

Varslingssystemet for udvaskning af pesticider til grundvand (VAP)

*Sammendrag af monitoringsresultater
med fokus på juli 2016 - juni 2018*



Annette E. Rosenbom, Sachin Karan, Nora Badawi, Lasse Gudmundsson, Carl H. Hansen, Jolanta Kazmierczak, Carsten B. Nielsen, Finn Plauborg og Preben Olsen

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)
Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet

Institut for Agroøkologi (AGRO)
Aarhus Universitet

Institut for Bioscience (BIOS)
Aarhus Universitet

Redaktør: Annette E. Rosenbom
Forsidefoto af Peter Frykman: Præsentation af VAP på en VAP-mark
Forside: Henrik Klinge Pedersen
Layout og grafisk produktion: Forfattere
Trykt: Maj 2020

ISSN (print): 2446-4244
ISSN (online): 2446-4252
ISBN (print) 978-87-7871-515-9
ISBN (online) 978-87-7871-516-6

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland
Øster Voldgade 10, 1350 København K, Danmark
Telefon: +45 3814 2000
E-mail: geus@geus.dk
Hjemmeside: www.geus.dk

Rapporten er også tilgængelig i pdf-format på www.pesticidvarsling.dk

© De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, 2020

Indhold

Formål	3
Rammer	5
Resultater fra monitoringsperioden juli 2016 - juni 2018	7
1,2,4-triazol	9
CyPM	10
E/Z BH517-TSO	11
Bentazon.....	11
Glyphosat	11
Resultater fra hele monitoringsperioden maj 1999 - juni 2018.....	13

Alle monitoringsresultater er detaljeret beskrevet i de årlige engelsksprogede VAP-rapporter, som kan findes på hjemmesiden: www.pesticidvarsling.dk.

Forfattergruppen bag det danske sammendrag, den engelske rapport og indsamlingen af monitoringsresultater er: Annette E. Rosenbom (red.), Sachin Karan, Nora Badawi, Lasse Gudmundsson, Carl H. Hansen, Jolanta Kazmierczak, Carsten B. Nielsen, Finn Plauborg og Preben Olsen.

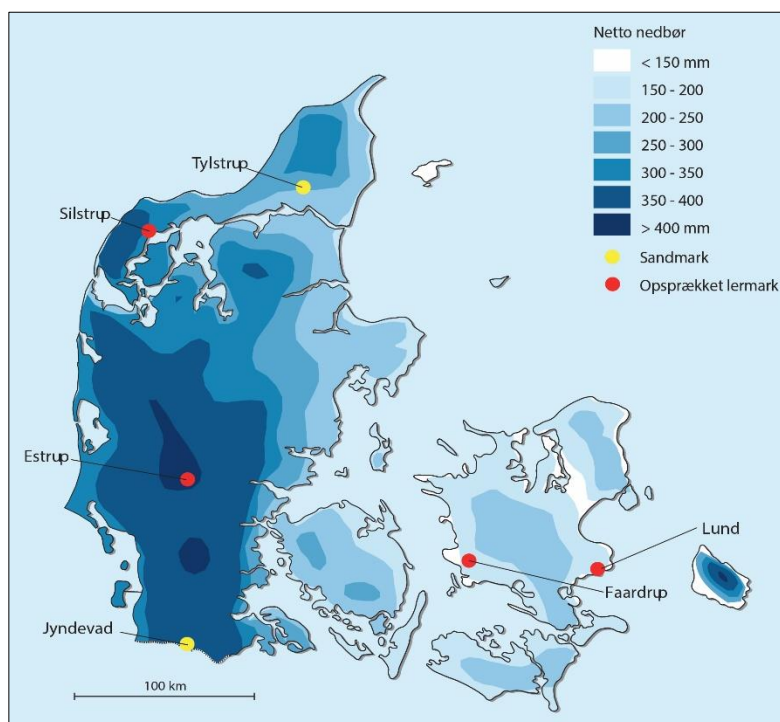
Formål

For at sikre, at grundvandet ikke forurenes i forbindelse med landbrugets anvendelse af godkendte pesticider, blev ”VArslingsystemet for udvaskning af Pesticider til grundvandet” (VAP; <http://pesticidvarsling.dk/>) initieret i 1998, og har været i drift lige siden. VAP er et tidligvarsling monitoringsprogram, der ved hjælp af forsøgsmarker har følgende formål:

- At undersøge hvorvidt regelret anvendelse af godkendte pesticider i maksimalt tilladte doseringer, under reelle, danske markforhold (Figur 1) kan resultere i udvaskning af pesticiderne og/eller deres nedbrydningsprodukter til grundvandet i koncentrationer over kravværdien for grundvand på 0,1 µg/L. Testperioden er typisk 2 år efter udbringning. En vurdering af den direkte relation mellem den specifikke pesticidanvendelse på forsøgsmarken, og fund i grundvandet, opnås ved analyse af vandprøver fra 1 meters dybde (indhentet via dræn og sugeceller) samt fra grundvandet både nedstrøms og opstrøms for forsøgsmarken.
- At forbedre det videnskabelige grundlag for de danske myndigheders (Miljøstyrelsen) godkendelses- og reguleringsprocedurer af pesticider på baggrund af den testede pesticidanvendelse over for de indsamlede monitoringsdata om afgrøder, dyrkningspraksis, klima, jordens vandbalance og koncentrationer af pesticider og/eller deres nedbrydningsprodukter i vand indsamlet fra grundvandsfiltre, dræn og sugeceller.

Figur 1. VAP-markernes placering i forhold til nettonedbør - andel af nedbør, som når grundvandet. De marker, der indgår i VAP-arbejdet, repræsenterer de mest udbredte danske klima- og jordtyper. Forsøgsmarkerne repræsenterer både sandjorde, opsprækkede lerjorde samt de forskellige nedbørforhold på tværs af Danmark. (MST-rapport nr. 87-503-9581-5, 1992).

