

Varslingsystem for udvaskning af pesticider til grundvand

MONITERINGSRESULTATER
JULI 2020 - JUNI 2022



De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland
Afdeling for Geokemi

Aarhus Universitet
Institut for Agroøkologi
Institut for Ecoscience



Varslingssystemet for udvaskning af pesticider til grundvand (VAP)

Sammendrag af monitoringsresultater med fokus på juli 2020 - juni 2022



Nora Badawi, Sachin Karan, Eline B. Haarder, Lasse Gudmundsson, Carl H. Hansen, Carsten B. Nielsen, Finn Plauborg, og Kirsten Kørup

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)
Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet

Institut for Agroøkologi (AGRO)
Aarhus Universitet

Institut for Ecoscience (ECOS)
Aarhus Universitet

Redaktør: Nora Badawi
Forsidefoto af Henning Carlo Thomsen: Kartoffelafgrøde
Layout og grafisk produktion: Forfattere
Trykt: August 2023

ISSN (print): 2446-4244
ISSN (online): 2446-4252
ISBN (print): 978-87-7871-584-5
ISBN (online): 978-87-7871-585-2

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

Nærværende sammendrag samt alle engelsksprogede rapporter er tilgængelige i pdf-format på www.vap.dk

© De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, 2023

Indhold

Hvad er VAP?.....	3
Hvad viser resultaterne for juli 2020 – juni 2022?.....	6
Hvad har vi lært af VAP gennem tiden?.....	14
Referencer.....	15

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

Forfattergruppen bag det danske sammendrag og den engelske rapport er: Nora Badawi (red., GEUS), Sachin Karan (GEUS), Eline B. Haarder (GEUS) og Kirsten Kjørup (AGRO) med bidrag fra Lasse Gudmundsson (GEUS), Carl H. Hansen (GEUS), Carsten B. Nielsen (ECOS) og Finn Plauborg (AGRO).

Hvad er VAP?

I 1990'erne blev der i det landsdækkende grundvandsmoniteringsprogram (GRUMO) registreret en stigning i antallet af fund af pesticider i grundvandet.

For at bidrage til at grundvandet ikke forurenes i forbindelse med landbrugets anvendelse af godkendte pesticider, blev "VArslingsystemet for udvaskning af Pesticider til grundvandet" (VAP; www.vap.dk) initieret af Folketinget i 1998. VAP har været i drift siden da under ledelse af en styregruppe bestående af medlemmer fra Miljøstyrelsen (formandskab), GEUS (projektledelse) samt Aarhus Universitet (AGRO og ECOS). VAP er siden 2018 blevet finansieret som en del af Pesticidstrategien gældende for 2017-21 (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2017), og med den nyligt vedtagne pesticidstrategi for 2022-2026 (Miljøministeriet, 2022) understøttes arbejdet i VAP frem til 2026.

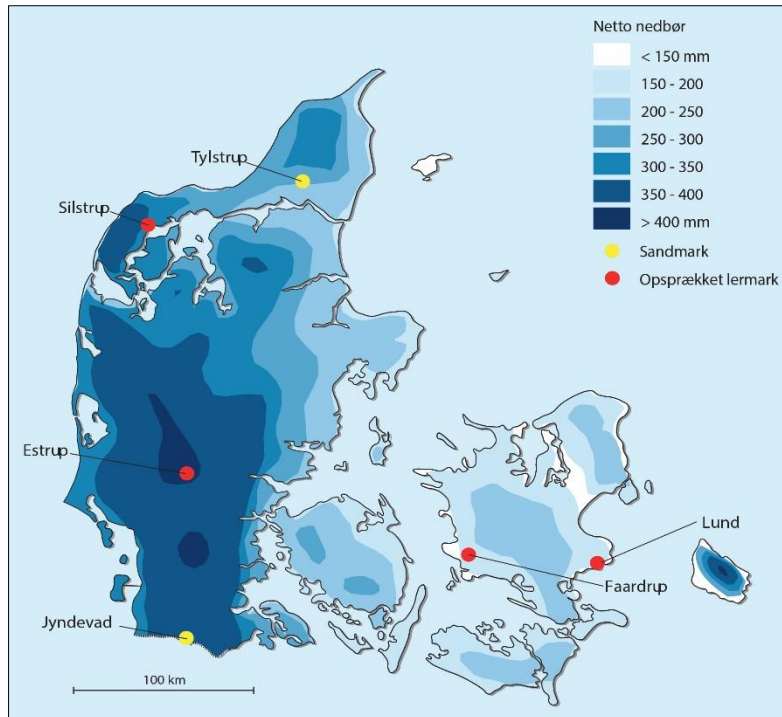
VAP er et monitoringsprogram, der ved hjælp af forsøgsmarker har følgende formål:

