSLIGE UDVIKLING OG SÆSONVARIATION	18
4.2 TEMA - GRUNDVANDSALDER, INDTAGSDYBDE OG GEOLOGI	20
4.3 TEMA - BORINGSKONSTRUKTION	25
4.4 TEMA - BORINGSPLACERING I OPLAND	26
4.5 TEMA - PRØVETAGNINGSFORHOLD	27
4.6 TEMA - FUND AF PESTICIDER OG GRUNDVANDSKEMI	28
4.7 TEMA - ANALYSETEKNISKE ASPEKTER	35
4.8 TEMA - AREALANVENDELSE, LANDBRUG OG PUNKTKILDER	37
4.9 TEMA - MULIGE ÅRSAGSSAMMENHÆNGE FOR FASE 3-BORINGER	37
5 VURDERING AF ÅRSAGSSAMMENHÆNGE	42
5.1 TEKNISKE FEJLKILDER	42
5.1.1 <i>Analysefejl</i>	42
5.1.2 <i>Kontaminering af prøve under prøvetagning</i>	42
5.1.3 <i>Kontaminering af boring ved direkte sprøjtning på boring</i>	43
5.1.4 <i>Nedsivning af overfladevand langs boringer</i>	44
5.1.5 <i>Lækage mellem filtre i multifilterboringer</i>	44
5.2 UDVASKNING OG NATURLIG TRANSPORT MED GRUNDVAND	45
5.3 EKSTREMNE DBØR	46
5.4 VURDERING AF FORURENINGSKILDER	47
5.4.1 <i>Udvaskning fra punktkilder</i>	48
5.4.2 <i>Udvaskning fra bymæssig bebyggelse og villa/sommerhuskvarterer</i>	49
5.4.3 <i>Udvaskning fra marker (regelret anvendelse)</i>	50
6 KONKLUSIONER OG PERSPEKTIVERING	51
6.1 ANALYSEFEJL	51
6.2 NEDSIVNING AF OVERFLADEVAND LANGS BORINGER	52

6.3	LÆKAGE MELLEM FILTRE I MULTIFILTRE	53
6.4	TRANSPORT FRA PUNKTKILDER	53
6.5	KONTAMINERING AF BORINGER ELLER AF VANDPRØVER UNDER PRØVETAGNING	54
6.6	UDVASKNING OG TRANSPORT VED NATURLIG GRUNDVANDSSTRØMNING	54
6.7	PERSPEKTIVERING	55
7	REFERENCER	57
Bilag A	Oversigtskort over GRUMO boringer med fund af glyphosat og AMPA	
Bilag B	Oversigtskort over DGU nr. for GRUMO boringer med fund af glyphosat og AMPA	
Bilag C	Oversigtskort over koncentrationsniveauer ved fund af glyphosat og AMPA i GRUMO	
Bilag D	De fase 2 udvalgte boringer	
Bilag E	Datablade over de 33 fase 2 udvalgte boringer	
Bilag F	Boringsegenskaber og kemi for de 33 fase 2 udvalgte boringer	
Bilag G	Vurdering af de anvendte analysemetoder	
Bilag H	Øvrige figurer og tabeller fra databehandling	

Forord

Miljøstyrelsen har iværksat et projekt, som består i indsamling af information om de GRUMO borer, hvor der er konstateret fund af glyphosat og/eller AMPA, med henblik på udarbejdelse af en datapræsentation og analyse af mulige årsagssammenhænge.

I forbindelse med projektet er der oprettet en følgegruppe bestående af følgende medlemmer:

Lea Frimann Hansen, Miljøstyrelsen - formand
Vibeke Møller, Miljøstyrelsen
Anne Louise Gimsing, Miljøstyrelsen
Kirsten Harbo, Naturstyrelsen
Thomas Hansen, Naturstyrelsen
Per Rosenberg, GEUS
Poul Henning Petersen, Videncentret for Landbrug

1 Indledning

1.1 BAGGRUND

Der er generelt antaget, at glyphosat og nedbrydningsproduktet AMPA bindes særligt stærkt til jordpartikler og nedbrydes rimeligt hurtigt, især i aerobe jorder og grundvandsmagasiner. Derfor forventes kun fund af glyphosat og AMPA i terrænnære sekundære magasiner, men ikke i dybereliggende magasiner. Imidlertid er der i 2009 konstateret flere fund af glyphosat og AMPA i GRUMO borer, uden at årsagen er belyst (GEUS, 2010).

I 2001-2005 har GEUS udført detaljerede undersøgelser af fund af glyphosat og AMPA i små vandforsyninger i Storstrøms Amt, hvor hovedparten af fundene blev konstateret i gravede brønde (Brüsch og Rosenberg, 2008). Ved disse undersøgelser rapporteres det, at der ikke med sikkerhed kunne fastslås en sammenhæng mellem fund og anvendelse af glyphosat i nærmiljøet omkring brøndene. Herudover konkluderede Brüsch og Rosenberg, 2008, at dybereliggende grundvand forventedes at være beskyttet, med mindre der lokalt forekommer geologiske vinduer, hvorved der kan ske en hurtig transport mod dybtliggende grundvand. Brüsch og Rosenberg skriver, at der ikke forventes, at findes tilsvarende sårbarhed for brønde i sandede områder, med mindre der er tale om direkte overfladisk tilstrømning af forurenede vand fra f.eks. gårdspladser og andre sprøjtede arealer i umiddelbar tilknytning til anlægget. I en rapport om pesticider og almene vandværker (Brüsch, 2007) konkluderedes det, at glyphosat og AMPA særligt findes i grundvand udtaget fra lerjord pga. den hurtige transport fra terræn gennem makroporer til højtliggende grundvand. Desuden blev der hyppigere fundet glyphosat og AMPA i Storstrøms Amt end i de øvrige amter, og der blev vurderet at være sammenfald mellem fund af glyphosat og AMPA og et tyndt morænelersdække over sprækket kalk (Brüsch et al, 2004).

Blandt GRUMO borer med de nyeste fund af glyphosat og AMPA i vandprøver findes borer med forholdsvis dybe indtag og borer med indtag i sandmagasiner. Disse nye resultater afviger dermed fra tidligere observationer og kræver en nøjere vurdering af mulige årsagssammenhænge.

1.2 FORMÅL

Projektets overordnede formål er at redegøre for mulige årsager og kilder til fund af glyphosat og AMPA i vandprøver fra GRUMO borer ud fra eksisterende data.

Herunder er det formålet at vurdere, i hvilken grad fundene af glyphosat og AMPA kan relateres til:

- Punktkilder såsom vaskepladser, gartnerier, opfyldte mergelgrave/moser o.l., eller skyldes regelret anvendelse i landbruget/privatforbrug.
- U hensigtsmæssige forhold omkring prøvetagning og utilstrækkelige boringsinstallationer, f.eks. sprøjtning tæt på borer, nedsivning af

overfladevand i boringer/forlængede brønde eller påvirkninger fra dræn osv.

- Sårbar geologi/hydrologi, f.eks. tyndt dæklag af sprækket moræneler direkte over sprækket kalk, geologiske vinduer, nedadrettet trykpotentiale etc.
- Andre sammenkædede jord- og grundvandsparametre, der kan indikere årsager, kilder og spredningsveje, f.eks. redoxforhold, ledsagende forureningsparametre og aldersdateringer af vandprøver med fund.

Som en del af denne vurdering er det endvidere formålet at afklare, om der foreligger et tilstrækkeligt datagrundlag til at identificere kilder og årsager til fundene af glyphosat og AMPA.

1.3 ARBEJDSMETODE

Da der er tale om mange boringer med fund af glyphosat og AMPA, og der ligeledes, såfremt der skal drages årsagssammenhænge, er behov for en detaljeret vurdering af forholdene omkring boringerne, er der opstillet følgende strategi for opgaveløsningen, hvorved arbejdet inddeles i tre faser:

- Fase 1 I den indledende fase indsamles via GEUS Jupiter database alle resultater for vandprøver fra GRUMO boringer, hvor der er foretaget analyser for glyphosat og AMPA. Der identificeres boringer, hvor der er fundet høje fund af glyphosat og/eller AMPA, for eksempel boringer, hvor der er fundet indhold, som overstiger detektionsgrænserne, og hvor der er gjort gentagne fund. Her kan der foretages en generel analyse af evt. tendenser eller årsagssammenhænge i relation til relevante parametre i databasen.
- Fase 2 I den detaljerede fase foretages en dybdegående analyse af samtlige relevante forhold ved boringer med fund over/omkring grænseværdien (0,1 µg/l) eller boringer med gentagne fund.
- Fase 3 I fase 3 foretages besigtigelse af udvalgte boringer med hyppige stigende og/eller høje fund af glyphosat og AMPA (ca. 10 boringer) til afklaring af forhold omkring eller ved boringerne, der kan medvirke til forklaring af fundene.

2 Baggrundsdata

2.1 GLYPHOSAT OG ANVENDELSE

Glyphosat er et systemisk herbicid, der alene optages gennem bladene. Det virker ved at blokere dannelsen af visse aminosyrer, så væksten går i stå. Efter optagelse i bladene transporteres stoffet via sivævet til alle vækstpunkter - også til planternes rødder og udløbere. Behandlede planter gulfarves og nedvisner efter en periode, der er afhængig af vejrforholdene (Middeldatabasen, 2011).

Glyphosat anvendes til bekæmpelse af kvik, tokimbladet ukrudt og flerårigt rodukudt, typisk om foråret eller om efteråret før høst og i stub efter høst. Ukrudtet bør være i god vækst, bedste behandlingstidspunkt er dog før ukrudtets blomstring (Middeldatabasen, 2011).

I Danmark har der været salg af glyphosat siden midten af 1970'erne (Brüsch, 2007). Ifølge bekæmpelsesmiddelstatistikken (Miljøstyrelsen, 2010a) er salget af glyphosat i 2009 faldet til 676 tons, men dette antages at skyldes, at salget i 2008 var særligt stort (1.466 tons), og at en betydelig del af glyphosaten har ligget på lager eller ikke er blevet anvendt i 2008. Salget af glyphosat har fra 2000-2006 ligget mellem 800 – 1.000 tons, dog 1.137 tons i 2007.

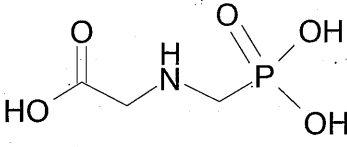
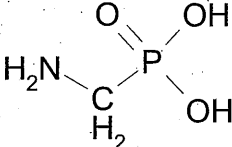
2.2 STOFEGENSKABER

I jorden nedbrydes glyphosat hurtigt til AMPA, og såvel glyphosat som AMPA kan nedbrydes og mineraliseres (fuldstændig nedbrydning) under både aerobe og anaerobe forhold, dog langsommere under anaerobe forhold (Miljøstyrelsen, 2000; European Commission, 2002 og IPCS, 1994). En oversigt over fysisk-kemiske egenskaber og nedbrydningsforhold for glyphosat og AMPA er vist i Tabel 2.1.

Efter sprøjtning på markerne vil der ske en indledende nedbrydning af glyphosat til dets primære nedbrydningsprodukt AMPA. Da glyphosat og AMPA binder meget fast til jordbunden, har man vurderet, at udvaskning til grundvandet vil være beskednen (Miljøstyrelsen, 2000). Yderligere nedbrydning af glyphosat og AMPA forventes først at ske i forbindelse med at stofferne desorberer og udvaskes fra jordbunden. Herudover har forskning belyst, at glyphosat kan bindes til partikler, og præferentialt flow i makroporerne i opsprækket moræneler kan medføre transport igennem de allerøverste jordlag (Juhler et al, 2008, Baun et al, 2007, Rosenbom et al, 2010). Det er desuden foreslået, at glyphosat ikke når at sorbere til jorden, såfremt der sker kraftige nedbørshændelser relativt hurtigt efter udsprøjtning (Baun et al, 2007).

Der findes dog ingen oplysninger om feltundersøgelser af halveringstider i grundvandsmagasiner i den tilgængelige litteratur om glyphosat. Glyphosats oktanol-vand fordelingskoefficient indikerer, at der forventes ringe binding til organisk materiale, mens der forventes stærk binding til jern- og aluminiumoxider, f.eks. i lerjord (Miljøstyrelsen, 2000). Derimod forventes

sorptionen at være lav i jordtyper med meget lavt indhold af jernhydroxider, som f.eks. kvartssand (K_D 1,5-2,9, Mentler et al, 2007).

Navn	Glyphosat	AMPA 1-Aminomethylphosphonsyre
Systematisk navn (IUPAC):	<i>N</i> -(phosphonomethyl)-glycin	(aminomethyl)-phosphonic acid
		
Empirisk formel:	$C_3H_8NO_5P$	$C_2H_6NO_3P$
CAS. nr	1071-83-6	1066-51-9
Mol. Vægt	169,05	110,4
Opløselighed i vand (20°C) ved pH 2	mg/l 10.500 ± 200	100.000 (estimeret)
Damptryk: (25°C som syre)	Pa $1,31 \times 10^{-5}$	
Log K_{ow} (25°C)	-3,2	-2,17 (estimeret)
K_D jord	l/kg 5-811	16-1.570
pKa	2,34, 5,73 og 10,2	
Nedbrydning i felten (jordbunden)	DT_{50} dage 2-159	90-180

TABEL 2.1 OVERSICHT OVER EGENSKABER FOR GLYPHOSAT OG AMPA
(MILJØSTYRELSEN, 2000, BAY ET AL, 2007)

Grænseværdierne for grundvand (GV) for individuelle pesticider herunder glyphosat og AMPA er på 0,1 µg/l og for sum af pesticider 0,5 µg/l (Miljøministeriet, 2007 og Miljøstyrelsen, 2010b).

2.3. DANSKE UNDERSØGELSER

Fund af pesticider og deres nedbrydningsprodukter herunder glyphosat og AMPA er undersøgt i 3 overvågningsprogrammer: GRUMO (grundvands-overvågningsområder), LOOP (landovervågningsoplande) og VAP (Varslingsystem for udvaskning af pesticider).

GRUMO-områder omfatter en række grundvandsmagasiner af forskellige geologiske/hydrologiske typer. Et GRUMO-område er normalt et indvindingsopland til en vandforsyningsboring, hvor et varierende antal overvågningsboringer/indtag er placeret opstrøms vandforsyningsboringen. Disse GRUMO-områder antages at være repræsentative for de øvrige tilsvarende grundvandsmagasiner med en tilsvarende arealanvendelse og indvindingsstruktur. Langt de fleste GRUMO-områder er placeret i det åbne land, overvejende i landbrugsområder med spredt bebyggelse eller mindre byer/landsbyer. Hvert år udgives en rapport over grundvandsovervågning i blandt andet GRUMO boringer (GEUS 2010). Siden 2004 er GRUMO program udvidet med en række terrænnære boringer. Prøvetagningsstrategien for 2007-2009 er optimeret med fokus på unge grundvand og redoxforholdende samt indtag med fund af pesticider, nitrat eller andre stoffer i vandprøverne med henblik på en vurdering af forureningsgrad og nedbrydningsforhold (DMU, 2007).

LOOP omfatter 5 landovervågningsoplande (LOOP) bestående af ca. 100 indtag, beliggende 1½-6 meter under terræn, som anvendes til vurdering af det helt nydannede grundvand under landbrugsarealer. Pesticidundersøgelser udgik af programmet i 2006, men i perioden 1993 til 2006 er der fundet pesticider i ca. halvdelen af de undersøgte indtag, men forekomsten af pesticider i det højtliggende grundvand under de undersøgte marker varierer meget fra år til år. Glyphosat og AMPA er blandt andet fundet i højtliggende grundvand. Denne store variation skyldes, at grundvandet er ungt grundvand, og at det er de lokale klimatiske forhold og brugen af enkelte pesticider, som er betydende for omsætning og udvaskning af pesticider eller nedbrydningsprodukter fra disse (GEUS, 2007).

VAP (Varslingsystem for udvaskning af pesticider) består af 5 (oprindelig 6) konventionelt drevne landbrugsarealer med yderst forskellige typer geologi og nedbørsmængder. Med henblik på en eventuel udvaskning til ungt grundvand dannet under landbrugsarealer er foreløbig 41 forskellige pesticider og 40 nedbrydningsprodukter omfattet af programmet (Rosenbom et al, 2010).

Glyphosat og AMPA er konstateret i koncentrationer over 0,1 µg/l (grænseværdien for grundvand) i den øverste 1 m u.t. (meter under terræn) i drænvand. Desuden er både glyphosat og AMPA fundet i enkelte vandprøver fra grundvandsboringer med indtag i de øverste 5 m u.t. dog de fleste under 0,1 µg/l (Rosenbom et al, 2010). Udvasning af glyphosat til drænvand er vurderet at skyldes makroporetransport i de første par måneder efter sprøjtning (Kjær et al 2005). Herudover er udvasning af AMPA konstateret i op til 1,5 år efter sprøjtning, dog kun i drænvand (Kjær et al, 2005). Desuden bemærkes i VAP-rapporten, at regnvandshændelser på mere end 50 mm/dag kan medføre udvasning af glyphosat i drænet, lerholdig jord og at dette emne vil blive vurderet fremover under VAP-programmet (Rosenbom et al, 2010).

Glyphosatproblematikken er desuden undersøgt i en række miljøprojekter om "Kolloid-faciliteret transport" (Baun et al, 2007), "Udvasning fra juletræsproduktion på lerjord" (Juhler et al, 2008), "Fund af glyphosat og AMPA i drikkevand fra små vandforsyningsanlæg i Storstrøms Amt" (Brüsch og Rosenberg, 2008) og "Pesticider i dansk grundvand: GRUMO- og Boringskontroldata" (Rügge et al, 2005).

Herudover er der flere igangværende forskningsprojekter, som omhandler glyphosattransport.

Baseret på resultaterne fra VAP projektet vil det forventes, at en forurening af det terrænnære grundvand, som skyldes udvasning og nedsivning af glyphosat fra regelret anvendelse, vil bestå af både glyphosat og AMPA.

Det skal dog bemærkes, at AMPA findes i andre produkter, herunder phosphonatholdige detergenter. I midten af 1990'erne blev der fundet AMPA, men ikke glyphosat i Københavns vandværksvand, og kilden viste sig at være detergenter til rengøring af glasvarer.

2.4 KLIMAFORHOLD

Klimaforholdene gennem de sidste 5 år, fra 2005 og frem til 2010, er illustreret i Tabel 2.2, idet udvaskning af glyphosat fra landbrugsjord kan øges ved kraftige nedbørshændelser. Det skal dog bemærkes, at ekstremregnvandshændelser forekommer ret lokalt og dermed viser Tabel 2.2 kun udvikling på årsbasis for Danmark.

	Jan.	Feb.	marts	april	maj	juni	juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	år
2005	63	44	42	29	61	53	96	51	28	58	70	50	645
2006	33	51	40	54	76	26	33	145	34	122	83	116	813
2007	123	79	42	11	71	124	126	60	85	33	48	65	866
2008	90	47	77	41	13	39	55	146	66	108	71	32	783
2009	41	34	53	10	56	64	86	68	45	79	126	71	733
2010	29	40	33	26	64	52	69	124	73	85	91	38	724
normalen	57	38	46	41	48	55	66	67	73	76	79	66	712

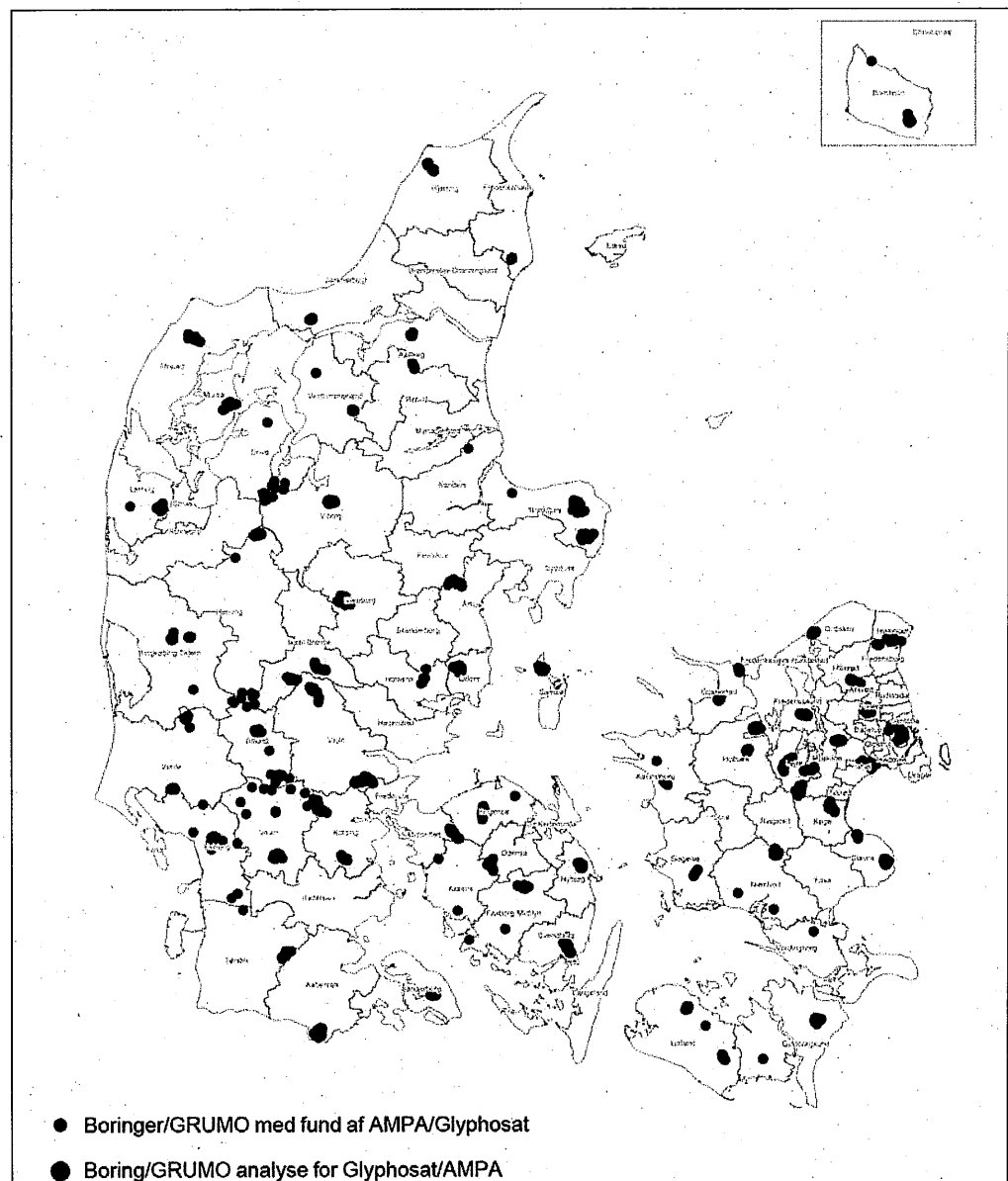
TABEL 2.2 OVERSIGT OVER NEDBØR PÅ LANDSBASIS FOR ÅRENE 2005-2010, NEDBØR 50%
STØRRE END NORMALEN ER VIST MED GUL OG UNORMALE MÆNGDER (TO GANGE
NORMALEN) MED BLÅ. (NEDBØRSMÆNGDER FRA DMI, 2011)

Som det ses af Tabel 2.2, har der været flere tilfælde af unormalt store nedbørshændelser i 2007 samt i august 2006 og august 2008.