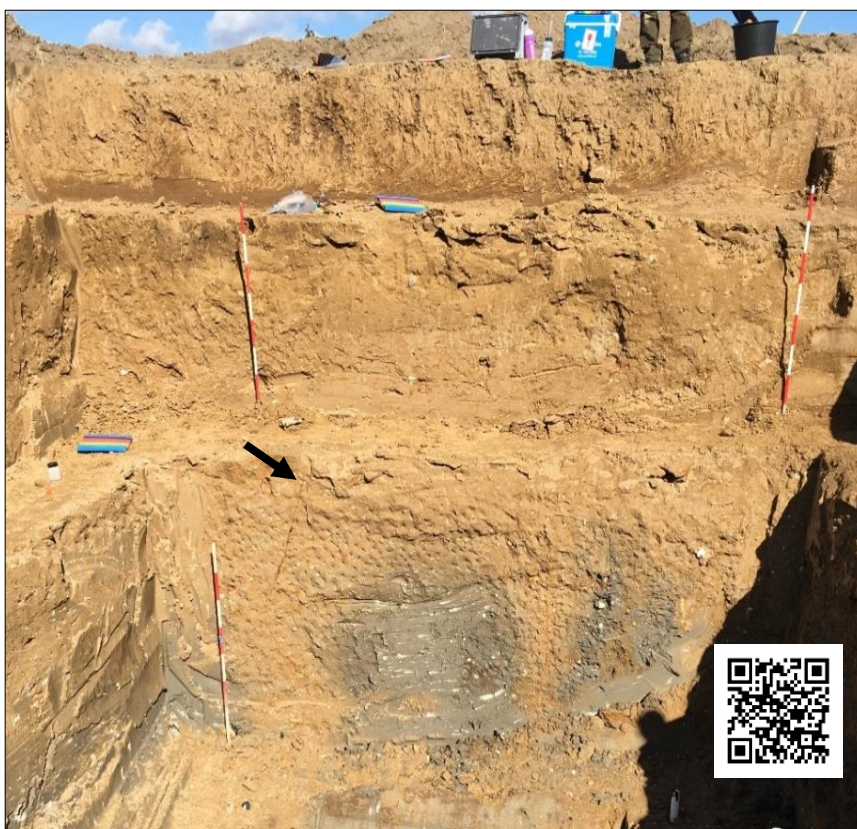
Lund-marken er etableret i 2016-2017 på en lokalitet med et relativt tyndt, opsprækket lerlag oven på opsprækket kalk. Denne jordtype er ikke repræsenteret af de fem andre marker.



Rammer

VAP-projektet blev iværksat af Folketinget i 1998, og er ledet af en styregruppe med medlemmer fra Miljøstyrelsen (formand), GEUS (projektledelse) samt Aarhus Universitet. Projektet er finansieret som en del af Pesticidstrategi 2017-21 (<https://mst.dk/media/141516/pesticidstrategi2017-2021.pdf>).

For at øge repræsentativiteten af VAP - set i forhold til geologi - blev der i forbindelse med finansloven for 2015 (<https://www.fm.dk/nyheder/pressemeddelelser/2014/11/aftale-om-finanslov-2015>) indgået en tillægskontrakt til VAP i juni 2015 med finansiering frem til og med 2018 til etablering og drift af en ny VAP-mark med et relativt tyndt lag af opsprækket ler ovenpå opsprækket kalk. Denne mark repræsenterer en geologi, hvorfra cirka en tredjedel af Danmarks drikkevand indvindes. Denne lagdelte jordtype forekommer stedvist især i de sydøstlige dele af Danmark og det nordlige Jylland. Den forventes at være relativt gennemtrængelig for pesticider og deres nedbrydningsprodukter grundet sprækkerne, og er ikke repræsenteret af de fem andre marker i VAP (Figur 2). Marken er etableret ved Lund på Stevns og er sat i drift i juli 2017. En etableringsrapport for den nye VAP-mark er under udarbejdelse og vil blive publiceret i 2020. Da tillægsbevillingen udløb med udgangen af 2018, blev det besluttet at udelade marken ved Tylstrup af selve VAP-prøvetagningsprogrammet fra og med 2019 for at kunne fastholde driften af Lund marken.



Figur 2. Markante sprækker i lerjorden ved Lund-marken. Bunden af udgravningen er i ca. 5 m dybde. Sprækkerne muliggør transport af iltet vand fra jordoverfladen ned i stor dybde. Dette forhold ses især i den dybe del af udgravningen, hvor den ellers grå, ilt-fri lerjord omkring disse sprækker fremstår okkerfarvet (iltet). Den sorte pil angiver en af de markante istektoniske sprækker dannet pga. gletchernes belastning under istiden. Foto: Eline Bojsen Haarder, 2016.

QR-kode: Film om den nye VAP-mark i Lund. <http://www.undergroundchannel.dk/a-farmers-dilemma>

Resultater fra monitoringsperioden juli 2016 - juni 2018

I perioden fra juli 2016 til juni 2018 er 18 pesticider blevet testet i VAP, hvoraf 12 er medtaget alene for at teste forekomsten af deres nedbrydningsprodukter. Der er således analyseret for seks (18 minus 12) pesticider og 25 nedbrydningsprodukter, i alt 31 stoffer (Tabel 1). Ud af disse 31 stoffer, er fire pesticider og fem nedbrydningsprodukter (ni stoffer) detekteret i prøver fra grundvandet, hvoraf et nedbrydningsprodukt (1,2,4-triazol) overskrider kravværdien i grundvand på 0,1 µg/L i 27 ud af 372 grundvandsprøver.

Nedbrydningsprodukterne N-methyl-bentazon (fra bentazon) og MNBA (fra mesotrion) samt pesticidet glyphosat svarende til tre stoffer er fundet i prøver fra dræn eller sugeceller, men ikke fra grundvandsfiltre. 19 stoffer er hverken fundet i grundvand, vand fra dræn eller sugeceller i 1 meters dybde. Af de 31 monitorerede stoffer (seks pesticider og 25 nedbrydningsprodukter) er ni stoffer ikke tidligere blevet undersøgt i VAP.