- at undersøge hvorvidt regelret sprøjtning af udvalgte, godkendte pesticider på marker i omdrift kan resultere i udvaskning af pesticiderne og/eller udvalgte nedbrydningsprodukter til grundvandet i koncentrationer over de gældende kravværdier for grundvand og drikkevand.
- at forbedre det videnskabelige grundlag for de danske myndigheders (Miljøstyrelsen) godkendelses- og reguleringsprocedurer for pesticider.

VAP driver seks forsøgsmarker, hvoraf fem aktivt monitoreres og én er på standby. Markerne varierer i areal fra 1,2 til 2,4 hektar og repræsenterer forskellige typer af klima, geologi og jordbund i Danmark – herunder både sandede marker og opsprækkede lermarker (Figur 1).

Pesticider, der er udvalgt til evaluering i VAP, testes med maksimalt tilladte doseringer under reelle danske markforhold og monitoreres typisk i en testperiode på to år efter udbringning. En vurdering af den direkte relation mellem den specifikke pesticidanvendelse på en forsøgsmark og fund i grundvandet opnås ved analyse af vandprøver fra én meters dybde (indhentet via dræn og sugeceller), samt fra grundvandet (udtaget i 1,5-7 m dybde) både nedstrøms og opstrøms for forsøgsmarken.

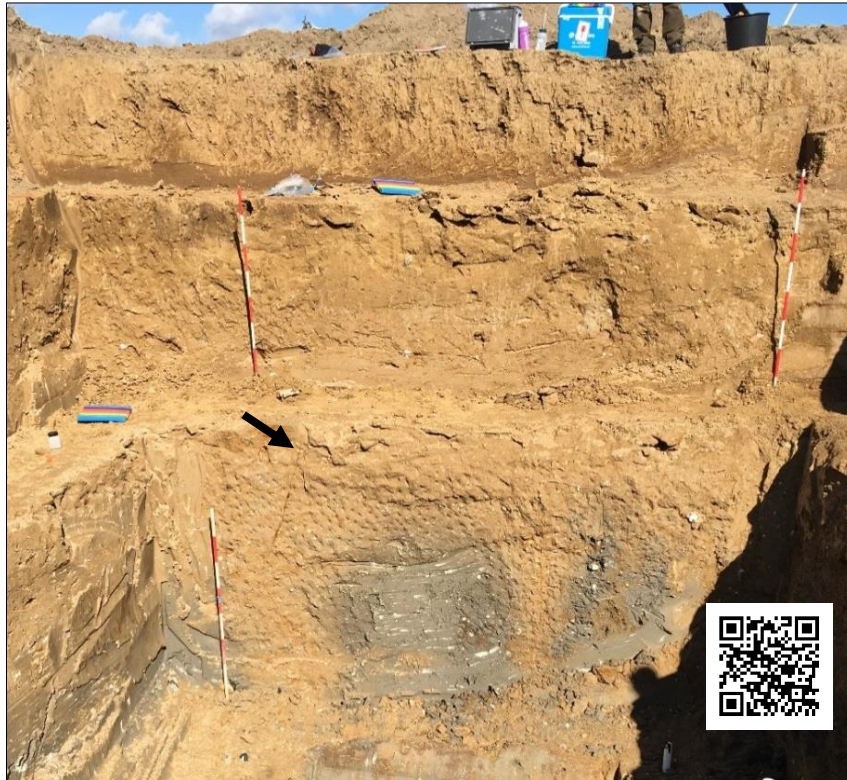
På baggrund af fund og koncentrationsbestemmelse af pesticider og/eller udvalgte nedbrydningsprodukter i grundvandet (i kombination med den testede pesticidanvendelse, afgrødedata, dyrkningspraksis, klima, og jordens vandbalance) leverer VAP en mulighed for tidligt at udpege potentielle grundvandsforurenende pesticider og/eller udvalgte nedbrydningsprodukter.