3 Databehandling og statistik

3.1 FASE 1 - DEN INDLEDENDE DATABEHANDLING

I Jupiter databasen er der identificeret 978 GRUMO boringer fordelt på 1.400 indtag, og der er i perioden 1997-2010 foretaget i alt 9.154 analyser for glyphosat og AMPA (udtræksdato 05.04.2011). Et oversigtskort over de 978 GRUMO boringer er vist i bilag A og gengivet i Figur 3.1.



FIGUR 3.1 OVERSIGTSKORT OVER GRUMO BORINGER OG FUND AF GLYPHOSAT/AMPA

Heraf er der fund (dvs. koncentrationer, som ligger over detektionsgrænsen) af enten glyphosat eller AMPA, eller begge stoffer, i 111 boringer fordelt på 129 indtag. For de fleste analyser er detektionsgrænsen 0,01 µg/l, men for ca. 2,2% og 0,8% af henholdsvis glyphosat og AMPA analyserne er detektions-

grænsen forhøjet med op til en faktor 10 (dog for 5 analyser af glyphosat op til en faktor 100).

Der er tale om fund i i alt 159 vandprøver udtaget fra de ovennævnte 111 boringer, dvs. at der i nogle få boringer og indtag er konstateret flere fund i samme boring.

Som det ses af Figur 3.1, er fund af glyphosat/AMPA fordelt over hele Danmark.

I bilag B er de 111 boringer vist med DGUnr., og i bilag C er koncentrationsniveauerne for henholdsvis glyphosat og AMPA vist på et kort. I Tabel 3.1 og Tabel 3.2 er samlet en række oplysninger om GRUMO boringer.

Data for perioden 1997-2010 - Udtræk fra Jupiter d.5-04-2011			
	Antal boringer	Antal indtag	Antal analyser
Antal analyseret for Glyphosat og AMPA	978	1.400	9.154
heraf med			
Enkeltfilter (indtag)	675	675	
Multifilter (indtag)	303	725	
Antal med fund af enten glyphosat eller AMPA eller begge stoffer	111		159
Antal analyser med fund af glyphosat			111 (1,2 % af analyser)
heraf antal fund som overstiger GV			20 (18% af fund)
Antal analyser med fund af AMPA			83 (0,9 % af analyser)
heraf antal fund som overstiger GV			18 (22% af fund)
Antal analyser med fund af glyphosat og AMPA			35 (0,4% af analyser)
heraf antal fund som overstiger GV for ét af stofferne			13 (37% af fund)
heraf antal fund som overstiger GV for begge stof			8 (22% af fund)

TABEL 3.1 OPLYSNINGER OM GRUMO BORINGER, INDTAG OG FUND AF GLYPHOSAT ELLER AMPA

Data for perioden 1997-2010 - Udtræk fra Jupiter d.5-04-2011					
	Antal GRUMO indtag	Antal indtag med fund af glyphosat eller AMPA	Antal indtag med fund af glyphosat	Antal indtag med fund af AMPA	Antal indtag med fund af glyphosat og AMPA
Antal indtag i de 978 boringer	1400	129	93	64	28
Heraf er indtag placeret:					
0 - 5 m u.t.	116 (8%)	9 (7%)	5 (5%)	6 (9%)	2 (7%)
>5 - 10 m u.t.	186 (13%)	19 (15%)	17 (18%)	6 (9%)	4 (14%)
>10 - 20 m u.t.	452 (33%)	41 (32%)	32 (34%)	20 (31%)	12 (43%)
>20 - 40 m u.t.	407 (29%)	46 (36%)	31 (33%)	24 (38%)	8 (29%)
>40 - 110 m u.t.	239 (17%)	14 (11%)	8 (9%)	8 (13%)	2 (7%)

TABEL 3.2 OPLYSNINGER OM FORDELING AF FUND AF GLYPHOSAT OG AMPA MED DYBDE

I Tabel 3.3 er der foretaget en opdeling mellem boringer med ét enkelt filter og boringer med flere filtre for de 978 GRUMO boringer. Ved opdelingen af boringer i 4 dybdeintervaller er toppen af det nederste filter anvendt til

placering i dybdegruppen. For boringer med enkeltfilter er det nederste filter selvfølgelig det dybeste filter.

Placering af top af indtag for nederste filter	Antal boringer	Antal boringer med enkeltfilter	Antal boringer med multifiltrer	Antal indtag	Antal indtag i enkeltfilter	Antal indtag i multifiltrer
0 - 5 m u.t.	83	77	6	116	77	39
>5 - 10 m u.t.	131	124	7	186	124	62
>10 - 20 m u.t.	322	262	60	452	262	190
>20 m u.t.	442	212	230	646	212	434
I alt	978	675	303	1.400	675	725

TABEL 3.3 FORDELING AF BORINGER OG INDTAG MED DYBDE

3.2 FASE 2 - BORINGER MED FUND AF GLYPHOSAT OG AMPA

Ud af de 111 GRUMO boringer med fund af enten glyphosat eller AMPA i perioden 1997-2010 er der udvalgt 33 boringer til detaljeret vurdering under fase 2.

Udvælgelseskriterierne for de udvalgte boringer er, at der er konstateret overskridelse af grænseværdien for grundvand (GV) for individuelle pesticider (her glyphosat eller AMPA) på 0,1 µg/l, eller at der er flere fund under GV.

I bilag D er grundlaget for udvælgelsen angivet sammen med en analyseoversigt samt oplysninger om antal og dybde til indtag, analyselaboratorierne og de anvendte analysemetoder. I bilag F er desuden angivet etableringsdato for boringer, grundvandsdannelsesalder, monitoringstype, dybde til top af indtag, geologien i indtag og lerdæk over indtag samt geologisk hovedtype. Definition af geologisk hovedtype er baseret på beskrivelse i (Miljøstyrelsen, 2002) og gengivet i bilag F.

I bilag E er præsenteret datablade for de 33 lokaliteter, som indeholder 4 cm kortudsnit, ortofotos, jordart, strømningsretning, afstand til punktkilder, arealanvendelse, omgivelser, udvalgte kemiske parametre, oplysninger om geologi, indtag og dæklag over indtag samt boringsindretning m.v. Disse oplysninger er indtastet i én oversigtstabel med henblik på sortering og databehandling og med links overført til de enkelte datablade. Ligeledes er der links til borejournaler.

Eventuelle unormalt høje regnvandshændelser i de 4 forudgående uger før prøvning (kun for prøvetagning med fund af glyphosat eller AMPA) er defineret ved nedbør, som overstiger 50 mm/uge eller en max. døgn sum på 20 mm, og angivet som "ja" eller "nej" i databladet (regnvandshændelser med mere 50 mm/dag kan medføre udvaskning af glyphosat i drænet, lerholdig jord, jf. (Rosenbom et al, 2010).

Såfremt der foreligger analyser for de uorganiske parametre er der foretaget en overordnet klassificering af redox typer, jf. GEO-vejledning 6 (Hansen et al, 2009), hvorved grundvand opdeles i følgende redox typer:

- A - Stærk oxideret (st. oxid.) - iltzone
- B - Svagt oxideret (sv. oxid) - nitratzone
- C - Svagt reducerende (sv. reduc.) - jern- og sulfatzone
- D - Stærk reducerende (st. reduc.) - methan- og svovlbrintezone

3.3 FASE 3 – BESIGTIGELSE AF UDVALGTE BORINGER

I fase 3 er der foretaget besigtigelse af 10 boringer med høje fund af glyphosat og AMPA. Disse boringer er fordelt tværs over hele Danmark, jf. Figur 3.2 og bilag B.

De udvalgte boringer samt begrundelse for deres udvælgelse er angivet i bilag F. Besigtigelsen er aftalt med Naturstyrelsen og nøglerne er hentet fra de pågældende Naturstyrelses kontorer.

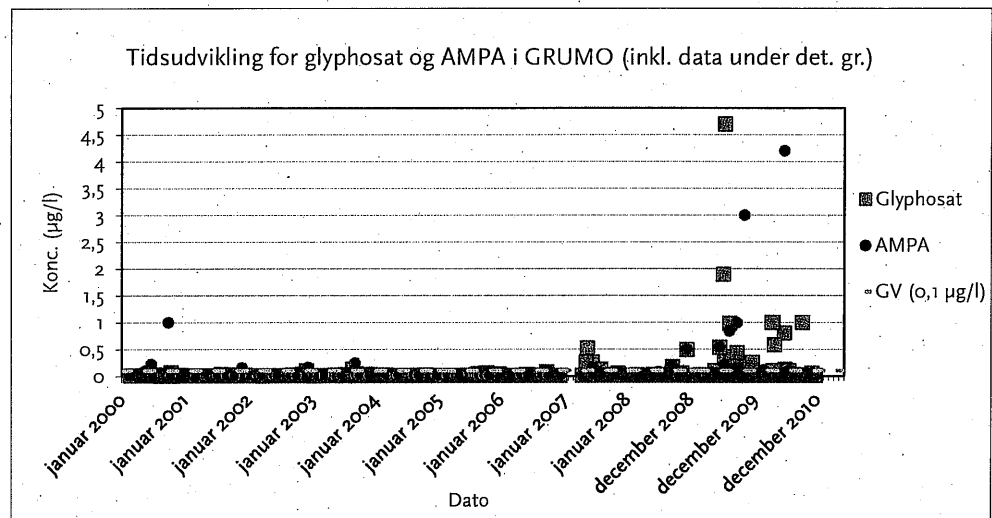
Besigtigelserne blev foretaget af 3 NIRAS miljøteknikere i slutningen af uge 18, 2011, og der blev i forbindelse med opgaven givet en mundtlig instruks samt afleveret et lokaliseringsskema og et spørgeskema om mulige kilder, omgivelser og boringstilstand til brug under besigtigelsen. Der er taget en række fotos i forbindelse med besigtigelserne, og udvalgte billeder er indarbejdet i databladene.

4 Karakterisering af fund

4.1 TEMA - DEN TIDSLIGE UDVIKLING OG SÆSONVARIATION

I Figur 4.1 vises den tidslige udvikling for fund af glyphosat og AMPA i vandprøver fra GRUMO (data under det.gr. er vist med en værdi svarende til detektionsgrænsen). (Samme plot blot med logskala og alene for perioden december 2006 – december 2010 vises i bilag H som Figur H-1 og H-2.)

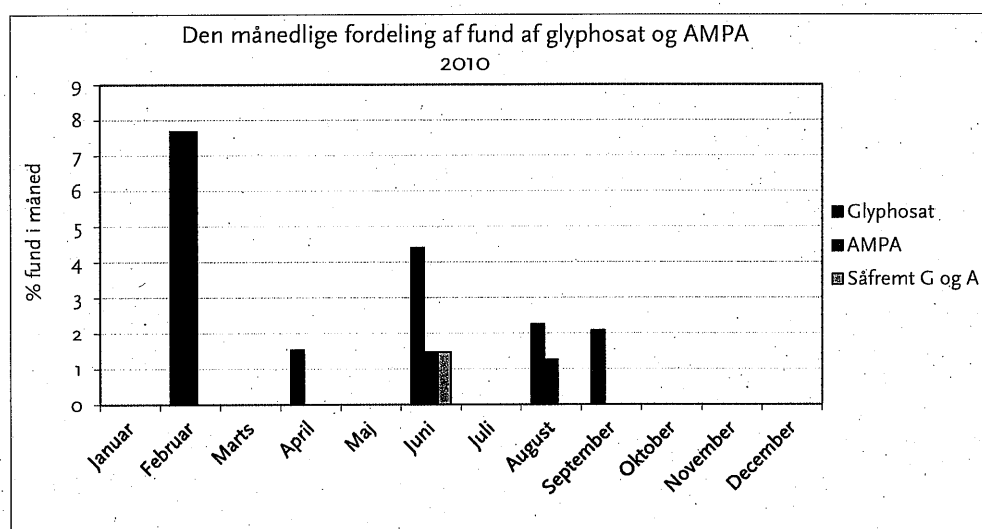
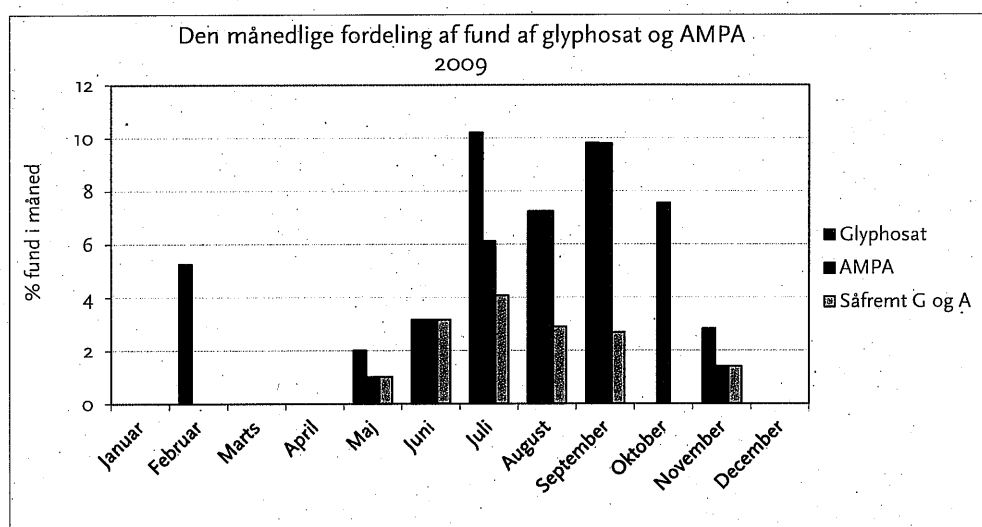
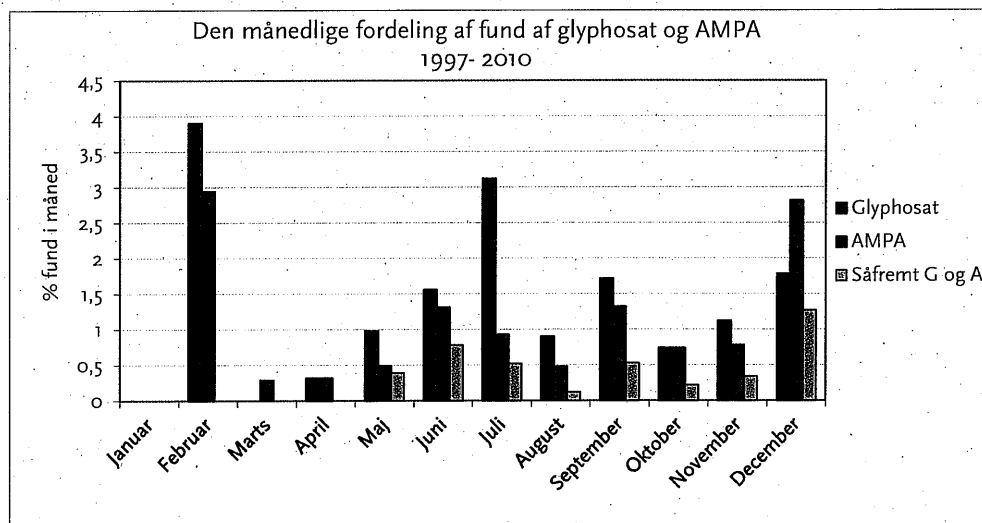
Som det ses af Figur 4.1, er fund af glyphosat og AMPA i vandprøver fra GRUMO hovedsagelig forekommet siden 2007.



FIGUR 4.1 GLYPHOSAT OG AMPA KONC. (µG/L) I GRUMO 2000-2010

I Figur 4.2 vises den månedlige fordeling af % fund af glyphosat og AMPA (samt for fund med både glyphosat og AMPA) i forhold til antal analyser for perioden 1997-2010 og for 2009 og 2010. (Tabellerne H-1, H-2 og H-3 med analyseantal og fund findes i bilag H.)

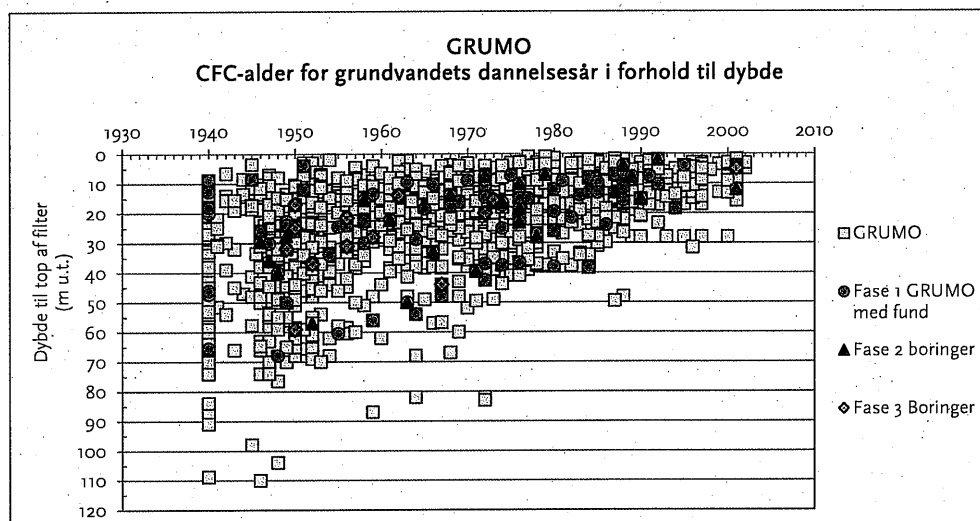
Umiddelbart er der ingen entydig tendens til en sæsonvariation ved fund af glyphosat og AMPA, som kan relateres til sprøjteaktiviteter fra maj til november, når fundene opgøres for hele perioden 1997-2010. Derimod ses i 2009 en tendens til fund af glyphosat og AMPA i sprøjtesæsonen.



FIGUR 4.2 PLOT AF DEN MÅNEDLIGE FORDELING AF FUND AF GLYPHOSAT OG AMPA FOR PERIODEN 1997-2010, SAMT 2009 OG 2010

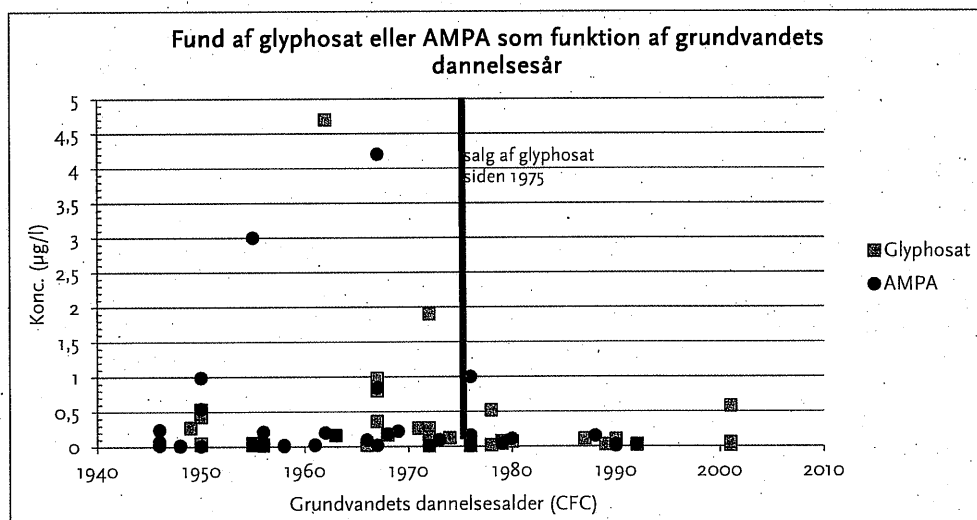
4.2 TEMA – GRUNDVANDSALDER, INDTAGSDYBDE OG GEOLOGI

Umiddelbart forventes fund af glyphosat og AMPA at være knyttet til ungt vand i terrænnære, sekundære magasiner. Der er i perioden 1997 – 2006 foretaget en datering af grundvandets dannelsesår ved hjælp af CFC-metoden, og som det ses af Figur 4.3, er der som forventet en tendens til at især ungt vand findes i de øverste 10 - 20 m, mens der i de dybeste indtag findes ældre grundvand. Figur 4.3 viser også, at de udvalgte boringer, som undersøges nærmere i fase 2 og 3, omfatter grundvand med dannelsesår, som rækker fra 1945 – 2000.