Med ni nye stoffer inkluderet i analyseprogrammet i det hydrologiske år 2017-2018 er der 22 stoffer inkluderet før juli 2017, hvor evalueringen i VAP af deres udvaskning endnu ikke er afsluttet. Dette skyldes, at de enten (i) ikke har været testet i en 2-årig periode, (ii) bliver testet under andre forhold, f.eks. anden afgrøde, jordtype eller andet vejrlig et efterfølgende år eller (iii) følges i en længere periode end 2 år, fordi de foreløbige fund i vandprøver lægger op til en udvidet monitoringsperiode for at opnå en forbedret tolkning af monitoringsresultaterne.

Pesticiderne i Tabel 1 har været anvendt i forbindelse med dyrkning af de seneste tre års afgrøder på VAP-markerne (Tabel 2). Oversigter over hvilke pesticider, der er anvendt på forskellige afgrøder i hele perioden, 1999 til juni 2018, findes i årets engelsksprogede VAP-rapport (<http://pesticidvarsling.dk/>).

Tabel 1. Seks pesticider og 25 nedbrydningsprodukter har været inkluderet i VAP analyseprogrammet i perioden juli 2016-juni 2018, hvoraf der er tilføjet ni nye stoffer (markeret med rødt) til evaluering i VAP i juli 2017 – juni 2018. Antallet af vandprøver indsamlet fra 1 meters dybde (dræn og sugeceller), fra grundvandsfiltre og fra vandingsvand (oppumpet fra borerer uden for de sandede VAP-marker) er præsenteret sammen med resultater af analyser af prøverne i form af antal detektioner (Det.), detektioner > 0,1 µg/L og den maksimale koncentration detekteret (Maks. konc.). For vandingsvandet er analyseresultater angivet i parenteser (koncentration angivet i µg/L; ingen detektioner angives som "-"). Koncentrationer i grundvand, der overstiger kravværdien for grundvand på 0,1 µg/L er markeret med fed skrift.

Pesticid	Analyt	Antal prøver			Analyseresultater					
		fra:			1 m's dybde			Grundvandsfiltre		
		1 m's dybde	Grundvands filtre	Vandingsvand	Det.	>0,1 [µg L ⁻¹]	Maks. conc. [µg]	Det.	>0,1 [µg L ⁻¹]	Maks. conc. [µg]
Azoxystrobin	Azoxystrobin	45	225		3	0	0,08	1	0	0,01
	CyPM	43	225		37	6	0,43	14	0	0,06
Bentazon	Bentazon	120	523	1 (-)	37	3	4,5	7	0	0,06
	6-hydroxy-bentazon	120	501	1 (-)	0	0	-	0	0	-
	8-hydroxy-bentazon	120	501	1 (-)	0	0	-	0	0	-
	N-methyl-bentazon	120	501	1 (-)	1	0	0,02	0	0	-
Cycloxydim	BH 517-T2SO2	25	133	1 (-)	0	0	-	0	0	-
	E/Z BH 517-TSO	25	133	1 (-)	10	3	0,53	2	0	0,03
Florasulam	TSA	61	200		0	0	-	0	0	-
Flupyr-sulfuron-methyl	Flupyr-sulfuron-methyl	8	58		0	0	-	0	0	-
	IN-JE127	36	122		0	0	-	0	0	-
	IN-JV460	8	58		0	0	-	0	0	-
	IN-KC576	8	58		0	0	-	0	0	-
	IN-KF311	36	122		0	0	-	0	0	-
	IN-KY374	8	58		0	0	-	0	0	-
Fluroxypyr	Fluroxypyr-methoxy-pyridine	28	130		0	0	-	0	0	-
	Fluroxypyr-pyridinol	28	130		0	0	-	0	0	-
Foramsulfuron	Foramsulfuron	97	194		7	3	0,28	1	0	0,02
	AE-F092944	97	194		0	0	-	0	0	-
	AE-F130619	97	194		7	0	0,07	2	0	0,01
Glyphosat	Glyphosat	26	111		21	8	8,6	0	0	-
	AMPA	26	111		23	5	1,3	2	0	0,01
Haluxifen-methyl	X-757	60	176		0	0	-	0	0	-
Mesosulfuron-methyl	AE-F099095	47	173		0	0	-	0	0	-
	AE-F147447	11	63		0	0	-	0	0	-
	AE-F160459	47	173		0	0	-	0	0	-
Mesotrion	Mesotrion	97	194		19	4	0,82	2	0	0,07
	AMBA	97	194		0	0	-	0	0	-
	MNBA	97	194		6	0	0,04	0	0	-
Tebuconazol 2014 Epoconazol 2015 Prothioconazol 2015 Propiconazol 2016 Propiconazol 2017 Prothioconazol 2018	1,2,4-triazole	217	715	1 (-)	179	72	0,45	372	27	0,23
Thifensulfuron-methyl*	Triazinamin	96	188		0	0	-	0	0	-
Sub total	31 (6 Pesticides; 25 nedbrydningsprodukter)	1951	6552	7	350	104		403	27	
Procent		23%	77%	0.1%	18%	5%		6%	0%	
Total			8510							

*triazinamin kan i denne sammenhæng også stamme fra pesticidet iodosulfuron.

Tabel 2. Afgrøder på de seks VAP-marker i 2016, 2017 og 2018.

	Tylstrup	Jyndeved	Silstrup	Estrup	Fårdrup	Lund
2016	Vårbyg isået kløvergræs	Vårbyg isået kløvergræs	Majs	Majs	Vårbyg	
2017	Vårbyg	Ærter	Vårbyg	Ærter	Vårbyg	Vårbyg
2018	Vårbyg	Vinterhvede	Vinterbyg og vinterraps	Vårbyg	Sukkerroer	Vårbyg

I det følgende gennemgås VAP-resultaterne for de tre nedbrydningsprodukter 1,2,4-triazol, CyPM, og E/Z BH517-TSO samt de fire pesticider bentazon, florasulfuron, glyphosat og

mesotrion. Disse stoffer er udvalgt, idet VAP-resultater fra perioden juli 2016-juni 2018 (Tabel 1) indikerer en udvaskningsrisiko til grundvandet.