Figur 1. VAP-markernes placering i Danmark i forhold til nettonedbør (andelen af nedbør, som når grundvandet). Markerne, der indgår i VAP, repræsenterer de mest udbredte danske klima- og jordtyper, hvori sandjorde og opsprækkede lerjorde indgår (Miljøstyrelsen, 1992). Tylstrup-marken blev sat på standby per 1. januar 2019. Lund-marken blev etableret i 2016-2017 på en lokalitet med et relativt tyndt, opsprækket lerlag oven på opsprækket kalk. Denne jordtype var ikke tidligere repræsenteret i VAP.

For at øge repræsentativiteten af VAP i forhold til geologi blev der i forbindelse med finansloven for 2015 (Finansministeriet, 2014) 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 (Vangkilde-Pedersen *et al.* 2011). Denne lagdelte jordtype forekommer især i de sydøstlige dele af Danmark og det nordlige Jylland. Den forventes at være relativt gennemtrængelig for pesticider og deres nedbrydningsprodukter grundet sprækkerne (Figur 2) og er ikke repræsenteret af de fem andre marker i VAP (Figur 1). Marken er etableret ved Lund på Stevns og blev sat i drift i juli 2017. Nærmere information om marken kan læses i etableringsrapporten (Haarder *et al.* 2021). Resultaterne af monitoringen vedrørende vandbalancen af marken er fortsat under evaluering, hvorfor resultaterne fra marken kan være behæftet med usikkerhed.

Da tillægsbevillingen til Lund-marken udløb med udgangen af 2018, var det ikke længere muligt at opretholde monitoringen på alle seks marker. For at kunne fastholde driften af Lund-marken, blev det besluttet at sætte marken ved Tylstrup på standby fra 1. januar 2019.



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. glet- chernes belastning under istiden. Foto: Eline Bojsen Haarder, 2016.
QR-kode: Film om VAP-mark i Lund.

Hvad viser resultaterne for juli 2020 – juni 2022?

Denne rapport fokuserer på resultaterne fra perioden juli 2020 - juni 2022. I denne periode blev der anvendt 21 forskellige kommercielle produkter med i alt 20 forskellige aktivstoffer på VAP-markerne som led i landbrugsdriften. I nogle tilfælde indeholdt de kommercielle produkter et eller flere pesticider, og i andre tilfælde blev det samme pesticid anvendt på markerne ved brug af forskellige kommercielle produkter. Ikke alle aktivstoffer fra disse produkter blev udvalgt til testning og er derfor ikke medtaget i monitoringen. Nærværende rapportssammendrag indeholder resultaterne af test udført på fem forskellige marker, hvoraf den ene er sandet (Jyndevad) og de fire andre hovedsageligt består af lerholdig jord (Silstrup, Estrup, Fårdrup og Lund).

Bemærk, at der i monitoringen er medtaget flere aktivstoffer og/eller nedbrydningsprodukter, hvor selve aktivstoffet blev anvendt på markerne før juli 2020, men hvor monitoringen fortsatte ind i indeværende af-rapporteringsperiode. Således er der i nærværende rapport også inkluderet tests og medtaget analyseresultater fra før juli 2020 i de tilfælde, hvor dette var nødvendigt. I rapporten fremlægges resultater både for igangværende monitorering og afsluttet monitorering for test af i alt 21 aktivstoffer (herefter benævnt *pesticider*), hvoraf fire pesticider og i alt 35 nedbrydningsprodukter indgik i monitoringen (Tabel 1). Derfor bemærkes det, at opsummeringen i Tabel 1 inkluderer analyser udført før den indeværende af-rapporteringsperiode, juli 2020 til juni 2022.

I af-rapporteringsperioden juli 2020 til juni 2022 er udvaskningen af 4 pesticider og 35 nedbrydningsprodukter undersøgt efter pesticidanvendelse i maksimalt tilladt dosering i henhold til den specifikke anvendelse (afgrøde-typer, tid på året, mm.). I alt blev udvaskningen af 39 stoffer monitoreret (Tabel 1). For 22 af nedbrydningsprodukterne gælder, at de hverken er fundet i grundvand, vand fra dræn eller sugeceller i en meters dybde. Det bemærkes dog at monitoringen for 3 af de 35 nedbrydningsprodukter startede i foråret 2022 (IN-B5528, IN-R9805 og M2). Således er monitoringen af disse nedbrydningsprodukter endnu på så tidligt et stadium, at datagrundlaget ikke er tilstrækkeligt til en egentlig evaluering, som derfor først vil indgå fra og med næste monitoringsrapport.