FIGUR 4.3 GRUMO BORINGER MED FUND AF GLYPHOSAT OG AMPA. DE UDVALGTE BORINGER I FASE 2 OG 3 OMFAFTER GRUNDVAND MED FORSKELLIGE DANNELSESÅR (DER ER IKKE KORRIGERET FOR AT CFC ANALYSERNE ER UDFØRT PÅ FORSKELLIGE TIDSPUNKTER FRA 1998 - 2006)

Figur 4.4 viser, at grundvandet i flere af boringerne med høje fund af enten glyphosat eller AMPA vurderes dannet før 1975 (salg af glyphosat begyndt i 1975). På trods af CFC-datering kan der være tale om blandingsvand i boringsindtag, men de fund af glyphosat og AMPA i indtag med ældre grundvand kan indikere at der tale om tekniske fejlkilder.

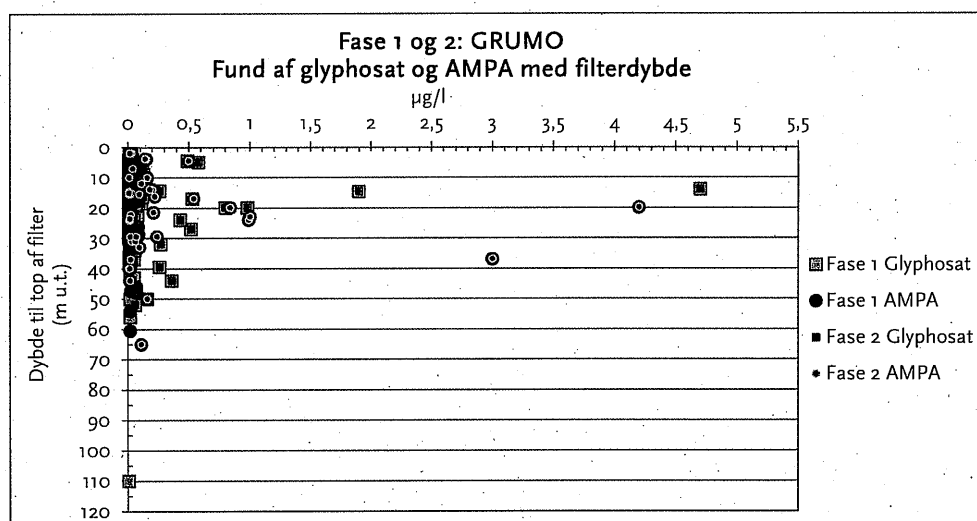


FIGUR 4.4 GRUNDVANDSALDER OG FUND AF GLYPHOSAT OG AMPA

Som det ses af Figur 4.4, er de fleste fund (60%) af glyphosat gjort i boreriger og indtag med grundvandsdannelse fra før 1975. Vandet i grundvandsmagasinet kan være en blanding af ung nedsivning og gammelt vand, dvs. at CFC alderen er et gennemsnit af denne opblanding. De høje aldre i Figur 4.4, hvor flere fund er ældre end introduktionen af glyphosat (1975), kan skyldes, at ungt glyphosatholdigt vand er blevet blandet med gammelt glyphosatfrit vand, hvorved der er sket fortynding af det unge vands glyphosat-koncentration, som derved optræder med lavere koncentration end de kilde-koncentrationer, der har været årsag til nedsivningen. Alternativt kan der være sket lækage langs boringen, hvilket vil have samme effekt på alder og koncentration. Mange GRUMO boreriger har lange filtre på mere end 1 m (ca. 27%), hvorved det kan trække vand fra flere lag.

Umiddelbart understøtter vurderingen af grundvandsalderen ikke teorien om, at grundvandsmagasinerne er ved at blive forurennet.

I Figur 4.5 er koncentrationen af glyphosat og AMPA i grundvandsprøver plottet ind i forhold til dybden til toppen af indtag for alle fund (fase 1). I Figur 4.5 er de 33 fase 2-boreriger, som er udvalgt blandt de 111 fase 1-boreriger, vist med en anden signatur.

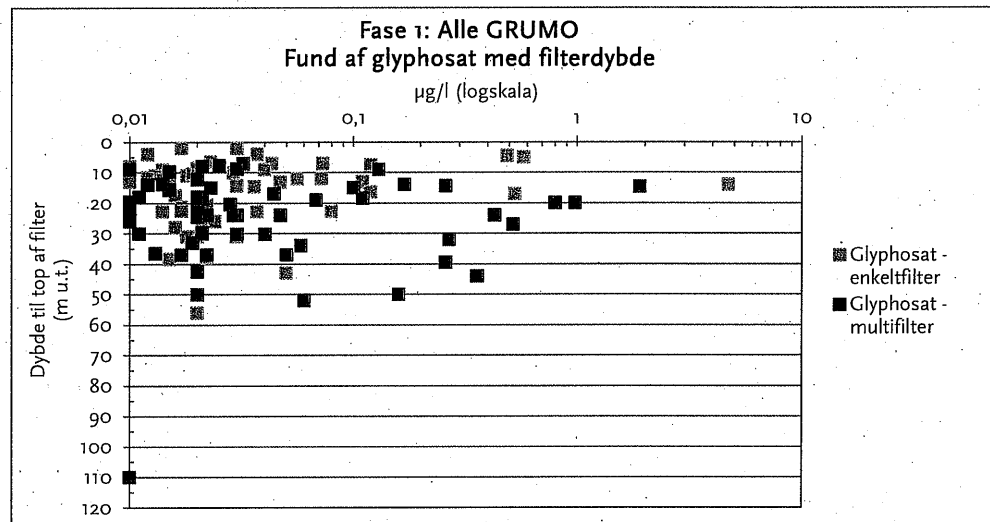


FIGUR 4.5 OVERSICHT OVER FUND AF GLYPHOSAT OG AMPA I FORHOLD TIL TOPPEN AF INDTAG OG DE UDVALGTE BORINGER

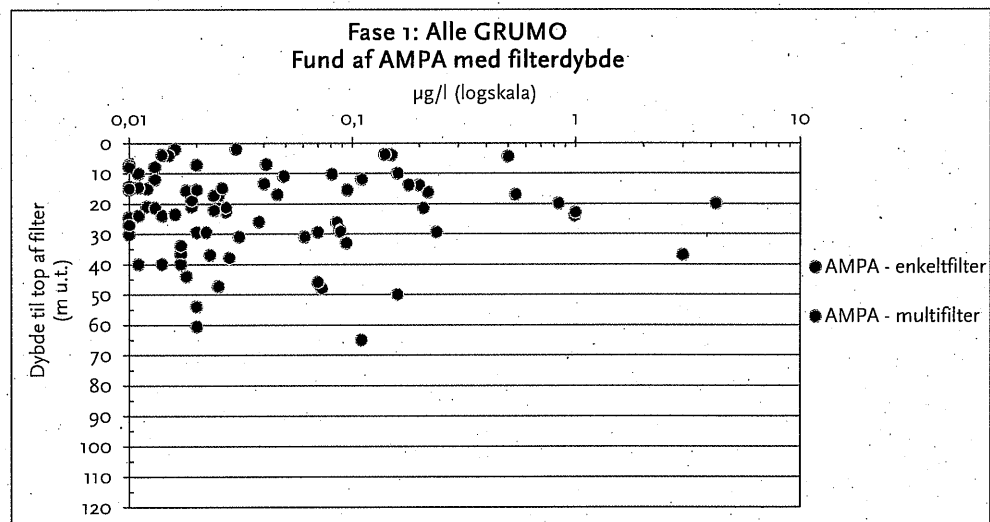
Som det ses af Figur 4.5, er glyphosat og AMPA fundet i relativt dybe indtag, og dermed er det interessant at se, om det især er boreriger med flere indtag (og dermed med øget risiko for utæthed), som er påvirkede.

I Figur 4.6 og Figur 4.7 er koncentrationen i grundvandsprøverne plottet ind i forhold til dybden til toppen af indtaget opdelt på enkeltfiltre (ét indtag) og multifiltre (flere indtag) for henholdsvis glyphosat og AMPA. Som det ses af figurerne, er der fund i indtag i alle dybder og i boreriger med både multi- og enkeltfiltre. Der er eventuelt en tendens til højere koncentrationer i indtag med multifiltre i større dybder. Dette kan måske støtte en formodning om lækagestrømning mellem filtre i multifilterboringerne, men kan også skyldes, at der er flere multifiltre end enkeltfiltre i disse dybder, jf. Tabel 3.3. Ved mange fund af glyphosat og AMPA i multifiltre i større dybder er der ingen fund i de mere terrænnære filtre eller tegn på anden påvirkning (f.eks. nitrat

eller andre pesticider), som kan indikere lækage langs borerørerne, jf. oversigt over fund i indtag i fase 2-boringer i bilag F.



FIGUR 4.6 VURDERING AF EVT. BETYDNING AF BØRINGER MED MULTIFILTER – GLYPHOSAT (BEMÆRK LOGSKALA FOR KONC.)



FIGUR 4.7 VURDERING AF EVT. BETYDNING AF BØRINGER MED MULTIFILTER – AMPA (BEMÆRK LOGSKALA FOR KONC.)

Med henblik på vurdering af betydningen af geologien er hvert indtag med fund klassificeret i henhold til 4 geologiske hovedtyper baseret på beskrivelse i (Miljøstyrelsen, 2002) og gengivet i bilag F. Opdelingen i de forskellige geologiske hovedtyper fremgår af Tabel 4.1.

Geologisk hovedtype	Antal indtag
1: Sandmagasin uden dæklag, med indvinding fra forskellige dybder	35 (27%)
2: Sandmagasin overlejret af moræneler (formentligt opsprækket) med forskellig lagtykkelse	57 (44%)
4: Kalkmagasin overlejret af moræneler (formentligt opsprækket) med forskellig lagtykkelse	21 (16%)
5: Et sekundært og primært sandmagasin adskilt af 10 m ler uden sprækker	4 (3%)
Ukendt	12 (9%)
I alt	129 (100%)

TABEL 4.1 OPDELING I GEOLOGISK HOVEDTYPE FOR ALLE BORINGER MED FUND

Flerede af de fase 2- og 3-boringer med fund forekommer i grundvand under moræneler, jf. Tabel 4.2. De resterende boringer er i magasiner uden dæklag, f.eks. sandmagasiner eller geologien er ukendt

	Antal boringer med moræneler dæklag
Fase 2 boringer (33 stk.)	23
Fase 3 boringer (10 stk.)	7

TABEL 4.2 OPGØRELSE OVER ANTAL AF FASE 2- OG 3-BORINGER, HVOR FUNDENE ER GJORT I GRUNDVAND UNDER MORÆNELER.

I Tabel 4.3, Tabel 4.4 og Tabel 4.5 er antallet af fund af henholdsvis glyphosat og AMPA opdelt i forhold til dybde, geologien i indtag og dæklag af moræneler. Fundene er opdelt i perioderne 1997-2006, 2006-2010 dog 2009 undtaget, og for 2009 alene.

Tabellerne illustrerer blandt andet, at der er fund af glyphosat og AMPA under geologiske forhold, hvor grundvand ikke forventes påvirket, f.eks. i sandmagasiner og i dybere magasiner, og at der sammenlignet med andre år ikke er forskel i fordelingen af fund i de analyserede indtag i 2009.

Overkant af indtag (mu.t.)		Indtag i frit sandmagasin Type 1	Indtag i sandmagasin under moræner Type 2	Indtag i kalk under moræner Type 4	Indtag under ikke terrænnær moræner Type 5	Ukendt geologi	Antal analyserede indtag	Indtag med fund (% af analyserede indtag)
0-5	G	1					99	1 (1%)
	A	1					99	1 (1%)
5-10	G	3	6	1		2	165	11 (6,6%)
	A	0	3	2			165	4 (2,4%)
10-20	G	4	6	4			405	13 (3,2%)
	A	2	7	3			405	9 (2,2%)
>20	G	1	9	6	2	5	598	15 (2,5%)
	A	6	11	4	1	2	598	15 (2,5%)

TABEL 4.3 OVERSIGT OVER FUND AF GLYPHOSAT (G) OG AMPA (A) I PERIODEN 1997-2006 I FORHOLD TIL GEOLOGI OG DYBDE

Overkant af indtag (mu.t.)		Indtag i frit sandmagasin Type 1	Indtag i sandmagasin under moræner Type 2	Indtag i kalk under moræner Type 4	Indtag under ikke terrænnær moræner Type 5	Ukendt geologi	Antal analyserede indtag	Indtag med fund (% af analyserede indtag)
0-5	G	2	2			1	100	4 (4%)
	A		3			1	100	4 (4%)
5-10	G	3	2				145	5 (3,5%)
	A		1				145	1 (0,7%)
10-20	G	1	4	2	1	1	327	9 (2,8%)
	A			1	1	1	327	3 (0,9%)
>20	G	3	6	4		1	377	13 (3,5%)
	A		3	3			377	6 (1,6%)

TABEL 4.4 OVERSIGT OVER FUND AF GLYPHOSAT (G) OG AMPA (A) I PERIODEN 2007-2010 UDEN 2009 I FORHOLD TIL GEOLOGI OG DYBDE

Overkant af indtag (mu.t.)		Indtag i frit sandmagasin Type 1	Indtag i sandmagasin under moræner Type 2	Indtag i kalk under moræner Type 4	Indtag under ikke terrænnær moræner Type 5	Ukendt geologi	Antal analyserede indtag	Indtag med fund (% af analyserede indtag)
0-5	G						65	0 (0,0%)
	A		1				65	1 (1,5%)
5-10	G		2				108	2 (1,9%)
	A		1				108	1 (0,93%)
10-20	G	4	4	3		2	238	13 (5,5%)
	A	1	4	1		3	238	9 (3,8%)
>20	G	3	5	4		1	227	13 (5,7%)
	A	5	8	1		1	227	15 (6,6%)

TABEL 4.5 OVERSIGT OVER FUND AF GLYPHOSAT (G) OG AMPA (A) I 2009 I FORHOLD TIL GEOLOGI OG DYBDE.

4.3 TEMA – BORINGSKONSTRUKTION

GRUMO borerne er indrettet med forerør og en lerspærre (bentonitpakning) over filtret (indtag), som skal sikre mod utætheder langs forerøret. Forerøret er i terræn beskyttet med en installationsbrønd (tørbrønd) af enten beton eller metal, og toppen er hævet over terræn med mere end 30-50 cm. Borerne er aflåst med hængelås.

I installationsbrønden er der en åbning ned til filtret via pejlestuds eller aftagsslange, og en hætte monteret på disse studser. I GRUMO borerne er der typisk en klar afmærkning af filterindtaget i boringen i form af et identifikationskort.

Ved besigtigelserne er der ingen observationer af utætheder eller tegn på indsvimning ind i de 10 installationer. Det blev observeret, at brønddæksler ikke var helt tætsiddende på alle de 10 installationsbrønde, og dermed var der en vis risiko for indtrængning af luft og små insekter. Desuden var der ikke propper på alle studser (vandudtag) i 7 af de 10 besigtigede borer, jf. bilag E.

Umiddelbart vil der forventes lignende forhold på mange GRUMO borerne, men disse observationer kan ikke sættes i relation til fund af glyphosat eller AMPA.

Såfremt en evt. utæthed langs forerøret i en boring medfører isolerede høje pesticidkoncentrationer i grundvandsprøver, kan dette ikke nødvendigvis

dokumenteres ved udførelse af flere målerunder (tidsserier), men kun ved at boringen undersøges med borelogs, videokamera, m.v. Ud over utætte rørsamlingen kan overfladevand og/eller vand fra et andet magasin løbe ned langs ydersiden af forerøret, den såkaldte skorstenseffekt. Disse problemer er velkendte og beskrevet i flere rapporter (GEUS, 2002a, GEUS, 2002b og GEUS, 2004). I 2001 blev der foretaget en evaluering af mange GRUMO boringers egnethed som overvågningsboringer, og evt. defekte boringer blev enten sløjftet eller repareret (GEUS, 2002a og GEUS, 2002b). Oplysninger om vurdering og evt. reparationer i 2001/2002 er medtaget (i datablade i bilag E) for de pågældende boringer. I Bastrup og Vesterby, 2002 er der ud fra eksisterende viden udarbejdet en generel beskrivelse og vurdering af mulige risici for konstruktionsbetingede pesticidforureninger af danske vandforsyningsboringer. Herudover er betydningen af transporten af BAM-forureningen via boringskonstruktionerne vurderet ud fra undersøgelser af BAM-forurenede boringer.

4.4 TEMA - BORINGSPLACERING I OPLAND

Hovedparten af boringerne i GRUMO programmet bruges ikke til vandindvinding, og de individuelle indtag i en boring kan opdeles i følgende monitoreringstyper (Brüsch, 2007):

- | | |
|----------------------------|---|
| Punktmoniterende indtag: | Filter i et øvre sekundært grundvandsmagasin med en nedadgående strømning, som i princippet viser forurening fra det umiddelbart overliggende areal på terrænoverfladen. |
| Liniemoniterende indtag: | Flere filtre placeret i forhold til overvejende horisontal strømning i et hovedgrundvandsmagasin. |
| Volumenmoniterende indtag: | Filter, der overvåger grundvandskvaliteten i forhold til alle kilder i oplandet, dvs. fra det samlede grundvandsdannende opland, og hvor grundvand anvendes til drikkevand. |

Umiddelbart forventes fund af glyphosat og AMPA især i de punktmoniterede indtag under potentielle kilder, og i de liniemoniterede indtag nedstrøms for evt. punktkilder eller områder, hvor glyphosat er anvendt og nedsivet igennem "geologiske vinduer". Der forventes ikke høje koncentrationsniveauer for glyphosat og AMPA i de relativt få volumenmoniterede indtag, idet der i disse indtag vil ske fortynding af en evt. pesticidpåvirkning.

	Volumen- moniterede	Linie- moniterede	Punkt- moniterede	Andet/uken dt
Antal GRUMO indtag	80	808	451	61
Fund af glyphosat (G) (i alt 111)	6 (5%)	74 (67%)	28 (25%)	3 (3%)
Mak. konc. Glyphosat (µg/l)	0,43	4,70	0,53	0,49
Gns. glyphosat (µg/l)	0,10	0,17	0,05	0,18
Fund af AMPA (A) (i alt 83)	6 (7%)	54 (65%)	19 (23%)	4 (5%)
Mak. konc. AMPA (µg/l)	0,99	4,20	1,00	0,50
Gns. AMPA (µg/l)	0,20	0,20	0,12	0,17
Fund af G og A (i alt 35)	4 (11%)	23 (66%)	7 (20%)	1 (3%)
Mak. konc. G/A (µg/l)	0,43/0,99	4,7/4,2	0,53/1	0,49/0,5
Gns. G/A (µg/l)	0,13/0,26	0,42/0,40	0,10/0,24	0,49/0,5

TABEL 4.6 FORDELING AF FUND AF GLYPHOSAT OG AMPA I PERIODEN 1997 – 2010 I HENHOLD TIL MONITERINGSTYPER

Som ses af Tabel 4.6, findes fund af glyphosat og AMPA hovedsagelig i de liniemoniterede indtag, hvor der desuden ses de højeste indhold.

4.5 TEMA – PRØVETAGNINGSFORHOLD

Vandprøver fra GRUMO borerer udtages af uddannede miljøteknikere eller geologer med lang erfaring fra Naturstyrelsen (NST). Kun NST-ansatte prøvetager GRUMO-borerer. Flere har deltaget i et 3-dages prøvetagningskursus, eller er oplært af tidligere prøvetagere. Der afholdes interkalibreringer, der sikrer, at prøvetagningen foregår rigtigt og ensartet, og der er tidligere (under amterne) afholdt ERFA møde med fokus på kvalitetssikring af data, herunder prøvetagning.

Vandprøverne udtages i henhold til GEUS' tekniske anvisning for "Grundvandsovervågning" (GEUS 2004), som pt. er under revision. Anvisningen omhandler blandt andet forhold og krav omkring forpumpning og online feltmålinger. I anvisningen er der ingen eksplicitte krav om, at man ikke må prøvetage ved samtidig pesticidudbringelse i et område, men problemstilling har flere gange været omtalt på fagmøder.

I anvisningen anbefales, at det tilstræbes, at prøvetagning for det enkelte indtag udføres på samme tidspunkt på året. Ved 2 årlige prøvetagninger placeres første prøvetagning fortrinsvis i perioden fra 1. marts til 1. juni og anden prøvetagning i perioden fra 15. august til 15. november. Dette betyder, at der mangler tidsserier, som kan belyse evt. sæsonvariation eller dokumentere, at der i løbet af året kan forekomme flere "øjeblikstilfælde" med en isoleret høj værdi.

GRUMO borerer er ofte placeret i det åbne land tæt på mark, idet formålet er at monitere påvirkningen af grundvandet fra blandt andet landbrug. Der er ingen beskyttelseskrav til området omkring GRUMO borerer, og det kan forekomme, at der sprøjtes i nærområdet, mens der prøvetages.

Såfremt der gøres observationer i felten, som eksempelvis afbrænding eller sprøjtning i nærområdet eller der kan lugtes pesticider, kan dette noteres i

bemærkningsfeltet på prøvetagningsskemaet. I et konkret tilfælde er det konstateret at pesticider er anvendt til renholdelse omkring én boring, og der er taget kontakt til grundejeren med besked om at undlade at sprøjte omkring boringen.

Feltskemaet opbevares hos Naturstyrelsens enheder. Oplysninger, der kan indlæses i Jupiter databasen sammen med analyseresultater, videresendes til laboratoriet, som indsender de samlede data til GEUS. De foreløbige resultater godkendes af Naturstyrelsens enhed, oftest af prøvetageren selv. Såfremt resultaterne kan sammenkædes med observationer i felten eller af andre grunde vurderes at være utroværdigt, er det muligt i databasen at mærke prøven som "forkastet". Prøveresultatet slettes ikke.

Ved indberetningen til laboratoriet kan der noteres, hvilke observationer, der er gjort i felten, eksempelvis vedr. sprøjtning i nærområder, men dette vil sandsynligvis ske yderst sjældent.