1,2,4-triazol

Nedbrydningsproduktet 1,2,4-triazol, der blandt andet stammer fra forskellige af landbrugets svampemidler (azol-midler), bliver påvist i grundvandet under de seks VAP-markerne. Når 1,2,4-triazol findes i grundvandsprøverne, findes stoffet oftest i koncentrationer under kravværdien på 0,1 µg/L; men der forekommer koncentrationer over kravværdien for grundvand på 0,1 µg/L i grundvandsprøver fra både sandjorden på Jynde vad og de opsprækkede lermarker Estrup, Silstrup og Lund (Tylstrup: 111 ud af 266 med fund - ingen over kravværdien; Jynde vad: 261 ud af 421 med fund - én over kravværdien; Silstrup: 41 ud af 95 med fund - tre over kravværdien; Estrup: 205 ud af 227 med fund - 61 over kravværdien; Lund: 25 ud af 36 med fund - 1 over kravværdien). 1,2,4-triazol blev inkluderet i VAP-monitoringen i forbindelse med, at Miljøstyrelsen i 2014 lagde restriktioner på brugen af de azol-midler, der blev vurderet til at kunne danne 1,2,4-triazol i betydelige mængder. For at beskytte grundvandet mod udvaskning af 1,2,4-triazol blev den samlede dosering af midlerne på nær prothioconazol pr. vækstsæson nedsat, og efterårsanvendelse af tebuconazol blev forbudt. Udvasning af 1,2,4-triazol blev undersøgt i forbindelse med anvendelse af tebuconazol i 2014 mod svampe i kornafgrøder på sandjord på Tylstrup og Jynde vad, samt den opsprækkede lerjord på Fårdrup og Estrup. Tebuconazol blev anvendt i maj 2014 på sidstnævnte mark, hvorimod der blev foretaget den nu forbudte efterårsudbringning på de andre tre marker. Undersøgelserne viste, at 1,2,4-triazol i en række tilfælde kunne påvises i grundvandet og på Estrup i koncentrationer op til 0,26 µg/L. Desuden indikerede målingerne, at kilden til forureningen kunne være overfladenær, idet koncentrationerne aftog med dybden. Med undtagelse af Fårdrup, hvor der ikke strømmede vand i drænet umiddelbart før sprøjtning, blev der fundet 1,2,4-triazol i vandprøver fra 1 meters dybde og/eller grundvandet, inden tebuconazol blev udbragt. I Estrup overskred baggrundskoncentrationerne kravværdien på 0,1 µg/L i grundvandet udtaget fra én nedstrøms boring. Derfor kunne fundene på de to sandede marker og Estrup ikke alene relateres til den specifikke udbringning af tebuconazol i VAP i 2014, men kunne skyldes bidrag fra andre kilder, såsom tidligere anvendelse af tebuconazol eller anvendelse af andre aktivstoffer i bejdse- og svampemidler. For at evaluere på sidstnævnte kilde blev epoxiconazol i nedsat dosering anvendt på Jynde vad i maj 2015 samt prothioconazol på Tylstrup (maj og juni 2015), Jynde vad (juni 2015) og Fårdrup (maj 2015). Brugen af prothioconazol var ikke blevet pålagt restriktioner i 2014, da stoffet ifølge vurderingen i EU kun dannede ubetydelige mængder 1,2,4-triazol i jord. Prothioconazol blev medtaget i VAP i 2015 for at teste, hvorvidt 1,2,4-triazol kunne dannes i væsentlige mængder under landbrugsmæssige forhold i Danmark. Efter anvendelserne af stoffet på Tylstrup og Jynde vad observeredes en stigning i koncentrationen af 1,2,4-triazol i jordvand fra 1 meters dybde og nogle grundvandsfiltre - alle under kravværdien; men om denne stigning skyldtes bidrag fra tidligere anvendte azoler eller denne anvendelse var uklar grundet baggrundskoncentrationsniveauet af 1,2,4-triazol. I grundvandsprøver fra Fårdrup blev 1,2,4-triazol fundet i lave koncentrationer. Vand fra drænsystemet i 1 m dybde i Fårdrup tydede dog på en stigning i koncentrationen af 1,2,4-triazol efter sprøjtningen med prothioconazol og frem til august 2015, hvor monitoringen af økonomiske grunde midlertidigt stoppede frem til maj 2016. Koncentrationer målt i vandprøverne fra Fårdrup udtaget fra maj 2016 nåede op på et højere niveau end det tidligere målte fra efterår 2014 til vinter 2015. Hvorvidt dette niveau blev fastholdt efter sprøjtningen med propiconazol i halv dosis juni 2016 er uvist, da der ikke var drænvandsafstrømning og dermed ikke kunne analyseres for 1,2,4-triazol i drænvandet. 1,2,4-triazol blev dog fundet (sidste gang i marts 2015) i lave koncentrationer i enkelte grundvandsprøver. Efter epoxiconazol udbringning i maj 2015 på Jynde vad efterfulgt af prothioconazol i juni 2015, steg koncentrationsniveauet til over 0,1 µg/L i 1 meters dybde (sugeceller) – her skal det påpeges, at 0,1 µg/L ikke er en kravværdi for vand fra den umættede zone. I juni 2016 blev Jynde vad marken på ny sprøjtet med propiconazol - denne gang med