I alt er 17 (4 pesticider og 13 nedbrydningsprodukter) ud af de 39 monitorerede stoffer målt i vand fra markerne. Ni af disse stoffer er kun fundet i drænprøver og otte af dem er fundet i både dræn- og grundvandsprøver. Ud af de otte stoffer, der er fundet i grundvand, er fem af disse (propyzamid, 1,2,4-triazol, DMS, DMSA og CyPM) fundet i koncentrationer højere end kravværdien for grundvand på 0,1 µg/L (Tabel 1). Propyzamid er aktivstoffet i et plantebeskyttelsesmiddel, mens 1,2,4-triazol, DMS, DMSA og CyPM er nedbrydningsprodukter, der stammer fra hhv. forskellige azol-svampemidler (1,2,4-triazol), kartoffelsvampemidlet cyazofamid (DMS, DMSA) og svampemidlet azoxystrobin (CyPM). I vandprøver fra 1 meters dybde (udtaget fra drænvand og sugeceller) er 17 af de monitorerede stoffer fundet, heraf 10 i koncentrationer større end 0,1 µg/L (Tabel 1).

Resultaterne for den indeværende af-rapporteringsperiode er opsummeret i det følgende. Dog skal det bemærkes, at DMS og DMSA, der stammer fra cyazofamid, i perioden har udvasket til grundvandet i koncentrationer større end kravværdien på 0,1 µg/L efter anvendelse i en kartoffelafgrøde på Jyndevad. Der blev derfor i januar 2023 publiceret en dansksproget ekstraordinær VAP-rapport omhandlende denne cyazofamid test (Badawi *et al.*, 2023). Rapporten kan findes på www.vap-grundvand.dk.

Alle stoffer monitoreret i perioden er listet i Tabel 1. Stoffer angivet med rød skrift er ikke tidligere monitoreret i VAP.

Tabel 1. Oversigt over resultater. Fire pesticider og 35 nedbrydningsprodukter (39 stoffer) blev analyseret i VAP fra 1. april 2018 til 30. juni 2022. 27 stoffer, der ikke tidligere er blevet evalueret i VAP, er markeret med rødt. VZ er variabelt mættet zone (dræn og sugeceller), MZ er mættet zone (lodrette og vandrette grundvandsboringer), og vanding er antallet af analyserede vandingsvandsprøver. Den højeste koncentration i vandingsvandet angives i parentes i enheden µg/L. Det. er detektioner i koncentrationer > 0,01 µg/L og Max konc. er den maksimale detekterede koncentration.