Der prøvetages ofte med MP1-, AP1- og montejustumper til hhv. højt- og lavtydende boringer. De fleste GRUMO boringer er udstyret med fastmonterede pumper, men der medbringes en mobil pumpe, som kan anvendes i tilfælde af, at den fastmonterede pumpe er i stykker. Typisk vil den fastmonterede pumpe være enten en dykpumpe eller en montejustumpe. En montejustumpe er en drivmiddelpumpe (f.eks. kvælstof), der består af 2 i hinanden anbragte rør med en kontraventil i bunden af det ydre rør. Drivgas tilføres rummet (pumpekammeret) mellem de 2 rør, og vandet drives op igennem det indre rør (stigrøret).

Der findes dog visse boringer uden fastmonteret pumpe, og genbrug af pumper og slanger kan forekomme. Prøvetagningsslanger leveres i gastætte poser og der anvendes rengjorte eller nye flasker som leveres af laboratoriet.

I forbindelse med prøvetagning foretages en forpumpning af boringen, og det oppumpede vand måles herefter for en række feltparametre med online udstyr. Der foretages dokumentation for forpumpning og for at vandkvaliteten er stabil, før der udtages vandprøver. Vandprøver til pesticidanalyser filtreres ikke. Når feltmålingerne er stabile neddrøles pumpen, så risikoen for at få rester af anulusvand med i prøven mindskes. Typisk tager det 1 til 3 timer at prøvetage en boring.

Det kan ikke afvises, at prøvetagning kan have været udført, mens der er foregået sprøjtning i området. Det kan ikke udelukkes, at der er risiko for kontaminering af udstyr og slanger mm., såfremt der prøvetages fra en boring, hvorover der er sprøjtet med pesticider.

4.6 TEMA – FUND AF PESTICIDER OG GRUNDVANDSKEMI

I Tabel 4.7 - Tabel 4.11 er analyseantal, antal fund, fundprocenten og den maksimale værdi ($\mu\text{g/l}$) vist for glyphosat, AMPA, fund med både glyphosat og AMPA, BAM (nedbrydningsprodukt for dichlobenil nu udgået og den meste almindeligt forekommende pesticidrest i vandprøver fra GRUMO) og for sum af 26 pesticider, inkl. glyphosat, AMPA og BAM. Herudover vises den procentmæssige overskridelse af grænseværdien for grundvand (GV) for individuelle pesticider på $0,1 \mu\text{g/l}$ og sum af pesticider på $0,5 \mu\text{g/l}$ (Miljøministeriet, 2007 og Miljøstyrelsen 2010b).

I Figur 4.8 er fundprocenten i perioden fra 2005 frem til 2010 illustreret.

Periode	Antal analyser	Antal fund	Glyphosat			Max. (µg/l)
			% fund	Antal fund over GV	% fund over GV	
1997-2004	4.823	31	0,64	1	0,02	0,13
2005-2010	4.318	80	1,85	19	0,44	4,70
2005	792	12	1,52	0	0,00	0,06
2006	775	7	0,90	0	0,00	0,07
2007	835	15	1,80	5	0,60	0,52
2008	740	10	1,35	2	0,27	0,49
2009	661	28	4,24	9	1,36	4,70
2010	515	8	1,55	3	0,58	0,80

TABEL 4.7 OVERSIGT OVER STATISTIK FOR FUND AF GLYPHOSAT I PERIODEN 1997 – 2010

Periode	Antal analyser	Antal fund	AMPA			Max. (µg/l)
			% fund	Antal fund over GV	% fund over GV	
1997-2004	4.823	36	0,75	6	0,12	1,00
2005-2010	4.318	47	1,09	12	0,28	4,20
2005	792	3	0,38	0	0,00	0,05
2006	775	4	0,52	0	0,00	0,03
2007	835	3	0,36	1	0,12	0,16
2008	740	8	1,08	2	0,27	0,50
2009	661	26	3,93	7	1,06	3,00
2010	515	3	0,58	2	0,39	4,20

TABEL 4.8 OVERSIGT OVER STATISTIK FOR FUND AF AMPA I PERIODEN 1997 – 2010

Periode	Antal analyser	Antal fund	Såfremt både G og A til stede			Max. G/A (µg/l)
			% fund	Antal fund over GV	% fund over GV	
1997-2004	4.823	10	0,21	1	0,02	0,08/1,0
2005-2010	4.318	25	0,58	12	0,28	4,7/0,2
2005	792	3	0,38	0	0,00	0,058 /0,017
2006	775	2	0,26	0	0,00	0,03/0,01
2007	835	2	0,24	1	0,12	0,16/0,16
2008	740	6	0,81	2	0,27	0,49/0,5
2009	661	11	1,66	8	1,21	4,7/0,2
2010	515	1	0,19	1	0,19	0,8/4,2

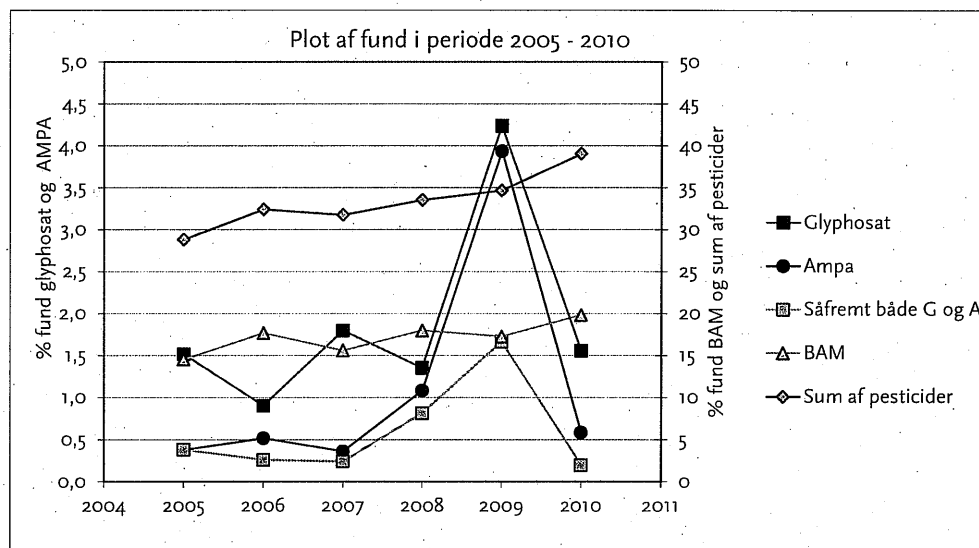
TABEL 4.9 OVERSIGT OVER STATISTIK FOR FUND HVOR BÅDE GLYPHOSAT OG AMPA ER TIL STEDE I PERIODEN 1997 – 2010

Periode	Antal analyser	Antal fund	BAM			
			% fund	Antal fund over GV	% fund over GV	Max. (µg/l)
1997-2004	4.620	680	14,72	214	4,63	3,80
2005-2010	4.317	731	16,93	132	5,54	3,50
2005	792	115	14,52	41	5,18	2,50
2006	775	137	17,68	42	5,42	1,70
2007	834	130	15,59	47	5,64	3,50
2008	740	133	17,97	41	5,55	0,99
2009	661	114	17,25	33	4,99	1,00
2010	515	102	19,81	35	6,80	0,80

TABEL 4.10 OVERSICHT OVER STATISTIK FOR FUND AF BAM I PERIODEN 1997 – 2010

Periode	Antal analyser	Antal fund	Sum af pesticider			
			% fund	Antal fund over GV	% fund over GV	Max. (µg/l)
1997-2004	4.823	1171	24,35	128	2,66	18,57
2005-2010	4.318	1422	32,93	239	3,06	6,81
2005	792	228	28,79	24	3,03	6,81
2006	775	251	32,39	24	3,10	4,02
2007	835	265	31,74	22	2,63	5,79
2008	740	248	33,51	17	2,30	4,73
2009	661	229	34,64	24	3,63	5,26
2010	515	201	39,03	21	4,08	5,71

TABEL 4.11 OVERSICHT OVER STATISTIK FOR FUND AF SUM AF PESTICIDER I PERIODEN 1997 – 2010



FIGUR 4.8 PLOT AF FUND AF GLYPHOSAT, AMPA, FUND MED BÅDE G OG A, BAM OG SUM AF PESTICIDER I PERIODEN 1997-2010

Figur 4.8 illustrerer, at der for glyphosat og AMPA og for fund med både glyphosat og AMPA ses et tydeligt forhøjet fund i 2009, mens der for BAM og sum af pesticider ses en svag stigning i fundfrekvens og hyppighed af

overskridelser af grænseværdien for grundvand frem til 2010 (jf. Tabel 4.7 - Tabel 4.11).

En nærmere vurdering af fund af glyphosat eller AMPA eller begge stof i 2009 i forhold til resultaterne fra 2010 viser, at mange boringer med fund i 2009 ikke er blevet genanalyseret i 2010. jf. Tabel 4.12.

	Glyphosat	AMPA	Med både glyphosat og AMPA
Antal fund i 2009	28	26	11
Heraf antal 2009 fund, der er bekræftet i 2010	2	1	1
Heraf antal 2009 fund under det. gr. i 2010	13	8	3
Heraf antal 2009 fund ikke genanalyseret i 2010	13	17	7
Antal fund i 2010	8	3	1
Heraf antal som bekræfter tidligere fund	2	1	1
Heraf fund i boringer, hvor der tidligere ikke er fund	5	1	0
Heraf fund i boringer ikke tidligere analyseret	1	1	

TABEL 4.12 VURDERING AF GENFINDING AF 2009 FUND I 2010

Ifølge Tabel 4.12 er kun nogle få af de genanalyserede fund fra 2009 bekræftet ved analyse i 2010 (13% for glyphosat og 11% for AMPA). Herudover er flere fund fra 2009 (46% for glyphosat og 65% for AMPA) hvor der ikke er udtaget og analyseret vandprøver i 2010, og antallet af fund i 2010 kan potentielt være højere, såfremt disse vandprøver fra boringer med fund i 2009 var blevet genanalyseret i 2010.

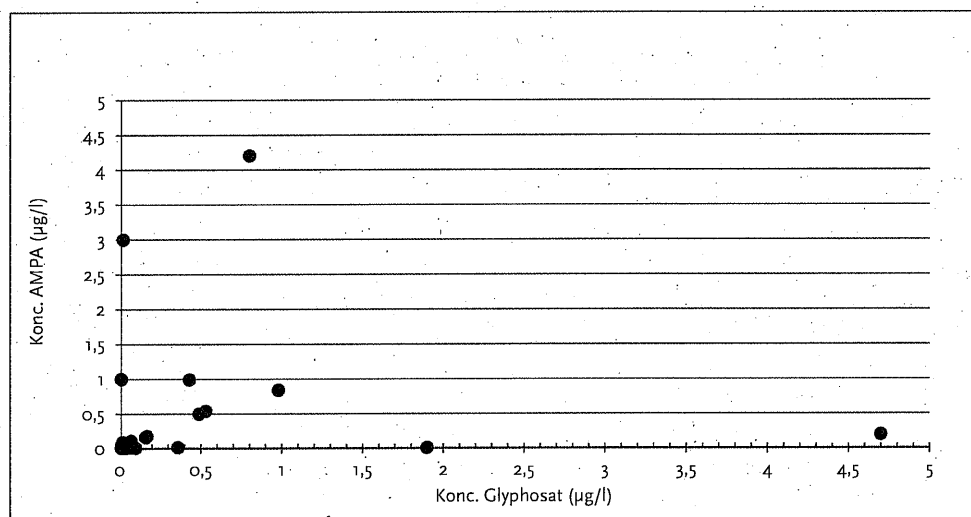
Af de 28 fund af glyphosat i vandprøver i 2009 er kun 15 prøver blevet genanalyseret i 2010, og kun 2 af disse fund (13%) er bekræftet, dog formentlig ved den gl. analysemetode fra før juli 2010 (de to bekræftende analyser er udtaget henholdsvis d. 23. februar 2010 og den 24. juni 2010 og anvendelse af den gl. analysemetode er derfor antaget for begge vandprøver). Ved de resterende 13 analyser er glyphosatindholdet under detektionsgrænsen (4 analyser er udført med den gl. metode fra før juli 2010 og 9 med den ny metode).

Af de 26 fund af AMPA i vandprøver i 2009 er kun 9 prøver blevet genanalyseret i 2010, og kun ét af disse fund er bekræftet (11%), dog formentlig ved den gl. analysemetode fra før juli 2010 (den bekræftende analyse er udtaget den 24. juni 2010 og anvendelse af den gl. analysemetode er dermed antaget). Ved de andre 8 analyser er AMPA indholdet under detektionsgrænsen (2 analyser er udført med den gl. metode fra før juli 2010 og 6 med den ny metode).

Der er ikke fundet korrelation mellem fund af glyphosat og fund af AMPA, jf. Figur 4.9. Hyppighederne for fund af glyphosat og AMPA er henholdsvis 1,2% og 0,9% for perioden 1997-2010, i 2009 dog 4,2% og 3,9%, (jf. Tabel 4.7 - Tabel 4.11) og der er mange analyser hvor der kun findes enten glyphosat eller AMPA, men ikke begge stoffer.

For de 35 analyser med fund af både glyphosat og AMPA (i alt 0,4% af analyserne) er AMPA indholdet i 63% af fundene mere end halvt så store som glyphosatindholdet. Mere end 40% af AMPA fundene har et højere indhold af AMPA end glyphosat. Altså er der ingen tendens til at AMPA indholdet

skyldes urenheder i produktet (typisk vil AMPA udgøre nogle få % i produkterne). Lignende forhold på henholdsvis 73 % og 55% gælder for fund af glyphosat og AMPA i 2009.



FIGUR 4.9 SCATTERPLOT AF FUND AF GLYPHOSAT OG AMPA

Der er foretaget vurdering af korrelationen mellem fund af glyphosat eller AMPA med øvrige pesticider samt andre parametre som fosfat, nitrat, sulfat, ledningsevne, pH, redoxpotentiale, organisk kulstof (NVOc) og metaller. Disse figurer er vist i bilag H.

Generelt er der ikke fundet korrelation mellem fund af glyphosat eller AMPA med andre parametre. Se bilag H.

I en række af de terrænnære indtag er der fundet lave indhold af andre udfasede pesticider, som typisk ses i forbindelse med punktkilder. Der er typisk tale om lave indhold af BAM (nedbrydningsprodukt af dichlobenil), metribuzin og dets nedbrydningsprodukter, triaziner og nedbrydningsprodukter af atrazin. Herudover findes lave indhold af godkendte pesticider som dichlorprop og mechlorprop (phenoxyr) og bentazon samt nedbrydningsprodukter af phenoxyr (2,6-DCPP) i vandprøver fra en række indtag, jf. Tabel 4.13.

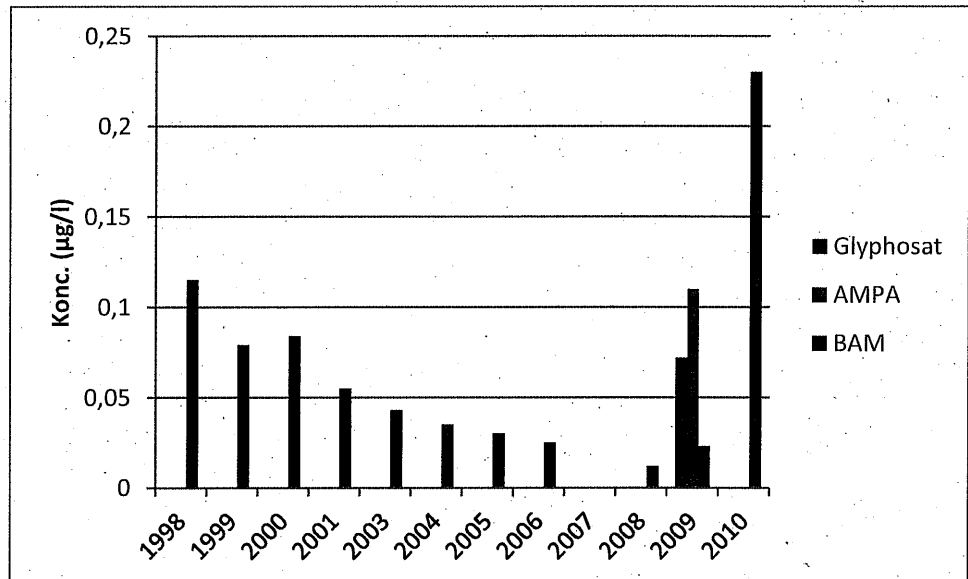
Parameter	Antal fund / analyser (blandt de 33 fase 2 boringer i perioden 1997-2010)
BAM (nedbrydningsprodukt af Dichlobenil)	81 / 558
Atrazin	2 / 558
Atrazin, desethyl (nedbrydningsprodukt)	38 / 558
Atrazin, desisopropyl (nedbrydningsprodukt)	9 / 525
Metribuzin	5 / 557
Metribuz-desamino-diketo (nedbrydningsprodukt)	11 / 262
Dichlorprop	46 / 558
Mechlorprop	36 / 558
2,6-DCPP (nedbrydningsprodukt af phenoxyryrer)	17 / 265
Bentazon	17 / 558

TABEL 4.13 PUNKTKILDEPESTICIDER FUNDET I VANDPRØVER FRA FASE 2-BORINGER

Flere af de pesticider nævnte i Tabel 4.13 herunder dichlobenil (moderstof til BAM), Atrazin og dens nedbrydningsprodukter samt metribuzin er udgået og har dermed ikke været anvendt på markerne, gård- eller vejarealer i mange år. Fund i grundvandet af disse ældre pesticider skyldes ofte påvirkning fra punktkilder opstrøms for boringen.

Ved punktkilder, såsom landbrugsejendomme, maskinstationer, vaskepladser, gartnerier, mergelgrave med risiko for deponering af bortskaffede pesticider og decideret oplag af pesticider, kan der typisk findes grundvandsforurening med relativt høje koncentrationer af phenoxyryrer (bl.a. dichlorprop og mechlorprop), isoproturon, bentazon, hexazinon og glyphosat samt AMPA. Endvidere bliver der hyppigt observeret triaziner og BAM, men i lavere koncentrationer (Bay og Rügge, 2007). Årsagen er vurderet at være håndteringen af pesticider på landbrugsejendomme, hvorved der opstår spild, herunder ved vask af sprøjte (inkl. bortskaffelse af restsprøjtevæske). Risikovurderingen i (Bay og Rügge, 2007) indikerer, at pesticidpunktkilder primært udgør en trussel mod små vandforsyninger og vandforsyninger, der er placeret tæt på forureningen, idet der typisk er observeret en begrænset masse i de kortlagte forureningsfaner (Bay og Rügge, 2007).

Ved mange fund af disse punktkildepesticider er der også nitrat til stede i grundvandet. Mens fund af glyphosat eller AMPA ofte er en sporadisk og enkeltstående hændelse er der ved fund af andre pesticider ofte tale om flere fund over mange år, jf. eksempel i Figur 4.10.

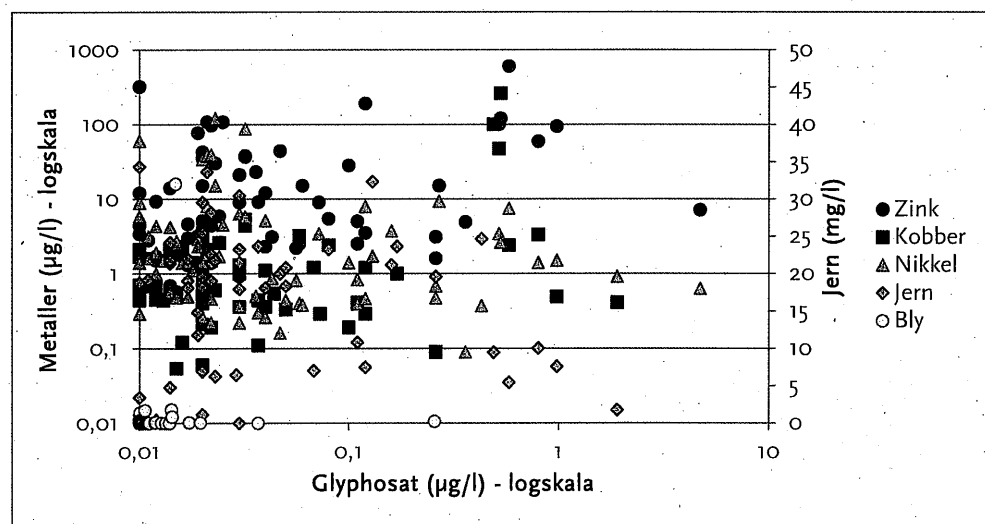


FIGUR 4.10 TYPISK EKSEMPEL PÅ FUND, HVOR GLYPHOSAT OG AMPA OPTRÆDER SOM ENKELTSTÅENDE FUND I EN LANG TIDSSERIE, MENS LEDSGAGENDE PESTICIDER (HER BAM) OPTRÆDER I EN SERIE AF GENTAGELSER (BORING 218.994)

Ved sammenligning af tidsserier for grundvandsparametre for de individuelle indtag i fase 2-boringerne er der ikke set tendenser til forhøjet nitrat eller ledningsevne i vandprøver i forbindelse med de enkeltstående fund af glyphosat eller AMPA. Det er heller ikke set, at de mere terrænnære indtag har højere koncentrationer af glyphosat eller AMPA i forhold til de dybere filtre.

Vedrørende redoxstype for alle indtag blandt fase 2-boringerne vurderes det, at der i ca. 6% af indtag (3 indtag i borerne 30.936 og 123.876) er stærk reducerende forhold (methan- og svovlbrintezone), i 44% af indtag svagt reducerende forhold (jern- og sulfatzone), i 17% af indtag svagt oxideret forhold (nitratzone) og i 33% af indtag stærk oxideret forhold (iltzone). Der er ingen tendens til at fund af glyphosat og AMPA kun findes i indtag med stærk reducerende vandtype.