halvdelen af den maksimalt tilladte dosering, hvorefter 1,2,4-triazol blev fundet i flere vandprøver fra sugeceller i 1 m dybde og grundvandsfiltre. Vandprøver udtaget fra sugeceller installeret i 1 m dybde og fra 3-5 m dybde i en opstrøms boring havde ligeledes et relativt højt indhold af 1,2,4-triazol. Dette indikerer, at fundene i vandprøver udtaget fra nedstrøms boringer var påvirket af sprøjtningen på VAP-marken; men sandsynligvis også af sprøjtninger udført på marker opstrøms VAP-marken. Analyseresultaterne indikerer, at denne opstrøms påvirkning var negligerbar i forbindelse med split-sprøjtningen med propiconazol på Silstrup og Fårdrup i sommeren 2017 og anvendelsen af såsæd bejdset med tebuconazol og prothioconazol på Silstrup i henholdsvis april og september 2018. Dette skyldes, at der ved nedbørens perkolerung igennem jordprofilerne i september/oktober blev fundet 1,2,4-triazol i koncentrationer over 0,1 µg/L i de første drænvandsprøver fra begge marker. Koncentrationsniveauet fulgte intensiteten i drænvandsstrømningen og faldt umiddelbart efter til under 0,1 µg/L. Sammenfaldende med de høje drænvandskoncentrationer overskred 1,2,4-triazol-koncentrationen i grundvandsprøver udtaget på Silstrup kortvarigt kravværdien for grundvand på 0,1 µg/L. Højest sandsynligt grundet en relativt lavere nedsivning på Fårdrup sammenlignet med Silstrup fandtes 1,2,4-triazol i lavere koncentrationer i grundvandsprøverne fra Fårdrup. Initiale detektioner i vandprøver fra Lund viste et forholdsvist højt baggrunds niveau af 1,2,4-triazol-koncentrationer også i vand fra boringen opstrøms. Koncentrationsniveauet i vand fra nedstrøms boringerne øgedes ved såning af såsæd bejdset med tebuconazol og prothioconazol i april 2018 samt splitsprøjtningen med prothioconazol i maj-juni 2018. Resultaterne for 1,2,4-triazol udviste fund i vand fra 1 m dybde og grundvandet på såvel de sandede marker som de opsprækkede lermarker. Som tidligere beskrevet detekteredes 1,2,4-triazol i grundvandsprøver i meget variable grad og i koncentrationer over kravværdien på 0,1 µg/L på fire ud af seks marker. Resultater fra Silstrup og Lund indikerer, at de primære kilder til den observerede 1,2,4-triazol-udvaskning på disse to marker kan være azol-sprøjtningerne på markerne og anvendelsen af såsæd bejdset med azoler. Ud fra de eksisterende monitoringsresultater er det ikke muligt at differentiere imellem disse to kilder. Skæbnen af udvalgte azoler i overjord fra bl.a. VAP-marker i forbindelse med azol-sprøjtninger søges belyst i et forskningsprojekt finansieret af Miljøstyrelsen. 1,2,4-triazol vil fortsat være inkluderet i VAP-monitoringen.

CyPM

CyPM er et nedbrydningsprodukt fra azoxystrobin, der blev anvendt mod svampe i vinterhvede på Silstrup i blandt andet 2013 og 2014, i vinterhvede på Estrup i 2014 og i vårbyg på Lund 2017. CyPM blev efterfølgende fundet i flere drænvandsprøver på de tre marker i relativt høje koncentrationer; op til 0,56 µg/L på Silstrup, 1,0 µg/L på Estrup og 0,43 µg/L på Lund. Stoffet blev ligeledes fundet i henholdsvis 100 ud af 756 (Silstrup), 41 ud af 766 (Estrup) og 11 ud af 168 (Lund) prøver fra grundvandet. I grundvandsprøver fra Silstrup og Estrup var koncentrationen af CyPM i henholdsvis 12 og fem af disse prøver over kravværdien. De højeste koncentrationer i grundvandet var 0,52 µg/L i september 2014 i Silstrup, 0,46 µg/L i november 2014 i Estrup og 0,06 µg/L i Lund, hvorefter koncentrationen på Silstrup og Estrup var faldende over tid, dog med detektioner frem til monitoringen ophørte. Monitoringen af CyPM blev stoppet i oktober 2016 på Silstrup, men fortsatte på Estrup til april 2017 og foregår stadig på Lund. Azoxystrobin, moderstoffet, er fundet primært i lave koncentrationer i drænvand og enkelte gange i grundvandet, hvorimod CyPM i stigende grad fandtes i grundvandet. Efter hver ny sprøjtning med azoxystrobin på Silstrup observeredes en stigning i koncentrationen af CyPM i vand fra grundvandsfiltre. Således oversteg ni ud af de 12 grundvandsprøver kravværdien på Silstrup, efter udbringningen i 2014, mens det ved Estrup skete en overskridelse i fire ud af fem grundvandsprøver. Disse fund skete desuden i vandprøver fra horisontale boringer i to meters dybde. Transportvejen af CyPM fra overfladen til de vertikale boringer i kanten af marken, specielt på Estrup, var længere end til de horisontale boringer under marken og lod til at være afgørende for fund af CyPM i grundvandsprøverne. Idet der ikke er installeret horisontale

boringer på den nye VAP-mark Lund, kan den længere transportvej til de vertikale boringer være årsag til, at koncentrationsniveauet for detektioner i grundvandsprøver fra Lund var lavere sammenlignet med Silstrup og Estrup. En undersøgelse og vurdering af disse sammenhænge skal foretages i VAP.

E/Z BH517-TSO

To af cycloxydime nedbrydningsprodukter, BH 517-T2SO₂ og E/Z BH 517-TSO, er for første gang under evaluering i VAP med anvendelse på den sandede mark Jyndeved i maj 2017. Sidstnævnte nedbrydningsprodukt blev detekteret i månedlige vandprøver udtaget fra sugeceller i 1 m dybde og en horisontal boring beliggende i 2,5 m dybde under det dyrkede areal af marken. I vandet fra 1 m dybde blev stoffet fundet i 10 ud af 25 vandprøver med en maksimal koncentration på 0,53 µg/L samt i 2 ud af 133 grundvandsprøver med maksimal koncentration på 0,03 µg/L. Resultaterne indikerer, at udvaskningen af E/Z BH 517-TSO igennem den umættede zone med tiden aftog og blev yderligere minimeret ved fortynding i grundvandszonen. Monitoreringen fortsættes endnu et år.

Bentazon

I maj 2016 blev tre nedbrydningsprodukter af bentazon, 6-hydroxy-bentazon, 8-hydroxy-bentazon og N-methyl-bentazon, inkluderet i monitoringsprogrammet på de to sandjorder Tylstrup og Jyndeved. Dette skete i forbindelse med en bentazon-sprøjtning mod ukrudt i vårbyg med kløvergræsudlæg. Efter denne anvendelse blev bentazon fundet i vand fra den umættede zone under begge marker, men ingen af stofferne blev påvist i grundvandet. Efter endnu en sprøjtning med bentazon i maj 2017 på Jyndeved, blev der fundet koncentrationer op til 4,5 µg/L i vand fra sugeceller i 1 m dybde ligesom der var to detektioner i grundvandsprøver med en maksimal koncentration på 0,03 µg/L. Et tilsvarende udvaskningsmønster fandt sted efter bentazon-sprøjtningerne i 2012 og 2013. For at kunne sammenholde den nye VAP-mark Lund med de andre VAP-marker i forhold til udvaskningsrisiko, blev der i maj 2017 anvendt bentazon på Lund i vårbyg med udlæg af kløvergræs. Denne udbringning af bentazon medførte detektioner i seks ud af 22 drænvandsprøver med maksimumkoncentration på 0,05 µg/L og i fem ud af 168 grundvandsprøver, hvor den maksimale koncentration var 0,06 µg/L. Grundet manglende registeret vandbalance samt usikkerhed om boringernes hydrauliske kontakt til de hydrauliske aktive veje i den opsprækkede lermark, Lund, er en sammenligning med udvaskning af bentazon fra andre marker pt ikke mulig. De kommende års monitoringsresultater fra VAP forventes at muliggøre en sådan sammenligning.

Glyphosat

Monitoringsresultater tyder på, at snesmeltning i marts 2016 var årsagen til fund af glyphosat i grundvandet i koncentrationer over 0,1 µg/L to år efter anvendelsen på den opsprækkede lermark Estrup. Et tilsvarende mønster fandt sted i begyndelsen af 2013 efter snesmeltning. Markante regnhændelser i august-september 2015 på Estrup kunne være årsag til en koncentration på 0,09 µg/L i grundvandet. På trods af disse vejrfænomeners effekt på udvaskning af glyphosat til grundvandet samt drænvandsfund af glyphosat og dets nedbrydningsprodukt AMPA i høje koncentrationer, blev stofferne sjældent påvist i grundvandet og mestendels i koncentrationer under 0,1 µg/L. Dette underbygges nu også af resultater fra Lund, hvor glyphosat blev påvist i 21 ud af 26 drænvandsprøver med 8 detektioner over 0,1 µg/L og en maksimal koncentration på 8,6 µg/L. Nedbrydningsproduktet AMPA blev fundet i 23 ud af 26 drænvandsprøver, hvoraf fem havde koncentrationer over 0,1 µg/L, og den maksimale koncentration var 1,3 µg/L. I to ud af 112 grundvandsprøver blev der fundet glyphosat, men intet AMPA. Der skal dog, som nævnt i afsnittet om bentazon, tages forbehold for resultaterne fra Lund.

Mesotrion

Split-anvendelse af mesotrion på majs i Estrup i maj-juni 2016 og i Silstrup i juni 2016 resulterede i kortvarig udvaskning til dræn i 1 meters dybde af mesotrion og dets nedbrydningsprodukt MNBA. Samlet set blev mesotrion fundet i 19 ud af 97 drænvandsprøver med fire fund over 0,1 µg/L (maks. 0,82 µg/L) og MNBA fundet i 6 ud af 97 drænvandsprøver uden fund over 0,1 µg/L (maks. 0,04 µg/L). Et andet nedbrydningsprodukt, AMBA, blev hverken fundet i drænvand eller grundvand fra de to marker. Kun på Estrup blev mesotrion fundet i grundvandsprøver. Den højeste koncentration i to detektioner var 0,07 µg/L. Efter to års målinger indstilledes monitoringen af de tre stoffer i maj 2018 på både Silstrup og Estrup.

Resultater fra hele monitoringsperioden maj 1999 - juni 2018

I hele perioden fra 1999 til juni 2018 er risikoen for udvaskning til grundvandet af i alt 124 stoffer blevet undersøgt i VAP. Af disse var 50 selve pesticidet, medens 74 var nedbrydningsprodukter. De 74 nedbrydningsprodukter stammede fra 39 pesticider, hvoraf de 3 pesticider fludioxonil, mancozeb og tribenuron-methyl ikke har været inkluderet i VAP-analyseprogrammet, idet de nedbrydes hurtigt. 9 nye nedbrydningsprodukter blev inkluderet til test i VAP i det seneste hydrologiske år, vist med rødt i Tabel 1.

Ud af de i alt 57 pesticider (52 plus de 5 adderede azoler i Tabel 1), var der fund af 17 pesticider og/eller deres nedbrydningsprodukter i grundvandet, hvor koncentrationerne i nogle tilfælde overskred kravværdien i grundvandet på 0,1 µg/L (Tabel 3). 15 af de 17 pesticider og/eller deres nedbrydningsprodukter blev tillige fundet i 1 meters dybde i dræn og/eller sugeceller med en årlig gennemsnitskoncentration efter udbringningen på over 0,1 µg/L (Tabel 4). På opsprækkede lerjorde resulterede brugen af 13 af de 17 pesticider i fund over kravværdien i grundvandet, mens dette kun var tilfældet for 5 af de 17 pesticider på sandjorde. Brugen af 19 andre pesticider resulterede ikke i detektioner i vandprøver fra grundvandsfiltre, hvoraf 14 heller ikke resulterede i detektioner i vandprøver fra dræn eller sugeceller i 1 m dybde. For de resterende 21 pesticider og/eller deres nedbrydningsprodukter blev de alle fundet i grundvandet, men under kravværdien på 0,1 µg/L.

Resultaterne af VAP-monitoringen i perioden fra maj 1999 til juni 2018 har, som beskrevet i den seneste VAP-rapport (Rosenbom *et al.*, 2019), bidraget med input til reguleringsarbejdet på følgende vis:

- **Der er påvist flere pesticider og/eller deres nedbrydningsprodukter i grundvandet under de opsprækkede lermarker end under de sandede marker.**

Antallet af prøver med højt detektionsniveau (røde felter) i Tabel 3 viser, at flere pesticider og/eller deres nedbrydningsprodukter blev påvist mindst én gang i grundvandet i en koncentration, der overskred kravværdien på 0,1 µg/L under de opsprækkede lermarker end under de sandede marker. På sandjordene afspejlede prøverne med højt detektionsniveau primært langtidsudvaskning af et begrænset antal nedbrydningsprodukter i koncentrationer over 0,1 µg/L, hvorimod både pesticider og deres nedbrydningsprodukter udvaskedes mere dynamisk/momentant på de opsprækkede lerjorde, hvilket blev tilskrevet tilstedeværelsen af bioporer og sprækker (Figur 2). Den nye opsprækkede lermark (Lund) i VAP, som er beliggende ovenpå opsprækket kalk, vil bidrage til en øget forståelse af overlejret, opsprækket lerjords sårbarhed, så muligheden for tidlig varsling af udvaskning fra disse bliver forbedret.