For et mindre antal glyphosاتفund er der lidt forhøjede indhold af zink og bly, men der er desuden flere vandprøver med højt indhold af disse metaller uden fund af glyphosat, jf. Figur 4.11. De samme forhold gælder for AMPA, jf. bilag H.



I bilag F er flere kemiske parametre angivet for fase 2-boringer og nogle parametrene er desuden gengivet i databladene i bilag E. Der er ikke målt bakteriologiske parametre i GRUMO boringer.

4.7 TEMA – ANALYSETEKNISKE ASPEKTER

I perioden fra 1997-2004 har analyserne for glyphosat og GRUMO typisk været udført ved hjælp af GC/MS teknikker (75%), og kun en mindre andel (18%) ved LC/MS (opgivet som enten LC/MS eller HPLC/MS, hvilket er samme teknik), jf. Tabel 4.14. Efter 2004 er der en skift i analysemetoden fra GC/MS til LC/MS og efter 2007 er næste alle analyserne udført som LC/MS. I 2007 er ca. 9% af analyser udført som LC/MS/MS. Analyserne er udført af forskellige analyselaboratorier i perioden 1997-2010, dog kun af ét laboratorium (90 % af analyser) siden 2007.

	GC/MS	LC/MS HPLC/MS	LC/MS/MS
1997-2004	75%	18%	
2005	51%	49%	
2006	16%	84%	
2007	22%	69%	9%
2008	0%	92%	1%
2009	0%	96%	
2010	0%	100%	

TABEL 4.14 STATISTIK OVER DE ANVENDTE ANALYSEMETODER FOR PERIODEN 1997-2010 (ANALYSEMETODEN ER IKKE ANGIVET FOR ET MINDRE ANTAL ANALYSER, HVORFOR PROCENTANGIVELSE IKKE SVARER TIL 100%.)

I bilag G er der foretaget en detaljeret vurdering af de anvendte analysemetoder.

Siden 2008 har LC/MS været den eneste metode, der har været benyttet til bestemmelse af glyphosat og AMPA i vandprøver fra GRUMO, og 90% af analyserne er udført af det samme analyselaboratorium. LS/MS teknikken er en mere usikker metode end GC/MS eller LC/MS/MS, jf. bilag G.

Siden juli 2010 har analyselaboratoriet anvendt en ny metode (analysekoden er dog uændret), som er en udvidet LC/MS metode med en syre chok behandling. Årsagen til dette var, at der under VAP programmet blev konstateret fald i genfindingen af glyphosat i perioden efter skiftet fra GC-MS til LC-MS. Årsagen til genfindingsproblemet anses at være interferens fra divalente metalioner i visse grundvandsprøver, (Eurofins, 2011). Dette betyder, at glyphosatindholdet kan have været underestimeret i et ukendt antal vandprøver. Fordeling af fund af glyphosat og AMPA på månedsbasis for periode 1997-2010, 2009 og 2010 er vist i Figur 4.2 og i bilag H, tabel H-1 og H-2.

I bilag G er risikoen for falske negative og falske positive fund vurderet. I afsnit 4.6 er det vist, at der for glyphosat og AMPA ses et tydeligt forhøjet fund i 2009 i forhold til 2010 og de foregående år, og at kun nogle få af de genanalyserede fund fra 2009 er bekræftet ved analyse i 2010. Såfremt det

forhøjede fundantal i 2009 skyldes en analysefejl, er der tale om falske positive fund, dvs. en overestimering af indholdet.

Ved analyse af moderstof og nedbrydningsprodukt, som i dette tilfælde glyphosat og AMPA, vil man generelt forvente, at begge stoffer oftest vil forekomme i samme prøve. I GRUMO-prøver analyseret siden 1997 har der været indhold af enten glyphosat eller AMPA i 159 prøver, glyphosat alene i 111 prøver, og indhold af AMPA alene i 83 prøver, og indhold af både glyphosat og AMPA i kun 35 vandprøver. Man kan dog ikke alene på baggrund af disse tal konkludere, at der skulle være tale om falske positive fund.

Tilsvarende kunne man forvente, at der ved en udvaskning af glyphosat og AMPA ville kunne genfindes stof ved gentagne prøvetagninger i samme filter. Af de 94 indtag, hvor der er gjort fund af glyphosat og hvor der er udtaget mere end én prøve, er der kun 13 indtag med genfindning af glyphosat ved flere prøvetagninger. For AMPA er der tale om 63 indtag med fund og genfindning ved flere prøvetagninger i 13 indtag, mens begge stoffer kun er genfundet ved flere prøvetagningsrunde i 6 indtag ud af 28. Da der er flest fund i 2009, er der ikke noget, der indikerer, at glyphosat eller AMPA ikke genfindes i gentagne analyserunder på grund af undervurdering, dvs. falske negativer. Selv om der kun i få tilfælde har været gentagne fund i samme filter, kan det muligvis forklares med pulsvise udvaskninger i forbindelse med specielle nedbørshændelser eller falske positive resultater i 2009.

I 2007, 2008 og 2010 var der glyphosاتفund i henholdsvis 15 af 835 prøver (1,8%), 10 af 740 prøver (1,4%) og 8 af 515 prøver (1,6%), se Tabel 4.7. I 2009 var der fund i 28 prøver ud af 661 prøver (4,2%). Den forhøjede fundfrekvens i 2009 kan ikke henføres til en konkret hændelse, der har medført udvaskning af glyphosat og AMPA, da der er tale om prøver taget på forskellige lokaliteter i forskellig dybde og dermed prøver med forskellig historie og alder, og det kan derfor tolkes som, at der i 2009 ikke i alle tilfælde har været tale om reelle fund, men i et eller andet omfang falske positive resultater.

Tabel 3.2 viser antallet af fund fra 1997 til 2010 opgjort som funktion af dybden. Da der ikke ses et faldende antal fund med dybden, kan det ses som en indikation for, at der i en række tilfælde kan være tale om falske positive fund, da man ville forvente færre fund i det dybereliggende, ældre grundvand end terrænnært yngre grundvand.

Glyphosat og AMPA kan transporteres ned gennem jorden opløst i vandfasen eller bundet til partikulært materiale som kolloider. Når man udtager en prøve til glyphosat- og AMPA-analyse, vil man normalt efter forpumpning af boringen udtage en vandprøve med det indhold af partikulært materiale, der måtte være. Det er vanskeligt at skelne mellem glyphosat og AMPA, der transporteres ned som partikelbundet og som opløst stof, da der hele tiden vil foregå en ligevægtsindstilling mellem vandfase og fast fase. Selv med en meget høj K_d -værdi vil en vandprøve indeholde så lidt partikulært materiale, at bundet glyphosat og AMPA vil frigives til vandfasen. Selv om man både bestemte mængden af bundet og opløst stof i et filter, ville det ikke sige noget om transportformen, da der allerede ville være indtrådt en ny ligevægt mellem jord, partikulært materiale og vandfase, efter at stoffet har bevæget sig ned gennem jorden, og inden prøven blev taget.

4.8 TEMA – AREALANVENDELSE, LANDBRUG OG PUNKTKILDER

Ved en gennemgang af bilag E – datablade for fase 2-boringer er følgende potentielle punktkilder identificeret inden for 0 - 1.000 m fra fase 2-boringerne, jf. Tabel 4.15. Da vurderingen er baseret på ortofotos eller en besigtigelse ved boringen, er udpegningen af mulige punktkilder meget usikker.

Afstand fra boring til	Antal lokaliteter				Ingen /ukendt
	0-10 m	100-500 m	500-1000 m	>1 km	
Gårdsplads	3	8	20		2
Maskinstation				2	31
Vaskeplads		1	1		31
Oplag af kemikalier el. pesticider	1	2			30

TABEL 4.15 AFSTAND TIL POTENTIELLE PUNKTKILDER FOR DE 33 BORINGER (BASERET PÅ BILAG E)

Det fremgår af Tabel 4.16, at arealanvendelsen i nærområdet omkring fase 2-boringer primært vil kunne påvirkes af glyphosat, der er anvendt i landzonen (26 ud af 33 boringer), heraf 7 boringer beliggende direkte på en mark, i hegn på en mark eller tæt på bivej eller markvej. De resterende 6 boringer er beliggende i tæt bymæssig bebyggelse (København) eller i sommerhus/parcelhusbebyggelse.

Areal-anvendelse ved boring	På mark (landzone)	Ved landejendom (landzone)	Ved bivej/markvej i mark/skov (landzone)	Byzone	Sommerhus-/villakvarter/-Landsby (byzone)	Total antal boringer
Antal boring	7	11	17	3	3	33

TABEL 4.16 AREALANVENDELSEN INDENFOR DE NÆRMESTE CIRKA 50 M OMKRING FASE 2 OG 3 BORINGERNE

4.9 TEMA – MULIGE ÅRSAGSSAMMENHÆNGE FOR FASE 3-BORINGER

Af de 10 fase 3-boringer er 5 boringer beliggende tæt på landejendomme og langs mark-, skov- og bivej, 2 boringer ved skovveje, 1 boring ved en markvej, 1 boring i et markskel og 1 boring ved en landsby.

I det følgende er der for de 10 fase 3-boringer opsummeret de forhold som tillægges størst betydning for vurderingen af årsagssammenhængen for fundene i den konkrete boring. Det er fælles for alle 10 boringer, at det der ikke har kunnet udpeges en enkeltstående potentiel årsag til fundene.

Boring 30.936 (Vandet Klitplantage)	
Boring og fund:	Multifilterboring (3 indtag) (CFC 1949-73). Etableret i 1989. Kalkmagasin uden dæklag. 1 fund (2009) over grænseværdien for glyphosat i grundvand i indtag 1 (32 m). 1 fund (2009) over grænseværdien for AMPA i indtag 2 (21,5 m, år). Ingen efterfølgende analyser. Desuden 1 tidligere fund i 2000 af AMPA under GV i indtag 3 (15,5 m, år). Ingen andre pesticider. Ingen nitrat, Fe-reducerende grundvandskemi. Jordart ES (sand).
Arealanvendelse/kilder:	Placering ved skovvej i udkanten af plantage (skov fra 1984 eller ældre). Ingen umiddelbare nærkilder. Statsskov. Skovmyndighed har ikke anvendt pesticider.
Geologi og transport:	Få meter smeltevandssand over Maastricht kalk. Grundvandsstrømning fra syd. Mulighed for sprækkestrømning i Fe-reduceret grundvandsmagasin.
Indikeret årsagssammenhæng:	Ingen kilder i nærområdet. Mulighed for ikke-oplyst pesticidanvendelse i forbindelse med nybeplantning. Teoretisk mulighed for fjerntransport i sprækker i kalk i Fe-reduceret grundvand fra sydvest evt. udenfor kort kan ikke udelukkes. Mulige fejlkilder: analysefejl

Boring 71.483 (Homå, Djursland)	
Boring og fund:	Multifilterboring (2 indtag) (CFC 1955, 1967). Indtag 1 i kalkmagasin, indtag 2 i morænesand med dæklag. Etableret i 1990 og undersøgt i 2002 pga. af mistanke om utætheder, som endnu ikke er afklaret. 2 fund i hhv. november 2008 og november 2009 af både glyphosat og AMPA i indtag 1 (37 m). I 2009 er AMPA fund over grænseværdien. 2 fund af glyphosat og AMPA i indtag 2 i hhv. august 2009 og juni 2010 (20 m). Ingen efterfølgende analyser. Andre pesticider; bl.a. triaziner og bentazon er fundet i lave konc. (fladekilde) i begge indtag indtil 2005. Der er lidt nitrat og ilt i indtag 2, dog ikke efter 2008. Tydelig landbrugspåvirkning. Jordart DS (sand).
Arealanvendelse/kilder:	Lavtliggende placering i skrånende markskel umiddelbart mellem sprøjtede marker. Boring ligger op ad en markvej Tæt på en mark Har været udsat for sprøjtning i 2008.
Geologi og transport:	Over 20 m moræneler og morænesand over Danien kalk. Mulighed for fjerntransport i sprækker i kalk. Ekstremnedbørshændelse ved højeste fund i indtag 2 i 2010.
Indikeret årsagssammenhæng:	Udvaskning fra mark/landbrug indikeret af lille tidsserie af glyphosat og AMPA sammen med lave ledsagende koncentrationer af bl.a. triaziner og bentazon samt nitrat. Mulige fejlkilder: Analysefejl, Høje – meget høje koncentrationer af glyphosat og AMPA sammen med de lave ledsagende pesticidkoncentrationer kan indikere påvirkning ved direkte sprøjtning på boring/lækagestrømning langs boring.

Boring 123.876 (Vorbasse)	
Boring og fund:	Multifilterboring (4 indtag). Etableret i 1989. Indtag 1-3 i kvartssand og indtag 4 i sand. Enkeltstående fund i 2009 af glyphosat (over grænseværdien) og AMPA i indtag 3 (44 m). Ingen efterfølgende analyser. Nedbrydningsprodukt af metribuzin over grænseværdien er fundet i lang tidsserie i vandprøver fra indtag 3, men kun BAM og DEIA i indtag 4 (13,5 m). Nitratindholdet er højt i indtag 2 og 3 og lav i indtag 4.
Arealanvendelse/kilder:	Placering ud til sportsplads. Prop mangler på 2 af filtrene. Jævnt terræn.
Geologi og transport:	1-2 m ML over 25 m diluvialt sand og kvartssand. Mulighed for mobilitet af glyphosat og AMPA i moræneler og kvartssand med generelt lavt jernhydroxid indhold. Grundvandsstrømning mod sydvest under Vorbasse by. Skarp opdeling af strømning og grundvandsmiljø mellem øverste og nedre filtre.
Indikeret årsagssammenhæng:	Landbrugsoprindelse: Højt nitratindhold, ingen BAM, fund af nedbrydningsprodukt af metribuzin (tidligere anvendt på kartoffelmark) og høj mobilitet af glyphosat og AMPA i kvartssandet peger på transport fra landbrugsareal under Vorbasse by. Ingen påvirkning fra nedrivning fra by af BAM til indtag med fund af glyphosat. Men BAM fundet i det øverste indtag. Mulige fejlkilder: Analysefejl. Evt. sprøjtning i nærheden af boring i kombination med manglende propper på afgangsrør kan også være en mulighed, men mindre sandsynlig.

Boring 141.882 (Bakkegården)	
Boring og fund:	Enkeltfilterboring (CFC 1956). Etableret i 1988. Indtag i sand under dæklag. Flere fund af glyphosat og AMPA under grænseværdien i 1999, 2008 og 2009 i indtag 1 (31 m). Ingen efterfølgende analyser. Enkelt fund af dichlobenil (0,03 µg/l) i 1998. Ingen nitrat, og lavt iltindhold (0,5-0,9 mg/l). Suselyd fra boring indtil 1996.
Arealanvendelse/kilder:	Højtliggende placering mellem levende hegn og mark ved markvej. Jordart moræneler. Prop mangler på boring.
Geologi og transport:	10 m moræneler over sand. Mulighed for mobilitet af glyphosat og AMPA i moræneler. Dårlig mulighed for transport i underliggende aerobt sand.
Indikeret årsagssammenhæng:	Nedsivning fra mark og markvej gennem tyndt lerlag, men lang transport gennem umættede sand til sandmagasin. Mulige fejkilder: Analysefejl. Sprøjtning af mark tæt på eller på boring i kombination med manglende prop på afgangsrør. Suselyd fra boring kan indikere barometerånding, der kan suge luft med pesticidindhold ned i boring/magasin.

Boring 186.845 (Tisvilde hegn)	
Boring og fund:	Enkeltfilterboring (CFC 2001). Etableret i 2004. Sandmagasin ingen dæklag 1 fund af glyphosat (over grænseværdien i april 2010 i indtag 1 (5 m). Ingen efterfølgende analyser Ingen ledsagende pesticid. Naturlig baggrund af nitrat.
Arealanvendelse/kilder:	Placering 2-3 m fra brandbælte uden vegetation. Statskov. Ingen sprøjtning af brandbælte, men glyphosat muligvis anvendt ved udplantning af rødgran i 1990. Ingen prop på prøvetagningsrør.
Geologi og transport:	Sand, nedsivning.
Indikeret årsagssammenhæng:	Der er muligt at pesticidsprøjtning er foretaget ved udplantning af skov i 1990. Boring er etableret i 2004 og filtersat (sand) i 5-6 m u.t. Der er foretaget 6 analyserunde, men glyphosat og AMPA er kun fundet ved én prøverunde i april 2010 og i koncentrationer ca. 5 gange over grænseværdier. Mulige fejkilder: analysefejl

Boring 188.1087 (Gurre Vang)	
Boring og fund:	Enkeltfilterboring (CFC 1950). Etableret i 2004. Sandmagasin under dæklag. 1 høj fund af glyphosat og AMPA (begge over grænseværdien) i 2009 i indtag 1 (17 m). Ingen efterfølgende analyser. Ingen ledsagende pest. Ingen nitrat.
Arealanvendelse/kilder:	Placering på jævn græsplæne op til eng/græsningsmark, jordart sand (ES). Ingen prop på prøvetagningsrør.
Geologi og transport:	ML over DS. Ekstemnedbørhændelse før fund i 2009.
Indikeret årsagssammenhæng:	Ingen nuværende kilder. Evt. nedsivning fra tidligere sprøjtning på kursusejendom eller nærliggende mark. Mulige fejkilder: analysefejl

Boring 199.1010 (Onsved)	
Boring og fund:	Multifilterboring (2) (CFC 1950 + 72). Etableret i 1988. Ukendt geologi i indtag. Højt indhold af glyphosat (over grænseværdien) og lavt AMPA i 2009 i indtag 2 (14,65 m). Ingen fund ved analyserunde i september 2010. Gentagne høj fund af ledsagende BAM i indtag 2. Højt nitrat i begge indtag dog højest i indtag 2. Ingen bemærkning vedr. utæthed ved besigtigelse af boring i 2002.
Arealanvendelse/kilder:	Lavtliggende placering ved markvej indtil mark. 40 m fra gård. Sprøjtning på mark 30 m væk. Propper mangler på boring.
Geologi og transport:	Ukendt boreprofil, men formentlig filter i sand el. kalk under ca. 10 m moræneler. Jordart moræneler. Tyndt lag moræneler og nitrat antyder hurtig, men iltet transportvej fra nedsivning gennem jord. Gårdsplads ligger umiddelbart nedstrøms boring.
Indikeret årsagssammenhæng:	Nedsivning fra markvej/gårdsplads indikeres af høje ledsagende indhold af BAM, dog er gårdsplads nedstrøm for boring. Mulige fejkilder: Analysefejl. Nedsivning af opstuvet overfladevand i lavning omkring boring (ML-jordart), evt. direkte sprøjtning på boring med manglende propper på pumpe/afgangsrør.

Boring 199.1242 (Gl. Stationsvej, Krogstrup)	
Boring og fund:	Enkeltfilterboring (CFC 1962). Etableret i 2004. Sand magasin med dæklag. 1 fund af glyphosat og AMPA (begge over grænseværdien) i indtag 1 (14 m) (2009). Ingen efterfølgende analyser. Ingen ledsagende pesticider. Højt nitrat.
Arealanvendelse/kilder:	Lavtliggende placering i grøft mellem asfalteret vej og mark, ML jordart. Under 1 m til kloakledning og 1,5 m til stub efter stort vejtræ. Drænledningen ser ud til at have drænet gadekær med indhold af bygningsaffald. Prop mangler på prøvetagningsrør, beskadiget boringsoverbygning. Kartoffler på tilgrænsende mark.
Geologi og transport:	ca. 10 m moræneler over diluvialt sand.
Indikeret årsagssammenhæng:	Tyndt moræneler og nitrat antyder hurtig transport gennem sprækker, men iltet transportvej i magasin ved nedsivning gennem jord fra mark taler imod naturlig transport. Ingen ledsager pesticider fra evt. sprøjtning på nærliggende kartoffelmark kan pege på fravær af transportvej gennem jord. Fejkilder: Analysefejl. Nedsivning langs boring af opstuvet vand fra mark og/eller vej omkring lavtliggende boring i ML-jord. Evt. sprøjtning umiddelbart opad/på boring i kombination med beskadiget boring med manglende prop.

Boring 218.994 (St. Heddinge)	
Boring og fund:	Multifilterboring (2) (CFC 1959+80). Etableret i 1989. indtag i kalk med dæklag. Enkeltstående fund af glyphosat og AMPA over grænseværdien i 2009 i indtag 2 (12 m). Ingen fund ved efterfølgende analyse i juni 2010. Ledsagende indhold af BAM over de sidste 10 år er på op til 0,25 µg/l. Moderat nitrat. Ingen bemærkning vedr. utæthed ved besigtigelse af boring i 2002.
Arealanvendelse/kilder:	Placering af boring på jævn græsplæne. Afstand 13 m til mark, 6 m til ukrudtssprøjtning op ad bygning, 40 m til vaskeplads.
Geologi og transport:	ca. 10 m moræneler over Danien kalk. CFC-højere end muligt med atmosfæretilførsel.
Indikeret årsagssammenhæng:	Høj sårbarhed i tyndt morænedæklag og stort lateralt transport potentiale i kalk. Mulige fejkilder: Analysefejl. Nedsivning gennem jorden fra gårdsplads (BAM). Ingen mulighed for adskillelse fra muligt bidrag fra landbrug/mark (nitrat).