- **Nedbrydningsprodukter såsom diketo-metribuzin detekteredes i koncentrationer over 0,1 µg/L i grundvandet flere år efter udbringning af pesticidet.**

Monitoringsresultaterne indikerede, at pesticidet metribuzin, anvendt på kartoffelmarker, tilbageholdes i pløjelaget, hvorfra det langsomt frigives og nedbrydes til diketo-metribuzin. Dette stof blev herefter udvasket til grundvandet over lang tid, hvor det i flere tilfælde fandtes i koncentrationer over 0,1 µg/L i op til 5 år efter udbringningen. Metribuzin blev forbudt i Danmark i 2005 som følge af udvaskning af to nedbrydningsprodukter til grundvandet. En detaljeret undersøgelse viste, at det lange

udvaskningsforløb af nedbrydningsproduktet diketo-metribuzin ikke kunne forudsiges med den eksisterende beskrivelse af binding af stoffer i jord i de modeller, der i reguleringen bliver anvendt til at estimere udvaskningsrisikoen. I modsætning til i den daværende, europæiske regulering var den særligt konservative modellering, der anvendes i den danske regulering af pesticider, i stand til at forudse problemerne forbundet med anvendelsen af metribuzin.

- **Mange fund af nedbrydningsproduktet CGA108906 i grundvandet under de sandede VAP-marker medførte i december 2013 et forbud mod anvendelse af metalaxyl-M i Danmark fra 2014, og stoffet bliver nu fulgt i GRUMO.**

Metalaxyl-M blev anvendt mod sygdommen kartoffelskimmel på de to sandede VAP-marker i 2010, og dets nedbrydningsprodukt CGA108906 blev efterfølgende detekteret i grundvandsprøver fra markerne i koncentrationer op til 2,7 µg/L cirka 4,5 år efter anvendelsen (Tabel 2). Metalaxyl-M samt dets to nedbrydningsprodukter CGA62826 og CGA108906 blev inkluderet i VAP, idet der i optagelsesdirektivet for metalaxyl-M i EU i 2002 blev fremlagt materiale, som viste markant udvaskning af de to nedbrydningsprodukter. Efter de første års fund i VAP blev brugen af metalaxyl-M i sprøjtemidler forbudt i Danmark i december 2013 og er for nyligt blevet medtaget i det reviderede analyseprogram for Den Nationale Grundvandsovervågning (GRUMO) samt i Vandværkernes Boringskontrol. I afrapporteringen af sidstnævnte var CGA108906 det fjerde hyppigst fundne stof i 2016. Det er fortsat tilladt at anvende metalaxyl-M-bejdsset frø/såsåed i Danmark.

- **Langtidsudvaskning af nedbrydningsproduktet PPU til grundvandet i koncentrationer akkurat under 0,1 µg/L førte sammen med nye PPU-persistens-data fra Den Europæiske Fødevarerikkerhedsautoritet (EFSA) til et forbud mod anvendelse af rimsulfuron i Danmark i 2012.**

Som metribuzin og metalaxyl-M blev rimsulfuron anvendt i kartofler og tilbageholdt i pløjelaget, hvorfra det blev frigivet langsomt og nedbrudt til PPU. PPU udvaskede herefter til grundvandet i koncentrationer lige under 0,1 µg/L i op til 5 år efter udbringningen af rimsulfuron. Denne observerede langtidsudvaskning af PPU i VAP-regi kombineret med ny information om PPU's persistens i jord publiceret af EFSA i 2012 medførte, at anvendelsen af rimsulfuron blev forbudt i Danmark i 2012.

- **Nedbrydningsprodukter såsom TFMP er ofte mere vandopløselige end selve pesticidet og kan derfor have et relativt højt udvaskningspotentiale, især i forbindelse med kraftige nedbørshændelser kort efter udbringningen af pesticidet.**

Efter fire udbringninger af fluazifop-P-butyl, hvor den maksimalt tilladte dosering blev nedreguleret ved de to seneste udbringninger, syntes vejrliget inden for den første uge efter udbringning at spille en væsentlig rolle for antallet af fund af TFMP. For at sikre en god vurdering af risikoen for udvaskning er det vigtigt at anvende opdaterede og relevante klimadata i grundvandsmodellerne på EU-niveau.

- **Det meget toksiske nedbrydningsprodukt nitrofen kunne imod forventning dannes i jorden efter brug af bifenox.**

Fund af nitrofen i drænvand på VAP-markerne i Silstrup og Fårdrup i koncentrationer op til 0,34 µg/L medførte, at moderstoffet bifenox blev forbudt i 2013 i Danmark. Nitrofen,

der også er et pesticid, har været forbudt at anvende i EU siden 1996, da stoffet har kræftfremkaldende egenskaber.


- **Nedbrydningspotentialiet i pløjelaget er altafgørende for udvaskningsrisikoen af både pesticider og deres nedbrydningsprodukter.**


MCPA er et eksempel på et stof, som ikke udvaskes grundet en markant mikrobiologisk nedbrydning i pløjelaget. Det eneste tilfælde, hvor MCPA blevet fundet i en vandprøve fra grundvandszonen, var i forbindelse med en markant nedbørshændelse.

Alle resultater fra VAP fremgår af de årlige, engelsksprogede VAP-rapporter, som kan findes på hjemmesiden: <http://www.pesticidvarsling.dk/>.

Tabel 3. Detektionsniveau af pesticider og/eller deres nedbrydningsprodukter i **grundvandsprøver**. "Højt" detektionsniveau betyder, at mindst én grundvandsprøve fra mindst én VAP-mark indeholdt pesticid og/eller dets nedbrydningsprodukt i en koncentration over 0,1 µg/L (røde felter). "Lavt" detektionsniveau betyder, at mindst én prøve indeholdt pesticidet og/eller dets nedbrydningsprodukt i koncentrationer lig med eller under 0,1 µg/L (blå felter). Blanke felter angiver, at udvaskningen ikke er undersøgt. (+) angiver, at pesticidet er anvendt inden for monitoringsperioden juli 2016 - juni 2018.