Boring 236.479 (Gl. Stationsvej, Bursø)	
Boring og fund:	<p>Multifilterboring (3) (CFC 1945 i moræneler over 1951 i diluvialsand). Etableret i 1999. Indtag 3 er i moræneler.</p> <p>3 gentagne lave fund af glyphosat og AMPA i indtag 3 (24 m) i perioden 2000-03, herefter fund af glyphosat og AMPA over grænseværdien for grundvand i 2009. Ingen efterfølgende analyser.</p> <p>Ingen ledsagende pest.</p> <p>Ingen nitrat.</p> <p>Ingen bemærkning vedr. utæthed ved besigtigelse af boring i 2002.</p>
Arealanvendelse/kilder:	Boringsplacering indtil mark og 4,5 m fra asfalteret vej. Boringsplacering lavere end vej. Gl. jernbanespor 10 m væk. Ingen prop på prøvetagningsrør. Jordart moræneler.
Geologi og transport:	ca. 40 m moræneler over diluvialt sand, muligvis jernreducerende og indeholdende organiske fragmenter.
Indikeret årsagssammenhæng:	Mulige nedsvivning fra vej eller mark i lille tidsserie i 2000-2003. Mulige fejlkilder: Analysefejl. Risiko for direkte sprøjtning på boring samt opstuvning af overfladevand med pesticidindhold i grøft omkring boring og deraf følgende nedsvivning langs boring og mellem multifiltre.

5 Vurdering af årsagssammenhænge

Vurderingen omfatter følgende mulige årsager og kilder til fundene af glyphosat og AMPA:

- Tekniske fejlkilder, herunder
 - Analysefejl
 - Kontaminering af vandprøver ved prøvetagningen
 - Kontaminering af boring ved sprøjtning på eller tæt ved boring
 - Nedsivning af overfladevand langs boring
 - Lækage mellem filtre i multifilterboringer
- Ekstremnedbør
- Udvasning og naturlig transport med grundvand
- Forureningskilder, herunder
 - Udvasning fra punktkilder (gårdspladser/-vaskepladser/andre potentielle punktkilder)
 - Udvasning fra bymæssig bebyggelse og villa/sommerhuskvarterer
 - Udvasning fra marker (regelret anvendelse)

Ved gennemgangen er de mulige årsagssammenhænge diskuteret og forsøgt identificeret, og herunder hvor der evt. mangler datagrundlag for vurderingen.

5.1 TEKNISKE FEJLKILDER

5.1.1 Analysefejl

Glyphosat og AMPA er blandt de mest vanskelige pesticidstoffer at analysere. Der har flere gange været konstateret problemer med analyserne, og analysemetoden er ændret flere gange i perioden 1997-2010. Siden 2007-2008 er alene anvendt en LC-MS metode, og analyserne er udført af det samme analyselaboratorium, og der er derfor ingen uafhængig vurdering af, om der er en reel stigning i fund af glyphosat siden 2007. Det vurderes, at ændringen i analysemetode til LC-MS i 2007-2008 har medført en forøget risiko for fejlanalyser, herunder risikoen for falske positive. Analysefejl er dermed en mulighed, der vurderes at være til stede. Det er ikke muligt at vurdere omfanget af et evt. problem med analyserne på foreliggende grundlag, hvorfor det må anses som afgørende, om den stigende fundhyppighed og koncentration, der særligt er observeret i 2009, kan genfindes ved prøvetagning og analyser i 2011 med evt. dobbeltbestemmelse hos uafhængige laboratorier.

5.1.2 Kontaminering af prøve under prøvetagning

GRUMO boringer er ofte placeret i det åbne land tæt på marker og uden beskyttelseszone, idet formålet er at monitorere påvirkningen af grundvandet fra blandt andet landbrug. I Teknisk anvisning for grundvandsovervågning (GEUS, 2004) er der ingen eksplicitte krav om, at man ikke må prøvetage ved

samtidig pesticidesprøjtning i et område. Prøvetagere er dog opmærksomme på denne problemstilling.

Dette åbner mulighed for at der kan ske prøvetagning samtidig med pågående sprøjtning i kritisk afstand fra boringen, og at der dermed er mulighed for kontaminering af prøven ved vinddrift af sprøjtemiddel. Sprøjtning foregår dog typisk tidlig morgen eller sen eftermiddag, hvor vindforholdene ofte er mest rolige, men sprøjtning på andre tidspunkter forekommer, og prøvekontaminering ad denne vej kan ikke udelukkes som mulighed.

Ved påvirkning fra vinddrift ville der forventes at kunne påvises en overrepræsentation af glyphosat i vandprøver, der er udtaget i sprøjtesæsonen (maj-november). Af Figur 4.2 fremgår det, at dette ikke er tilfældet, når fundene opgøres for hele perioden 1997-2010. Derimod er der tilsyneladende en vis overrepræsentation af fund i sprøjtesæsonen i 2009, når året opgøres isoleret, mens dette ikke ses i det efterfølgende år 2010. I 2009 er der desuden fundet flere høje koncentrationer af glyphosat og AMPA i forhold til 2010, jf. Tabel 4.7 - Tabel 4.9.

Umiddelbart kunne overrepræsentationen af fund i sprøjtesæsonen i 2009 godt være en indikation af, at de mange og høje fund, der netop optræder i 2009, hænger sammen med prøvekontaminering ved vinddrift, eller anden form for direkte påvirkning af prøvetagningen fra igangværende sprøjtning. Data taler imidlertid imod vinddrift som årsag, fordi AMPA optræder i relativt høje koncentrationer i prøver sammen med glyphosat. AMPA kan optræde som urenhed i Roundup, men typisk kun i få procenter, hvorved de fortrinsvis relativt høje koncentrationer af AMPA, der sammen med glyphosat optræder i prøverne, normalt ikke kan stamme direkte fra sprøjtningen.

På dette grundlag vurderes det, at glyphosat fundene i vandprøver fra GRUMO boringerne ikke i væsentlig grad er påvirket af prøvekontaminering ved vinddrift. Overrepræsentationen i sprøjtesæsonen i 2009 kan være tilfældig eller skyldes en anden uidentificeret årsag.

5.1.3 Kontaminering af boring ved direkte sprøjtning på boring

Flere fase 2-boringer ligger umiddelbart op ad sprøjtede arealer, f.eks. i markskel. Dette stiller høje krav til afskærmningen af boringerne ved direkte sprøjtning og sprøjtetåge.

Ved besigtigelsen af de 10 fase 3-boringer er det konstateret, at afslutningerne på boringerne er indrettet med aflåst, men ikke tætsluttende metallåg, som vurderes at kunne tillade passage af sprøjtetåge ind i boringerne (f.eks. ikke sikret med lufttæt pakning). Herved kan der ske kontaminering af rørafslutninger og prøvetagningslanger. Der er ved besigtigelsen konstateret manglende beskyttelseshætter på rørafslutninger og prøvetagningslanger på 7 af de 10 fase 3-boringer. Disse forhold bevirker, at boringerne ikke udgør et lukket system og dermed ikke er maksimalt sikrede mod direkte kontaminering ved sprøjtning tæt ved eller på boringerne. Da der sker forpumpning af boringerne inden udtagning af vandprøver, vurderes kontamineringsrisikoen umiddelbart at være lille, men dog at være til stede.

Mht. betydningen af den konstaterede stigning i glyphosat- og AMPA-fund i 2009, må det antages, at sprøjtning direkte eller tæt på boringerne har fundet sted siden boringernes etablering, oftest for mere end 10 år siden. Derfor

burde høje fundkoncentrationer af denne årsag have manifesteret sig løbende (ikke tilfældet), hvis den var betydende, ligesom fundfrekvensen heller ikke skulle være steget. Dette taler imod direkte sprøjtning på borerne som vigtig årsag til fundantal og koncentrationer i især 2009, men udelukker ikke en mulig betydning for de lave fundkoncentrationer, der forekommer jævnt fordelt over hele perioden 1997-2010.

5.1.4 Nedsivning af overfladevand langs borer

Under besigtigelse af de 10 fase 3-boringer er det konstateret, at afslutningerne af borerens filterrør og prøvetagningslanger er placeret over terræn, således at nedsivning af overfladevand direkte ned i borerne anses for usandsynlig.

4 ud af 10 af de besigtigede borer er placeret i lavninger og tæt på bivej eller markvej, således at der kan opstaves overfladisk afstrømning omkring boringen, som meget hurtigt vil kunne transporteres ned i grundvandet ved lækagestrømning langs boringen eller i nærområdet omkring lavtliggende borer. I afsnit 4.3 redegøres for skorstenseffekt og utætte borerør, som er velkendte problemer, især for ældre borer (GEUS, 2002a, GEUS, 2002b, GEUS, 2004, Bastrup og Vesterby, 2002). I forbindelse med grundvands-overvågningsprogrammet er man opmærksom på risikoen, og de nyere GRUMO borer er efter forskriften indrettet med forerør og lerspærre. Dette fjerner dog ikke helt risikoen for forceret nedsivning langs borestammen.

Mht. betydningen af fejlkilden kan det forventes, at en evt. nedsivning af glyphosat og AMPA langs eller lokalt omkring borerne skulle have fundet sted siden boringernes etablering, oftest for mere end 10 år siden. Derfor burde høje fundkoncentrationer af disse årsager måske have manifesteret sig løbende, og især i de terrænnære filter. Dette er ikke tilfældet, men der kan også være tale om sjældne episodiske hændelser.

Det kan heller ikke udelukkes, at særligt kraftige nedbørshændelser i de senere år kan have genereret lækagestrømning eller hurtig strømning omkring lavtliggende borer, som ikke har fundet sted før eller siden. Tendensen til forhøjede fundprocenter i sprøjtesæsonen 2009 (jf. Figur 4.2) kan tolkes i denne retning. For flere af borerne med høje fund i 2009 (f.eks. 71.483, 199.1010 og 199.1242, se afsnit 4.9) er der risiko for lækagestrømning, idet borerne er lavtliggende og tæt på befæstelser/i skrånende terræn og dermed sårbare såfremt borer også er utætte. Det er ikke umiddelbart muligt at kontrollere disse muligheder.

5.1.5 Lækage mellem filtre i multifilterboringer

Anvendelse af multifilterboringer indebærer i modsætning til enkeltfilter borer principielt risiko for kortslutning langs rør og slanger mellem filtrene. I Figur 4.6 og Figur 4.7 ser der ud til at være en overrepræsentation af høje koncentrationer ($>0,1 \mu\text{g/l}$) af glyphosat og AMPA i de dybe filtre ($> 20\text{m}$) i multifilterboringer. Overrepræsentationen gælder tilsyneladende dog kun de høje koncentrationer og ikke fund under grænseværdien for grundvand, jf. bilag H og figurerne H-4 – H-7, hvilket umiddelbart modsiges af lækage mellem filtre i multifilterboringer som medvirkende årsag til de nye fund.

5.2 UDVASKNING OG NATURLIG TRANSPORT MED GRUNDVAND

Fundene af glyphosat og AMPA i vandprøverne fra GRUMO borerne (Tabel 4.3, Tabel 4.4 og Tabel 4.5) optræder både i grundvand under sandjord og under moræneler, dog med flest fund i sidstnævnte geologiske situation. Fundene optræder typisk sporadisk med oftest ingen eller få gentagelser og til stor dybde i grundvandet. Koncentrationerne af fundene i de øverste 10 m er mindre end i større dybde, hvorved datasættet ikke indeholder terrænnære kildekonzentrationer eller indikationer af forureningskilder til de dybere fund. Den observerede forekomst med dybden kan delvist skyldes det stigende antal filtre med dybden (cirka 4 gange så mange under 10 m end over), mens forekomsten af høje koncentrationer ned til stor dybde er i umiddelbar uoverensstemmelse med det forventede billede for stoffer, der adsorberes kraftigt og relativt hurtigt nedbrydes, og som følge deraf har lav mobilitet i opløst form. Dette giver forventning om en hurtigt aftagende fundhyppighed og hurtigt koncentrationsfald med dybden.

Udvaskningen fra landbrugsjord monitoreres i pesticidvarslingsprogrammet (VAP). I VAP programmet er rapporteret om udvaskningskoncentrationer over grænseværdien for grundvand i dræn, mens den målte udvaskning til overfladenære grundvandsfiltre er væsentligt mindre og i gennemsnit langt under grænseværdien for grundvand (Rosenbom et al., 2010). Omvendt er der meget få undersøgelser af glyphosat og AMPA i punktkilder, f.eks. vaskepladser og intensivt belastede arealer, evt. i kombination med at topjorden er erstattet med fyldmaterialer med mindre adsorptionsevne og dårligere nedbrydningskarakteristika, hvor udvaskningen generelt kan være større. I et eksempel er der målt koncentrationer på op til 50 µg/l for glyphosat og AMPA fra punktkilder (Bay og Rügge, 2007).

En forklaring på de dybe fund i vandprøver fra GRUMO borerne kunne være, at selvom glyphosat og AMPA regnes for stærkt adsorberede og hurtigt nedbrydelige i top-jord, hvorfra de fleste stofdata stammer, så kan stofferne være mere mobile i dybere jordlag med lavt indhold af jern og aluminium. Dette kan betyde, at glyphosat og AMPA, der er udvasket fra forureningskilder i de øverste jordlag, spredes i større omfang end det ellers forventes, f.eks. ved jern-reducerede forhold i sprækker i moræneler ved høj grundvandstand (Jørgensen og Fredericia, 1992 og Jørgensen et al, 2004a) og i grundvandsmagasiner med jern-reducerende forhold eller generelt lavt indhold af jern og aluminium.

Men denne forklaring på spredning stemmer ikke overens med grundvandskemi i de 33 nærmere undersøgte borerne, hvor boringsindtagene i 31 af disse sidder i grundvand med iltede eller svagt reducerede kemiske forhold. Dette indikerer, at den naturlige strømning hen til disse indtag, i det mindste delvist, sker i grundvandslag, der formentlig har indhold af jern/aluminiumsminerale, der virker immobiliserende på de to stoffer. Endvidere er 20 af disse indtag (fordelt på 17 borerne) placeret i sandmagasiner, hvor tilbageholdelsen må forventes at være størst pga. manglende transport i sprækker. Dette vurderes at være en relativ stærk indikator for at disse fund skyldes tekniske fejkilder. Samtidig er det umiddelbart usandsynligt, at disse fejkilder kun gælder borerne i sandmagasiner, hvilket støtter en generel mistanke, om at de tekniske fejkilder har betydning for forekomstbilledet af glyphosat og AMPA i GRUMO borerne i Tabel 4.3 - Tabel 4.5.

Som nævnt optræder de højeste koncentrationer af glyphosat og AMPA momentant og sporadisk uden eller med meget få gentagelser. Dette mønster afviger klart fra det mønster, der ses for andre evt. ledsagende pesticider i vandprøver fra indtaget, f.eks. BAM, der er fundet i flere indtag blandt de 33 nærmere undersøgte borer, jf. Tabel 4.13, og som typisk findes som sammenhængende tidsserier, jf. Figur 4.10.

Det sporadiske forekomstmønster kan medvirke til at sandsynliggøre, at fundene i højere grad er påvirket af nedsivning langs borer end at de repræsenterer en udbredt forurening i grundvandsmagasinerne. Som en teoretisk mulighed, vil den sporadiske forekomst af glyphosat og AMPA dog også kunne skyldes partikulær transport pga. af deres meget kraftige adsorption til jordpartikler/jernhydroxider og dermed transport på kolloider af disse, f.eks. mobiliseret i forbindelser med ekstremnedbørshændelser (jf. Baun et al, 2007 og Miljøstyrelsen, 2011a). Kolloidtransport vil være mest udtalt og kan ske meget hurtigt i makroporer og sprækker (Mckay et al, 2000), hvilket er i overensstemmelse med, at de fleste fund forekommer i grundvand under moræner (Tabel 4.2, Tabel 4.3, Tabel 4.4 og Tabel 4.5). Kolloidtransport kan tilsvarende være en teoretisk forklaring på den tilsyneladende mobilitet og spredning af glyphosat og AMPA i de iltede eller svagt reducerede grundvandsmagasiner i de 33 nærmere undersøgte borer.

Herudover vanskeliggøres vurderingen af eventuelle udviklingstendenser i datasættet af, at det ikke konsekvent er de samme borer, der analyseres fra år til år (Tabel 4.12). Det er således kun 15 ud af de totale 28 glyphosat-fund i 2009, der er blevet genanalyseret i 2010, og kun 2 af disse fund er bekræftet, dog med den gl. analysemetode fra før juli 2010. Af de 10 borer, der er besigtiget i denne undersøgelse, er det kun 4 fund ud af de 8 fund med en overskridelse af grænseværdien i 2009, der er genanalyseret i 2010 og kun én af fundene er bekræftet.

5.3 EKSTREMNEDBØR

Det er dokumenteret, at nedbørsekstremer kan give anledning til forøget udvaskning af glyphosat til det øverste grundvand gennem sprækket moræner fra landbrugsjord, samt at udvaskningen i udpræget grad er knyttet til nedbør som enkeltepisoder (Rosenbom et al, 2010, Miljøstyrelsen, 2011a). Endvidere viser modelanalyser, at pesticidpulskoncentrationer af det mobile pesticid MCP, ved ekstremnedbør, kan transporteres gennem mere end 15 m moræner på omkring 1 år som opløst stof (Jørgensen et al, 2004b), men transporten kan formentlig ske endnu hurtigere for pesticider, der er bundet på kolloider (Mckay et al, 2000).

Gennemgangen af de 33 fase 2-borer viser, at der kun har været unormalt store nedbørshændelser (baseret på målinger ved den nærmeste DMI målestation) inden for de sidste 4 uger før glyphosat- eller AMPA-fund i 4 af de 33 borer. Alle 4 fund er i indtag (2-20 m u.t.) under moræner. De relativt få sammenfald for fase 2-borerne giver dermed ingen indikation af, at fundene skyldes ekstremnedbør umiddelbart før fundene.

Derimod viser Tabel 2.2, at der har været en stigning i nedbøren, og særligt i sprøjtesæsonen, i 2006, 2007 og 2008, hvilket bør medtages i overvejelserne som mulig medvirkende årsag til det relativt høje antal fund og fundkoncentrationer siden 2007 (Figur 4.1 og Figur 4.8).

Det er således muligt, at den forøgede nedbør i sprøjtesæsonen siden 2006 vil kunne have bevirket en forøget pesticidtransport til stor dybde gennem sprækket moræneler eller langs utætheder ved boringer og boringer placeret i lavninger.

Betydningen af pesticidudvaskning gennem sprækker til grundvand under 5-15 m tykt moræneler er påvist i flere undersøgelser (f.eks. Miljøstyrelsen, 2002 og Chambon et al, 2011). Omvendt kan hurtig transport i sprækker ikke forklare de senere års fund i dybe grundvandsmagasiner under sandjord, hvilket sætter fokus på utætte boringer i disse geologiske situationer.

Af de forhøjede fundkoncentrationer i 2009 er de fleste repræsenteret ved de 10 besigtigede boringer i denne undersøgelse. Ud af disse 10 boringer er 7-8 af indtagne placeret under morænedæklag. Disse 10 boringer giver således en bidragende indikation, af at sprækketransport i moræneler kan have spillet en rolle i fund siden 2007.

På dette grundlag konkluderes det, at unormale og evt. ekstreme nedbørshændelser i 2006, 2007 og 2008 kan have været en medvirkende årsag til det stigende antal fund og højere fundkoncentrationer siden 2007.

5.4 VURDERING AF FORURENINGSKILDER

Kildekoncentrationer, der modsvarer glyphosatfundene i vandprøver fra GRUMO boringerne, vurderes at kunne komme fra marker, punktkilder, intensivt behandlede arealer, samt ved udvaskning af behandlede arealer gennem fyldjordsmaterialer med lille adsorptionsevne, ved nedsivning langs gamle eller dårligt konstruerede boringer, ved udvaskning gennem store sprækker og dybe rodkanaler i moræneler og ved lokale spild af sprøjtemidler m.v.

Vurderingen af arealanvendelsen omkring de 33 fase 2-boringer viser primært, at boringerne findes i landzonen (27 ud af 33 boringer), enten direkte på en mark, i hegn på en mark eller langs en markvej, mens de resterende 6 boringer er beliggende i tæt bymæssig bebyggelse (København) eller i sommerhus/parcelhusbebyggelse, jf. Tabel 4.16.

I afsnit 4.9 er der for hver fase 3-boring opsummeret de forhold, som tillægges størst betydning for vurderingen af årsagssammenhængen for fundene i den konkrete boring. Det er fælles for alle 10 boringer, at der ikke har kunnet udpeges en enkeltstående årsag til fundene.

For 2 boringer i statsskov er der ikke anvendt pesticider i over 10 år. Fund af glyphosat og AMPA er ikke ledsaget af andre pesticider og grundvand har intet eller ret lavt indhold af nitrat. Årsagen til fund af glyphosat og AMPA i disse 2 boringer er dermed ikke belyst.

For flere andre boringer kan der som nævnt ovenover være tale om flere mulige kilder og årsager.

5.4.1 Udvaskning fra punktkilder

De terrænnære GRUMO indtag (0-10 m u.t.) har fundkoncentrationer af glyphosat og AMPA, der er lavere end de høje fundkoncentrationer i de dybe GRUMO indtag og angiver derved ikke umiddelbart mulige kilder til de dybere fund over grænseværdien for grundvand.

I en tidligere undersøgelse af mulige kilder til glyphosat i små vandforsyningsanlæg blev fundet kildekonzentrationer op til over 1 µg/l, mens det ikke var muligt at udpege konkret sikre kilder til disse fund (Brüsch et al, 2004, Brüsch og Rosenberg, 2008). De potentielle kilder var marker, gårdspladser samt nedsivning i boringer, der var udført i forlængelse af tidligere brønde. Det var ikke muligt at påvise glyphosat i prøver af det overfladenære grundvand udtaget nedstrøms i forhold til mulige kilder.

Der findes kun få direkte måledata for f.eks. punktkilder eller andre sandsynlige forureningskilder, hvilket hænger sammen med, at en kildeopsporing og måling af forureningsudvaskning generelt vanskeliggøres af en lokal og heterogen forekomst af forureningskilder og transportveje til grundvandet (f.eks. Miljøstyrelsen, 2011b, Jørgensen et al, 2004).

I en detaljeret undersøgelse af 5 lokaliteter med punktkilder til pesticidforurening er der i grundvand tidligere konstateret phenoxysyrer, isoproturon, bentazon, hexazinon og glyphosat samt AMPA i høje koncentrationer (op til 50 µg/l for glyphosat og AMPA) (Bay og Rügge, 2007). Endvidere bliver der hyppigt observeret triaziner og BAM, men i lavere koncentrationer. Årsagen er, at der under håndteringen af pesticider på landbrugsejendomme opstår regelmæssigt spild, herunder i forbindelse med vask af sprøjter (inkl. Bortskaffelse af restsprøjtevæske). Risikovurderingen indikerer, at pesticidpunktkilder primært udgør en trussel mod små vandforsyninger og vandforsyninger, der er placeret tæt på forureningen, idet der er observeret en begrænset masse i de kortlagte forureningsfaner (Bay og Rügge, 2007).

I flere af de øvre indtag og i nogle få af de dybere er der også fundet lave indhold af andre pesticider, som typisk ses i forbindelse med punktkilder såsom gårdspladser, ældre vaskepladser, mergelgrave med deponerede pesticidrester m.v., jf. Tabel 4.13. Ved fund af punktkildepesticider i et indtag kan der være indikationer for, at glyphosat og AMPA ligeledes strømmer fra en punktkilde, men som illustreret i Figur 4.10, optræder glyphosat og AMPA ofte som enkeltstående fund, mens punktkildepesticider typisk udviser sammenhængende tidsserier. Dette kan skyldes dog som nævnt evt. særlige transportegenskaber for glyphosat og AMPA

Det fremgår af Tabel 4.13, at det hyppigst ledsagende pesticid til fund af glyphosat og AMPA i vandprøver fra GRUMO er BAM, som er fundet i 11 af de 33 boringer. Der er ikke fundet BAM eller phenoxyherbicider i nogen af de boringer, hvor beliggenheden i databladene (bilag E) betegnes som "Mark", jf. Tabel 4.16, bortset fra én boring (212.639), som er volumenmoniterende, dvs. en vandindvindingsboring, som ved oppumpning potentielt vil kunne trække BAM ind fra forureningskilder i over 1 km afstand fra boringen (Miljøstyrelsen, 2002). Det er således rimeligt at se bort fra denne boring, hvorved fundene af glyphosat og AMPA i boringer tæt på landbrugsarealer ikke bærer præg af punktkildepåvirkning.

5.4.2 Udvaskning fra bymæssig bebyggelse og villa/sommerhuskvarterer

Blandt de 33 fase 2-boringer er 6 boringer beliggende i enten byzone (herunder sommerhuskvarter), eller zone, der grænser op til en by, jf. Tabel 4.16.

Kun én af disse 6 boringer er besigtiget i fase 3 (123.876 - Vorbasse). Boringen er eventuelt atypisk, fordi det enkeltstående fund af glyphosat (grænseværdien overskrides) og AMPA (under grænseværdien) sker i et nedre indtag (liniemoniterede indtag), som er nitrat- og pesticidpåvirket. Grænseværdien for pesticider i grundvandet overskrides flere gange med langtidsserier for en nedbrydningsprodukt af metribuzin (Metribuzin er tidligere anvendt på kartoffelmarker og nu er udgået). Indtaget er tydeligvis nitrat- og metribuzinpåvirket fra opstrøms kilder, hvor grundvand strømmer fra evt. opstrøms dyrkede marker, idet det øverste filter viser en anden vandtype med lave indhold af BAM og punktkildepesticider som atrazin og dens nedbrydningsprodukter samt nitrat.

Ved Lødderup (37.1332) er der foretaget 4 analyserunder og fundet lavt indhold under grænseværdien af glyphosat (2 fund i 2006 og 2009), AMPA (1 fund i 2009) og BAM (4 fund). Nitratindhold er højt (37-46 mg/l).

Ved Vesterlyng (191.202) er der kun foretaget 5 analyserunder i perioden 2000-2002 og der er målt indhold af AMPA over grænseværdien i ét ud af de to fund. Der er ikke fundet andre pesticider og grundvandet har lavt eller intet indhold af nitrat. Fund af AMPA i 2003 kan eventuelt skyldes forurening med phosphonatholdige detergenter, da der tale om en byzone.

Ved Sydmarken (200.3438) er der foretaget mange analyserunder i perioden 2000-2010, og der er i 2003 fundet AMPA i begge indtag, hvoraf 1 fund er over grænseværdien. Siden 2003 har der været foretaget 3-4 analyserunder uden fund af glyphosat eller AMPA. Det øverste filter er nitratpåvirket men uden indhold af andre pesticider, mens det nedre indtag er nitratfrit, men med et lavt indhold af BAM under grænseværdien.

Ved Tejn, Bornholm, (244.613) er der siden 2008 foretaget 4 analyserunder og i 2008 konstateret 1 fund af både glyphosat og AMPA over grænseværdien, som ikke er genfundet i 2009. Der er ikke konstateret andre pesticider i vandprøverne, og grundvandet har et lavt indhold af nitrat (ca. 5 µg/l)

Ved Nørrebroparken (201.3933) er boringen påvirket med lange tidsserier for dichlorprop i de to dybe filtre (indtag 1 og 2 på hhv. 23,5 og 13,5 m u.t.). I indtag 2 blev grænseværdien (GV) for dichlorprop overskredet med op til 170 gange i 2001, men koncentrationerne er fra 2006-2010 nu faldet til omkring 17-50 gange GV. I det øverste filter (indtag 3 7,7 m u.t.) er indholdet af dichlorprop væsentligt lavere og enten under detektionsgrænsen eller op til 4 gange GV. I 2008 er der fund af både glyphosat og AMPA over detektionsgrænsen i indtag 2 og i 2009 er der fundet lavt indhold af AMPA i indtag 1.

Baseret på et spinkelt grundlag med kun 6 boringer i byzone, er der umiddelbart ingen indikationer for, at udvaskning fra befæstede arealer og bymæssig bebyggelse har medført en øget grundvandsbelastning med glyphosat og AMPA i forhold til landbrugsområder.

5.4.3 Udvasning fra marker (regelret anvendelse)

Blandt de 10 fase 3-boringer er 5 boringer beliggende tæt på landejendomme langs mark-, skov- eller biveje, 2 boringer ved skovveje, 1 boring ved en markvej, 1 boring i et markskel og 1 boring ved en landsby.

Mulighed for nedsivning fra landbrugsjord og naturlig transport med grundvand efter regelret anvendelse er behandlet i afsnit 5.2.

Herudover er det muligt, at en lavtliggende placering tæt på marker er en mulig årsag for nogle boringer, idet overfladestrømning, strømning i drænvand eller terrænnære grundvand kan bidrage til risikoen for lækagestrømning langs borerør, nedsivning via makroporetransport omkring boringen, kombineret med mulighed for oversprøjtning af boringen. For mindst tre boringer med højt fund i 2009 er dette en mulighed.

6 Konklusioner og perspektivering

Glyphosat er det mest anvendte pesticid i Danmark og AMPA er et nedbrydningsprodukt af glyphosat. Som følge af stoffernes hurtige nedbrydning og kraftige sorption til jord har der hidtil været en forventning om, at stofferne kun sjældent vil optræde i grundvand og kun i højtliggende magasiner.

I perioden 1997-2010 er der i forbindelse med grundvandsovervågningsprogrammet udført 9.154 analyser af glyphosat og AMPA i vandprøver fra 978 GRUMO borer. Blandt de 1400 undersøgte indtag er mindst ét af stofferne fundet i vandprøver fra 129 indtag fordelt over 111 GRUMOBorer.

Fundene optræder typisk sporadisk, og oftest med ingen eller få gentagelser. Kun 22% af fundene indeholder både glyphosat og AMPA.

I de senere år, dvs. fra 2007-2010 og især i 2009 – er der konstateret flere fund og højere koncentrationer. Det overordnede formål med dette projekt er at redegøre for mulige årsager og kilder til fundene.

I kapitel 5 er der foretaget en detaljeret vurdering af mulige årsagssammenhænge og i den følgende opsummeres vurderinger vedrørende mulige årsager.

6.1 ANALYSEFEJL

Vurderingen af den tidlige udvikling viser, at der især i 2009 er gjort flere fund med forholdsvis høje koncentrationer, som overstiger grænseværdien for grundvand. Fundfrekvensen i 2010 svarer tilsyneladende til de tidligere år, dog er der lidt flere målinger i perioden 2007 – 2010, som overskrider grænseværdien for grundvand i forhold til tidligere år.

Siden 2007 er der anvendt en analysemetode, som er mindre sikker end nogle af de tidligere anvendte metoder, og analyserne er hovedsageligt udført af kun ét analyselaboratorium. Der er derfor ingen uafhængig vurdering af, om der er en reel stigning i fund af glyphosat siden 2007. Det vurderes, at ændringen i analysemetode til LC-MS i 2007 har medført en forøget risiko for fejlanalyser, herunder risikoen for såvel falske positive som falske negative. I juli 2010 er analysemetoden dog blevet forbedret, og efter juni 2010 er der gjort kun 3 fund af glyphosat (1,1%) og 1 fund af AMPA (0,4%) i vandprøver mod henholdsvis 2% og 0,8% i de første 6 måneder af 2010.

Vurderingen af eventuelle udviklingstendenser i datasættet vanskeliggøres af, at det ikke konsekvent er de samme borer, der analyseres fra år til år. Af de 28 fund af glyphosat i vandprøver i 2009 er kun 15 prøver blevet genanalyseret i 2010, og kun 2 af disse fund (13%) er bekræftet, dog formentlig ved den gl. analysemetode fra før juli 2010. Ved de resterende 13 analyser er glyphosatindholdet under detektionsgrænsen (4 analyser er udført med den gl. metode fra før juli 2010 og 9 med den ny metode).

Af de 26 fund af AMPA i vandprøver i 2009 er kun 9 prøver blevet genanalyseret i 2010, og kun ét af disse fund er bekræftet (11%), dog formentlig ved den gl. analysemetode fra før juli 2010. Ved de andre 8 analyser er AMPA indholdet under detektionsgrænsen (2 analyser er udført med den gl. metode fra før juli 2010 og 6 med den ny metode).

Der er dog ingen forklaring på, hvorfor fundhyppigheden og koncentrationerne af glyphosat og AMPA i vandprøver er højere i 2009 end i de to forudgående år eller i 2010.

Især fund af glyphosat og AMPA i 2009 i 2 borer i statskov som ligger langt fra mulige punktkilder og hvor der ikke er anvendt pesticider indikerer, at der kan være tale om analysefejl. Ved den ene boring er der kun fundet glyphosat i det dybe indtag (32 m u.t.), mens der i det mellem indtag (21,5 m u.t.) kun findes AMPA. Det øverste indtag (15,5 m u.t.) er uden indhold af glyphosat eller AMPA. Ved naturlig nedsivning fra sprøjtede marker eller lækage langs borerør vil det typisk forventes, at både glyphosat og dens nedbrydningsprodukt AMPA er til stede.

Analysefejl er dermed en mulighed, der vurderes at være til stede for alle målinger i perioden 2007-2010. Det er ikke muligt at vurdere omfanget af et evt. problem med analyserne på det foreliggende grundlag.

Det er dog oplyst fra laboratoriet, at der fra april 2011 anvendes en væsentligt bedre analysemetode (LC-MSMS), som er betydelig mere specifik vedrørende identifikation og kvantificering af glyphosat og AMPA. Såfremt årsagen til flere fund af glyphosat og AMPA de senere år skyldes analysefejl, forventes hyppigheden af fund fremover at svare til tidligere niveauer.

6.2 NEDSIVNING AF OVERFLADEVAND LANGS BORINGER

Tidligere undersøgelser har påpeget, at utætte borer kan medføre forurening af grundvand, og problemerne vedrørende den såkaldte "skorstenseffekt" og utætte borerør er således velkendt. I 2001-2002 blev der foretaget en vurdering af egnetheden af GRUMO borer, og en række borer blev enten sløjft eller undersøgt og repareret. De tidligere problemer indikerer, at det vil være forventeligt, at nogle GRUMO borer kan være udsat for lækagestrømning.

Kun for nogle få indtag med fund af glyphosat og AMPA i vandprøver er der observeret ændringer eller svingende vandkemi (f.eks. nitrat eller ledningsevne), som muligvis kan indikere lækagestrømning, men hvorvidt andre parametre vil kunne påvise lækage, afhænger af vandkemien i overfladevandet eller det terrænnære grundvand. Der er ikke analyseret for bakteriologiske parametre i GRUMO borer, hvor kimtal ellers kan anvendes som indikator for påvirkning fra overfladevand.

21 ud af de 33 fase 2- borer med fund blev etableret for mere end 10 år siden, og derfor vil man forvente, at forurening, som skyldes lækage, måske burde have manifesteret sig løbende, og især i de terrænnære filtre. Det er dog observeret, at 4 af de 10 besigtigede borer er placeret i lavninger og tæt på bivej eller markvej; således at der kan opstives overfladisk afstrømning omkring boringen, som meget hurtigt vil kunne transporteres ned i grundvandet ved lækagestrømning langs boringen eller i nærområdet omkring

lavtliggende boringer. I disse 4 boringer er der i 2009 fundet både glyphosat og AMPA i det øverste filter, og det kan ikke afvises, at årsagen er lækage langs borerørerne. I én af boringerne er der igen fundet forurening i 2010, og i en anden boring er lave koncentrationer af glyphosat og AMPA tidligere fundet i 2000-2003.

Det kan endvidere ikke afvises, at særligt kraftige nedbørshændelser i de senere år kan have genereret lækagestrømning eller hurtig strømning omkring lavtliggende og utætte boringer, som ikke har fundet sted før eller siden.

6.3 LÆKAGE MELLEM FILTRE I MULTIFILTRE

Mange GRUMO boringer har multifiltre (flere indtag), som i modsætning til enkeltfiltre indebærer en større risiko for kortslutning og lækage imellem filtre. Ved sammenligning af fund i henholdsvis enkeltfiltre og multifiltre i forskellige dybder ses ingen væsentlige forskelle i fundfordelingen, dog er der lidt flere fund over grænseværdien for grundvand i de dybe multifiltre.

Blandt de 10 besigtigede boringer er der én boring, hvor begge indtag er forurenet med både glyphosat og AMPA i perioden 2008 - 2010 (dog er de to indtag prøvetaget på forskellige datoer henholdsvis sommer 2009 og 2010, og vinter 2008 og 2009). Det er vurderet, at der kan være tale om lækage langs borerør og tilsyneladende er der desuden risiko for lækage imellem filtrene for de to indtag.

Imidlertid er der blandt 2 af de besigtigede boringer også konstateret forurening alene i de nedre filtre, men ikke i de øvre filtre hvilket modsiger lækage langs filtrene.

Umiddelbart er det uklart, om multifiltre kan være medvirkende til fund af glyphosat og AMPA i vandprøver fra GRUMO boringer, men det kan ikke afvises, at de udgør en mulig årsag i nogle boringer.

6.4 TRANSPORT FRA PUNKTKILDER

I flere af de øvre indtag og i nogle få af de dybere med fund af glyphosat og AMPA er der også fundet lave indhold af ældre udfasede pesticider og deres nedbrydningsprodukter, herunder BAM. Disse ældre udfasede pesticider ses ofte i forbindelse med punktkilder såsom gårdspladser, vaskepladser og mergelgrave med deponerede pesticidrester m.v., og i modsætning til de enkeltstående fund af glyphosat og AMPA udviser disse sammenhængende tidsserier.

Flere af de højeste fund af glyphosat og AMPA i vandprøver fra GRUMO bærer ikke præg af punktkildepåvirkning og forurening fra punktkilder vurderes ikke at forklare de mange fund i GRUMO boringer.

Det kan dog ikke afvises, at visse fund kan sættes i relation til punktkilder, når der er tale om ledsagende punktkildepesticider som BAM, atrazin og dens nedbrydningsprodukter, samt phenoxysyrer i vandprøverne.

Det vil kræve nærmere en undersøgelse af forurenings- og strømningforhold at fastlægge betydningen af evt. punktkilder for disse boringer.

6.5 KONTAMINERING AF BORINGER ELLER AF VANDPRØVER UNDER PRØVETAGNING

Flere boringer ligger umiddelbart op ad sprøjtede arealer. Muligheden for kontaminering af boringer under sprøjteaktiviteter eller i forbindelse med prøvetagning er vurderet, men anses ikke som en væsentlig kilde til det store fundantal og de høje koncentrationer konstateret i især 2009. Kontaminering af boringer kan dog have bidraget til de lave fundkoncentrationer, der forekommer jævnt fordelt over hele perioden 1997-2010.

6.6 UDVASKNING OG TRANSPORT VED NATURLIG GRUNDVANDSSTRØMNING

Flere rapporter har tidligere vurderet, at forekomst af glyphosat og AMPA primært forventes i højliggende grundvand under tyndt morænelersdække over sprækket kalk forårsaget af transport igennem makroporer i opsprækket ler (Brüsch et al. 2004).

Vurderingen af fund af glyphosat og AMPA i vandprøver fra GRUMO boringer viser, at de er fordelt tværs over hele Danmark og findes i indtag med forskellige geologiske hovedtyper, i dybe såvel som mere terrænnære indtag, og både i boringer med enkelt- og multifilter. Især fund i sandmagasiner uden lerdæklag (27% af fundene) eller i større dybde (46% af fundene er fra indtag dybere end 20 m u.t.) taler imod, at fundene kan skyldes udvaskning og transport i grundvand som følge af regelret anvendelse på markerne.

Flere fund af glyphosat og AMPA er konstateret i indtag, hvor grundvandet vurderes dannet før markedsføring af glyphosat i Danmark, hvorfor det er mindre sandsynligt, at disse fund skyldes udvaskning fra regelret anvendelse. Dette kan dog også forklares som resultat af bl.a. sprækketransport og opblanding af ungt pesticidholdigt vand med ældre grundvand ved naturlig strømning eller lækagestrømning omkring boringer.

Imidlertid noteres det, at 70% af fundene blandt de 33 fase 2-boringer er gjort i indtag under morænedæklag, hvorfor sprækketransport, især kombineret med evt. lokale ekstreme nedbørshændelser, ikke helt kan afvises som medvirkende årsag til nogle fund, især i terrænnære indtag (kun 3% af glyphosاتفund er under moræneler fra indtag mindre end 5 m u.t., og kun 17% er under moræneler fra indtag mindre end 10 m u.t.). Disse fordelinger skal dog også ses i lyset af, at der er cirka 4 gange så mange indtag under 10 m u.t. som over 10 m u.t.

Da de fleste processer som makroporetransport, sprækketransport og kolloidtransport foregår med udgangspunkt i de terrænnære jordlag, vil det, så længe der er tale om nedsivning og transport i grundvandet, forventes at stofkoncentrationerne aftager med dybden. Det skal bemærkes, at vores nuværende viden om spredningspotentialet for glyphosat og AMPA næsten udelukkende stammer fra undersøgelser i de allerøverste jordlag (over drændybde), mens der er meget lidt viden om glyphosats spredningspotentiale og mulige skæbne i grundvandet, særligt i sprækkede jordlag (moræneler og kalk mv.) og jordlag med lavt indhold af jern- og aluminiumshydroxider, hvor mobiliteten af stofferne og dermed spredningspotentialet kan være større end antaget ud fra vores viden fra de øverste jordlag.

Som bemærket ovenover, optræder de fleste fund sporadisk med ingen eller få gentagelser som dermed ikke indikerer en stigende påvirkning af grundvand i de dybe filtre. Derimod kan sporadisk fund i terrænnære filtre ikke afvises som en påvirkning, der skyldes nedsivning fra nærliggende markerne, dvs. regelret anvendelse. De forholdsvise høje koncentrationer i dybe filtre taler dog imod nedsivning og grundvandstransport.

Endelig er der for nogle af de høje fund kun fundet enten glyphosat eller AMPA, mens man ved naturlig nedsivning fra sprøjtede marker vil forvente, at både glyphosat og dets nedbrydningsprodukter til stede.

6.7 PERSPEKTIVERING

Undersøgelsen har afdækket en række potentielle forureningsårsager, forureningskilder og fejkilder til GRUMO fundene af glyphosat og AMPA. Det har ikke været muligt at adskille og udpege disse som enkeltårsager til forureningsfundene, men ud fra eksisterende viden og erfaringer er der vurderet mere eller mindre sandsynlige årsager til fundene. En nærmere udpegning forudsætter detaljerede undersøgelser af de enkelte borer og forholdene omkring disse.

Den foreliggende viden om mobilitet og spredning af glyphosat stammer næsten udelukkende fra de allerøverste jordlag, mens der er meget lidt konkret viden om mobiliteten og spredningspotentialet i f.eks. sprækket moræneler og kalk, samt magasiner med lavt indhold af jern/aluminiumshydroxid. Der er behov for denne viden til vurdering af fundene i forbindelse med disse geologiske situationer, der repræsenterer en stor del af GRUMO indtagene.

Ud fra viden om, at glyphosat og AMPA bindes meget kraftigt i iltede jordlag, og formentlig tilsvarende i iltede grundvandsmagasiner af sand, er det usandsynligt, at de sporadiske høje koncentrationer, der er analyseret i stor dybde i iltede eller svagt reducerede sandmagasiner, skyldes naturlig opløst transport. Ud af projektets 33 fase 2-boringer er 31 af boringsindtagene i grundvand med iltede eller svagt reducerede kemiske forhold, hvilket indikerer, at den naturlige strømning hen til disse indtag i det mindste delvist sker i grundvandslag, der formentlig har indhold af jern/aluminiumshydroxider, der virker immobiliserende på de to stoffer. Af disse indtag er 20 (fordelt på 17 borer) placeret i sandmagasiner, hvor det er overvejende sandsynligt, at fundene skyldes tekniske fejkilder, hvor de mest oplagte vurderes at være analysefejl og lækagestrømning i eller langs borer.