Detektionsniveau	Pesticid	Sand		Opsprækket ler			
		Tylstrup	Jynde vad	Silstrup	Estrup	Fårdrup	Lund
Højt	Azoxystrobin (+)						
	Bentazon (+)						
	Bifenox						
	Diflufenican						
	Ethofumesat						
	Fluazifop-P-butyl						
	Fludioxonil						
	Glyphosat (+)						
	Mesotrion (+)						
	Metalaxyl-M						
	Metamitron (+)						
	Metribuzin						
	Propyzamid						
	Pyridate						
	Rimsulfuron						
	Tebuconazol (+)*						
	Terbuthylazin						
Lavt	Aminopyralid						
	Clopyralid						
	Cycloxydim (+)						
	Desmediphan						
	Dimethoat						
	Epoxiconazol						
	Fenpropimorph						
	Flamprop-M-isopropyl						
	Fluroxypyr (+)						
	Foramsulfuron (+)						
	Ioxynil						
	MCPA						
	Mancozeb						
	Metrafenone						
	Pendimethalin						
	Phenmedipham						
	Pirimicarb						
	Propiconazol						
	Prosulfocarb						
	Metsulfuron-methyl						
Triflusulfuron-methyl							
Ingen	Aclonifen						
	Amidosulfuron						
	Boscalid						
	Bromoxynil						
	Chlormequat						
	Clomazone						
	Cyazofamid						
	Florasulam (+)						
	Flupyrulfuron-methyl (+)						
	Haluxifen-methyl (+)						
	Iodosulfuron-methyl						
	Linuron						
	Mesosulfuron-methyl (+)						
	Picolinafen						
	Thiacloprid						
	Thiamethoxam						
	Thifensulfuron-methyl** (+)						
	Triasulfuron						
Tribenuron-methyl							

 Pesticid og/eller dets nedbrydningsprodukter er detekteret i grundvandsprøver i koncentrationer, der overskrider 0,1 µg/L.


 Pesticid og/eller dets nedbrydningsprodukter er detekteret i grundvandsprøver i koncentrationer, der ikke overskrider 0,1 µg/L.


 Pesticid og/eller dets nedbrydningsprodukter er ikke detekteret i grundvandsprøver.


Disse oplysninger inkluderer: *1,2,4-triazol, som evt. også kan stamme fra pesticiderne epoxiconazol, propiconazol og prothioconazol eller andre azoler fra bejdsning af frø, og ** triazinamin, som også kan stamme fra iodosulfuron.

Table 4. Detektionsniveau af pesticider og/eller deres nedbrydningsprodukter i vand fra 1 meters dybde (dræn og sugeceller). "Højt" betyder, at den årlige gennemsnitskoncentration af pesticidet og/eller dets nedbrydningsprodukt i de indsamlede prøver fra mindst en VAP-mark ligger over 0,1 µg/L (rødt felter), hvilket påpeges kun er en kravværdi for grundvand. "Lavt" betyder, at pesticidet og/eller dets nedbrydningsprodukt i de indsamlede prøver fra mindst en mark er lig med eller under 0,1 µg/L (blå felter). Blanke felter angiver, at udvaskningen ikke er undersøgt. (+) angiver, at pesticidet er anvendt inden for monitoringsperioden juli 2016 - juni 2018.

Detektions-niveau	Pesticid	Sand		Opsprækket ler			
		Tylstrup	Jydevad	Silstrup	Estrup	Fårdrup	Lund
Højt	Azoxystrobin (+)						
	Bentazone (+)						
	Bifenox						
	Diflufenican						
	Ethofumesat						
	Fluazifop-P-butyl						
	Fluroxypyr (+)						
	Glyphosat (+)						
	Mesotrione (+)						
	Metalaxyl-M						
	Metamitron (+)						
	Metribuzin						
	Picolinafen						
	Pirimicarb						
	Propyzamide						
	Rimsulfuron						
	Tebuconazol* (+)						
Terbutylazin							
Lavt	Amidosulfuron						
	Bromoxnyl						
	Clomazon						
	Cycloxydim (+)						
	Dimethoat						
	Epoxiconazol						
	Flamprop-M-isopropyl						
	Fludioxonil						
	Flupyr-sulfuron-methyl (+)						
	Foramsulfuron						
	Ioxynil						
	MCPA						
	Mancozeb						
	Mesosulfuron-methyl (+)						
	Metrafenon						
	Pendimethalin						
	Phenmedipham						
	Propiconazol						
	Prosulfocarb						
	Pyridate						
Triflusulfuron-methyl							
Ingen	Aclonifen						
	Aminopyralid						
	Boscalid						
	Chlormequat						
	Clopyralid						
	Cyazofamid						
	Desmedipham						
	Fenpropimorph						
	Florasulam (+)						
	Haluxifen-methyl (+)						
	Iodosulfuron-methyl						
	Linuron						
	Metsulfuron-methyl						
	Thiacloprid						
	Thiamethoxam						
	Thifensulfuron-methyl** (+)						
	Triasulfuron						
Tribenuron-methyl							

 Pesticid og/eller dets nedbrydningsprodukt er detekteret i en gennemsnitskoncentration overskridende 0,1 µg/L inden for det første år efter udbringning

 Pesticid og/eller dets nedbrydningsprodukt er detekteret i en gennemsnitskoncentration lig eller mindre end 0,1 µg/L inden for det første år efter udbringning samt i færre end tre prøver udtaget efter hinanden, eller i en prøve over 0,1 µg/L.

 Pesticid og/eller dets nedbrydningsprodukt er ikke eller kun detekteret i meget få prøver under 0,1 µg/L.

Disse oplysninger inkluderer: *1,2,4-triazol, som evt. også kan stamme fra pesticiderne epoxiconazol, propiconazol og prothioconazol eller andre azoler fra bejdsning af frø, og **triazinamin, som også kan stamme fra iodoflufenuron.