Da det er usandsynligt, at disse tekniske fejkilder kun er til stede i sandmagasinerne, giver dette grundlag for mistanke om en generel betydning af de tekniske fejkilder for forekomstbilledet af glyphosat og AMPA i GRUMO borerne. Det vurderes på denne baggrund, at analysefejl og lækagestrømning i eller langs borer er sandsynlige eller medvirkende årsager til fundene i GRUMO borerne generelt.

I perioden 2007-2009, hvor der har været stigende antal fund og høje fundkoncentrationer, har der været en samtidig stigning i forekomst af ekstremnedbør og en stigende risiko for fejlanalyser, som kan være mulige koblede årsager til ændringen.

Der er behov for en nærmere undersøgelse for at kunne fastlægge betydningen af de nævnte tekniske fejlkilder og til opfølgning af udviklingen i fund af glyphosat og AMPA i de påvirkede boringer samt kortlægning af evt. spredning fra mulige kilder, herunder punktkilder.

Det anbefales, at der stilles en række krav til bedre dokumentation af analysemetode og kvalitetssikring, jf. forslag i afsnit 1-7 i bilag G.

Desuden bør der som en opdatering af vurderingen fra 2001 gennemføres en ny vurdering af egnetheden af de påvirkede boringer, herunder tæthedstests og vurdering af risiko for overfladisk afstrømning.

Endelig anbefales det, at der foretages opfølgning med flere målerunder for glyphosat- og AMPA-påvirkede boringer med henblik på at belyse evt. sæsonvariationer.

7 Referencer

Bastrup, J. og Vesterby, H. (2002). Forureningstransport via utætte boringer. Litteratur opsamling samt undersøgelseserfaringer. Del 1. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen. nr. 33

Baun, D.L., Styczen, M.; Lønborg, M.J., Holm, J., Clausen, T., Grøn, C., Koch, B., Gjettermann, B., Petersen, C., Spliid, N.H. (2007). Kolloid-faciliteret transport af glyphosat og pendimethalin. Kvantificering og modellering. Bekæmpelsesmiddelforskning. Nr. 107.

Bay, H. og Rügge, K. (2007) Risikovurdering af pesticidpunktkilder. Miljøstyrelsen. Miljøprojekt nr. 1158.

Bay, H.; Christensen, P. M.; Dali, J.; Fog, C.; Kildeby, M. R.; Mortensen, A.P.; Persson, B.; Rügge, K.; Terkelsen, M.; Falkenberg, J. A.; Spliid, N.H. & Jensen, A. R. (2007). Miljøprojekt 1152. Pesticidtruslen mod grundvandet fra pesticidpunktkilder på oplandsskala. Miljøstyrelsen.

Brüsch, W. (2007). Almene vandværkers boringskontrol af pesticider og nedbrydningsprodukter. Miljøstyrelsen. Arbejdsrapport 26.

Brüsch, W. og Rosenberg, P. (2008) Fund af glyphosat og AMPA i drikkevand fra små vandforsyningsanlæg i Storstrøms Amt. Miljøstyrelsen. Miljøprojekt nr. 1163.

Brüsch, W., Stockmarr, J., Kelstrup, N., von Platen-Hallermund, F. og Rosenberg, P. (2004). Pesticidforurenede vand i små vandforsyninger. GEUS rapport 2004/9.

Chambon, J. P.J. Binning, P.R. Jørgensen, P.L. Bjerg (2011). A risk assessment tool for contaminated sites in low-permeability fractured media. J. of Contam. Hydrol., 124, 82-98.

DMI (2011). Måneden, sæsonen og årets vejr.
http://www.dmi.dk/dmi/index/danmark/maanedens_vejr_-_oversigt.htm

DMU (2007). Faglig rapport fra DMU nr. 615, 2007. NOVANA. Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse 2007-2009 – del 2

Eurofins (2011). Eurofins Miljø A/S Vedr. glyphosat. Sammenfatning med udgangspunkt i nedenstående interne redegørelse. 14. marts 2011

European Commission (2002). Review Report for the active substance GLYPHOSATE – European Commission – Health and Consumer Protection Directorate-General. Report nr. 6511/VI/99-final – 21. January 2002

GEUS (2002a). Grundvandsovervågningsboringers egnethed til analyse. Arbejdsrapport under Grundvandsovervågningsprogrammet, maj 2002.

GEUS (2002b). Notat om reovering af overvågningsboringer i Roskilde Amt – alders bestemmelse af grundvand ved CFC-metoden før og efter. 10. juni 2002.

GEUS (2004). Teknisk anvisning af grundvandsovervågning. Version 4 af 17. august 2004.

GEUS (2004). Teknisk anvisning af grundvandsovervågning. Version 4 af 17. august 2004.

GEUS (2007). Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2006. www.geus.dk

GEUS (2010). Grundvandsovervågning. 2010. www.geus.dk

Hansen, B., Mossin, L., Ramsay, L., Thorling, L., Ernstsen, V., Jørgensen, J. og Kristensen, M. (2009). GEUS. Kemisk grundvandskortlægning. Geo - vejledning 6. 2009.

IPCS (1994) – Environmental Health Criteria (EHC) – GLYPHOSATE – Nr. 159 – 1994

Juhler, R.K., Jacobsen, O.S., Kjær, J., Plauborg, F., Pedersen, L.B., Christensen, C. J. (2008) Udvaskning af glyphosat ved juletræsproduktion på lerjord. Bekæmpelsesmiddelforskning. Nr. 118.

Jørgensen, P.R. and J. Fredericia (1992). Migration of nutrients, pesticides and heavy metals in fractured clayey till. *Geotechnique* 42, March, 67-77.

Jørgensen, P.R., J. Urup, T. Helstrup, M. B. Jensen, F. Eiland, and F. P. Vinther (2004a). Transport and removal of nitrate in clayey till underneath forest and arable land. *J. of Contam. Hydrol.*, 73, 270 - 286.

Jørgensen, P.R., K.E.S. Klint, J.P. Kistrup (2004b). Monitoring well interception with fractures in clayey till. *Ground Water*. Nov. – Dec. 2003, 772-779.

Jørgensen, P.R., L. McKay, and J. Kistrup (2004). Aquifer Vulnerability to Pesticide Migration Through Till Aquitards. *Ground Water*. 42.6. 841-855. 2004.

Kjær, J., Olsen, P., Ullum, M. og Grant, R. (2005) Leaching of Glyphosate and Amino-Methylphosphonic Acid from Danish Agricultural Field Sites. *Journal of Environmental Quality*, 34:608-620

McKay, L.D., W.E. Sandford and J.M. Strong (2000). Field scale migration of colloidal tracers in fractured schale saprolite. *Ground Water*. Jan. – Febr. 2000, 139- 147.

Mentler, A.; Parades, M. og Fuerhacker, M. (2007) Adsorption af glyphosate to Cambisols, Podzol and silica sand. Poster. COST Action 869. Mitigation options for nutrient reduction in surface water and groundwaters. WG3 - Mitigation options. 27th - 29th November 2007. North-Wyke, Devon, UK.

Middeldatabasen (2011). Middeldatabasen udgives af Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet ved Aarhus Universitet og Videncentret for Landbrug. <http://planteapp.dlbr.dk/middeldatabasen/>

Miljøministeriet (2007). Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg nr. 1449 af 11/12/2007.

Miljøstyrelsen (2000). Miljømæssig vurdering glyphosat: Sagens oplysninger og Miljøstyrelsens vurdering 14. september 2000.

Miljøstyrelsen (2002). Pesticider og vandværker. Udredningsprojekt om BAM forurening. Miljøprojekt Nr. 732, 2002.

Miljøstyrelsen (2007). Almene vandværkers boringskontrol af pesticider og nedbrydningsprodukter. Arbejdsrapport 26

Miljøstyrelsen (2010a). Bekæmpelsesmiddelstatistik 2009. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 8. 2010.

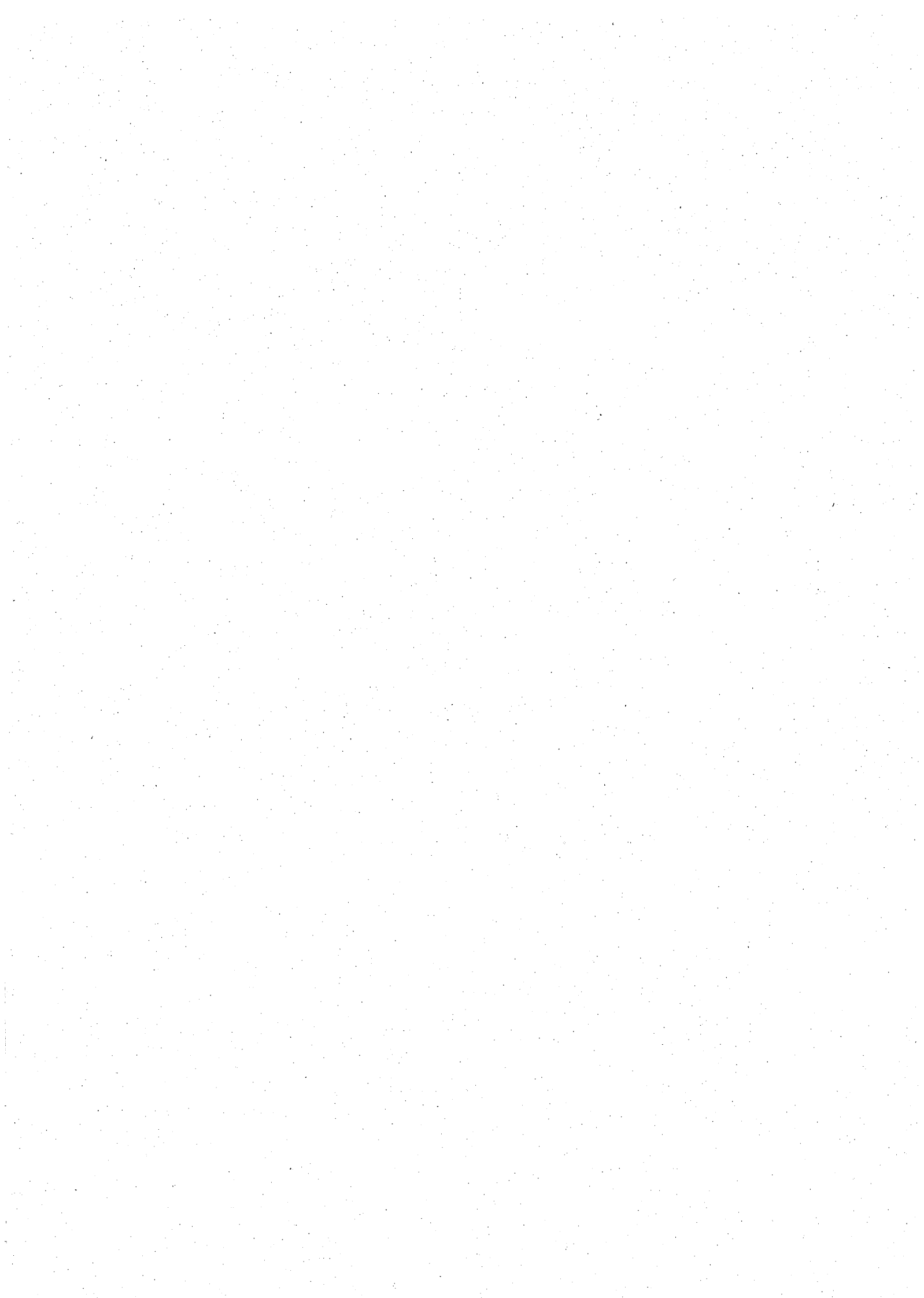
Miljøstyrelsen (2010b). Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord og kvalitetskriterier for drikkevand. Opdateret juni og juli 2010.

Miljøstyrelsen (2011a). Flerdimensional modellering af vandstrømning og stoftransport i de øverste 1-2m af jorden i systemer med markdræn. Miljøstyrelsens bekæmpelsesmiddelforskning. Rapport udkast 2011.

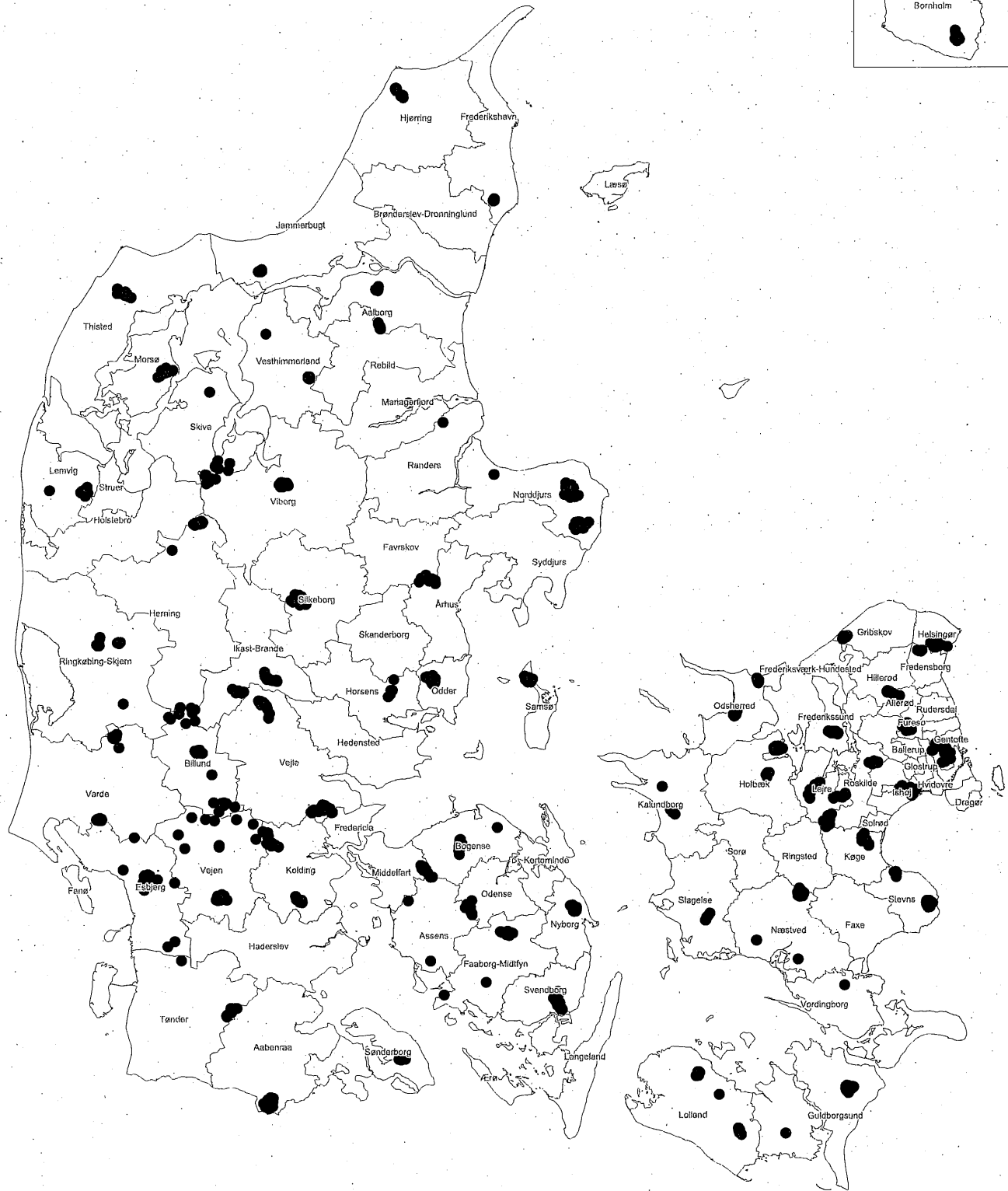
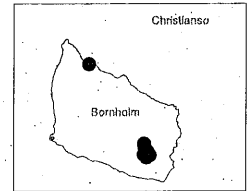
Miljøstyrelsen (2011b). En pesticidforurening 15 år senere. Miljøstyrelsens bekæmpelsesmiddelforskning. I trykken.

Rosenbom, A. E., Brüsch, W., Juhler, R. K., Ernsten, V., Gudmundsson, L., Kjær, J., Plauborg, F., Grant, R., Nyegaard, P. og Olsen, P. (2010) The Danish Pesticide Leaching Assessment Programme. Monitoring results May 1999–June 2009. <http://pesticidvarsling.dk/>

Rügge, K., Bay, H., Chrintz, T., Brüsch, W. og Rosenberg, P. (2005) Pesticider i dansk grundvand: GRUMO- og Boringskontroldata. Miljøprojekt nr. 1033.



Oversigtskort over GRUMO boringer med fund af glyphosat og AMPA



Legende:

GRUMO boring

- Boringer/GRUMO med fund af AMPA/Glyphosat
- Boring/GRUMO analyse for Glyphosat/AMPA

General reference:
 - GEUS/Jupiter udtæk fra 1997 til 2011
 GRUMO boringer med analyse/fund af
 AMPA/Glyphosat.

Bilag A

Oversigt

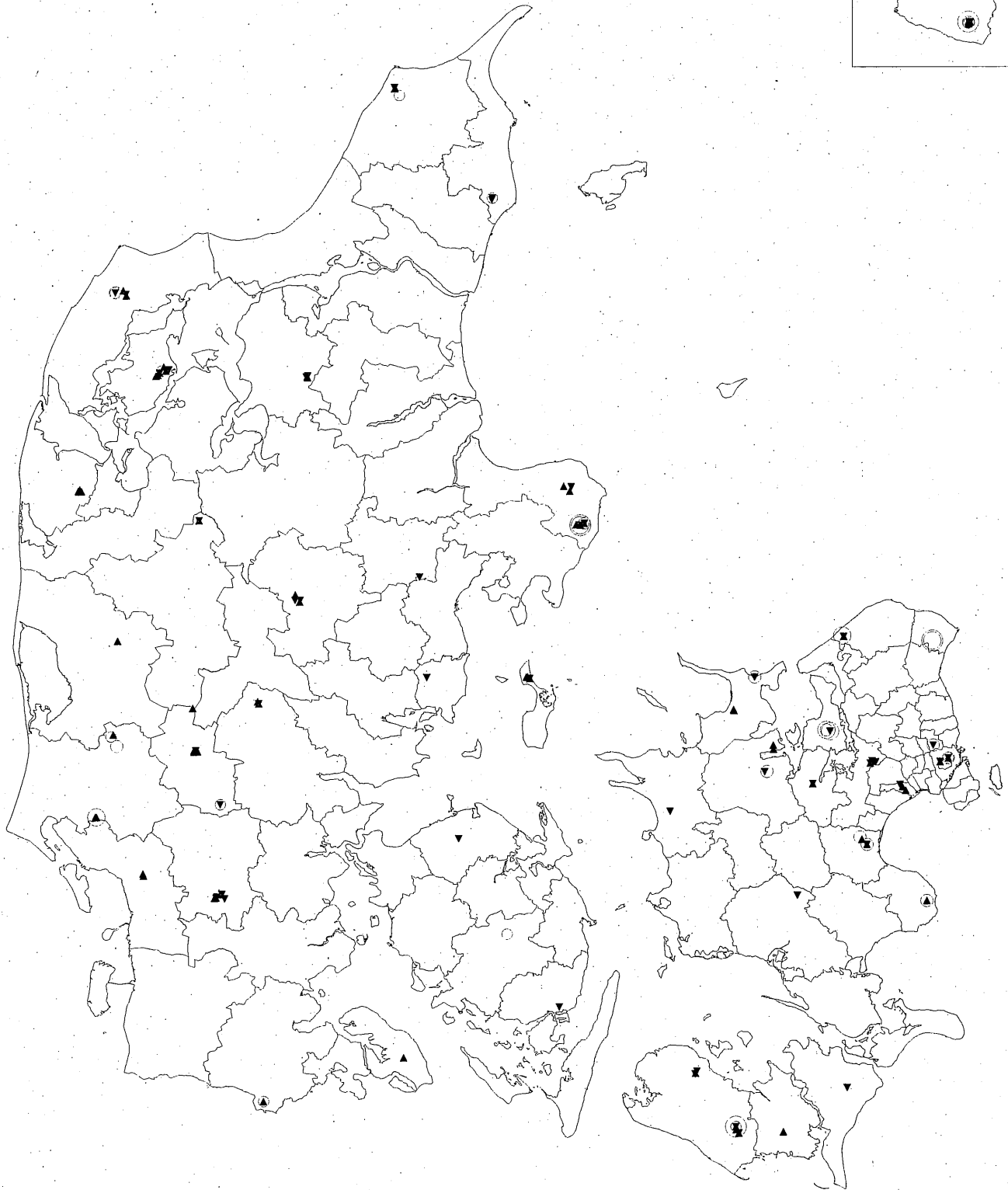
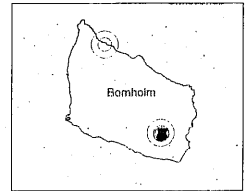
Glyphosat/AMPA fund i GRUMO

Rev.: c
 Dato: 17-05-2011
 Udarb.: JHJ
 Kontrol: JAF
 SagsNr.: 204621

NIRAS
 Sortemosevej 2
 3450 Allerød www.niras.dk

Oversigtskort over DGU nr. for GRUMO boringer med fund af glyphosat og AMPA

Oversigtskort over koncentrationsniveauer ved fund af glyphosat og AMPA i GRUMO



Legende:

Fund af Glyphosat i GRUMO boring ($\mu\text{g/l}$)

- 0.5 til 10
- 0.1 til 0.5
- ▲ 0 til 0.1

Fund af AMPA i GRUMO boring ($\mu\text{g/l}$)

- 0.5 til 10
- 0.1 til 0.5
- ▼ 0 til 0.1

General reference:
- GEUS/Jupiler udtræk fra 1997 til 2011
GRUMO borer med fund af AMPA/Glyphosat
over detektionsgrænsen.

Bilag C

**Oversigtskort over
koncentrationsniveauer ved
fund af Glyphosat og/eller
AMPA**

Rev.: c
Dato: 17-05-2011
Udarb.: JHJ
Kontrol: JAF
SagsNr.: 204621

NIRAS
Sortemosevej 2
3450 Allerød www.niras.dk