Pesticider	Stoffer	Antal prøver			Analyseresultater					
		VZ	MZ	Vanding	Variabelt mættet zone			Grundvand		
					Det.	> 0,1 µg/L	Max konc. µg/L	Det.	> 0,1 µg/L	Max konc. µg/L
Acetamiprid	IM-1-4	54	211	6 (-)	0	0	-	0	0	-
	IM-1-5	54	211	6 (-)	0	0	-	0	0	-
Azoxystrobin	CyPM	58	257		43	9	0,21	36	3	0,23
Cyazofamid	CCIM	54	211	6 (-)	0	0	-	0	0	-
	CTCA	54	211	6 (-)	0	0	-	0	0	-
	DMSA	54	211	6 (0,02)	11	6	2,1	60	38	0,78
	N,N-DMS	54	211	6 (0,03)	42	13	0,39	80	43	0,44
Cycloxydim	BH 517-T2SO2	70	257	1 (-)	0	0	-	0	0	-
	EZ-BH 517-TSO	70	250	1 (-)	16	1	0,11	37	0	0,05
Florasulam	5-OH-florasulam	119	260		8	1	0,35	0	0	-
	DFP-ASTCA	119	260		0	0	-	0	0	-
	DFP-TSA	119	260		0	0	-	0	0	-
	TSA	196	652		1	0	0,06	0	0	-
Fluopyram	Fluopyram	95	284	2 (-)	19	1	0,21	4	0	0,02
	Fluopyram-7-hydroxy	53	137	2 (-)	2	0	0,01	0	0	-
Halauxifen-methyl	X-729	87	237		0	0	-	0	0	-
Metconazol*	Metconazol	61	109		1	0	0,01	0	0	-
Picloram	Picloram	28	140		1	0	0,01	1	0	0,05
Propaquizafop	CGA287422	73	193		0	0	-	0	0	-
	CGA290291	73	193		0	0	-	0	0	-
	CGA294972	73	193		0	0	-	0	0	-
	PPA	74	193		0	0	-	0	0	-
Propyzamide	Propyzamid	127	390		29	11	7	21	4	0,22
	RH-24580	26	128		0	0	-	0	0	-
	RH-24644	26	128		2	1	0,11	0	0	-
Proquinazid	IN-MM671	94	294	8 (-)	0	0	-	0	0	-
	IN-MM991	94	294	8 (-)	0	0	-	0	0	-
Pyroxulam	5-OH-pyroxulam	119	260		1	0	0,04	0	0	-
	6-Cl-7-OH-pyroxulam	119	260		0	0	-	0	0	-
	7-OH-pyrosulam	119	260		1	0	0,04	0	0	-
	PSA	119	260		4	2	0,25	0	0	-
	Pyridin sulfonamid	119	260		0	0	-	0	0	-
Tebuconazol Difenoconazol (BM)** Epoconazol Propiconazol Prothioconazol	1,2,4-triazol *	473	1,475	14 (-)	404	119	0,47	811	26	0,22
Thifensulfuron-methyl	IN-B5528 ***	94	216	2 (-)	0	0	-	0	0	-
	IN-JZ789	41	79		0	0	-	0	0	-
	IN-L9223	41	79		0	0	-	0	0	-
Thiophanate-methyl	Carbendazim	123	343	10 (-)	3	0	0,02	0	0	-
Tribenuron-methyl ***	IN-R9805	53	137	2 (-)	0	0	-	0	0	-
	M2	53	137	2 (-)	0	0	-	0	0	-

* 1,2,4-triazol er også et nedbrydningsprodukt fra metconazol

** BM: Bejdsemiddel. Difenoconazol er kun anvendt som bejdsemiddel.

*** IN-B5528 er også et nedbrydningsprodukt fra tribenuron-methyl

De følgende afsnit indeholder en opsummering af resultaterne for alle test udført i perioden 1. juli 2020 til 30. juni 2022.

Acetamiprid

Acetamiprid blev testet i kartofler i Jyndevad i 2020. Ingen af de to nedbrydningsprodukter, IM-1-4 og IM-1-5, blev påvist i vand fra sugecellerne i 1 m dybde, grundvand eller vandingsvand, hverken før acetamiprid blev udbragt (fra april til juni 2020) eller i løbet af monitoringsperioden. Det konkluderes, at IM-1-4 og IM-1-5 ikke gav anledning til fund i grundvandet over kravværdien i den nuværende monitoringsperiode, men monitoringen fortsætter, og en endelig vurdering af det to nedbrydningsprodukter vil blive præsenteret i næste VAP-rapport.

Azoxystrobin

Azoxystrobin blev testet i Silstrup i vinterhvede i maj/juni 2020, og dets nedbrydningsprodukt CyPM blev i den forbindelse medtaget i monitoringen. Fra de seneste resultater fremgår det, at den maksimale CyPM-koncentration blev detekteret i grundvandet i oktober 2020, fem måneder efter azoxystrobin blev anvendt første gang i Silstrup. Ligeledes i oktober 2020 blev kravværdien på 0,1 µg/L overskredet i vand fra tre monitoringsboringer, hvorefter der ikke blev påvist yderligere overskridelser. Et lignende mønster gjorde sig gældende for drænvandsprøver, hvor den maksimale koncentration blev målt ved den første større drænvandshændelse, som fandt sted samtidig med at den højeste koncentration i grundvand blev målt. Det overordnede udvaskningsmønster for CyPM i dræn- og grundvandsprøver afspejler således hinanden med relativt høje koncentrationer fem måneder efter azoxystrobinudbringningen. Det efterfølgende langsomme fald i koncentrationen i drænprøverne svarer imidlertid ikke til det mønster, der blev observeret i grundvandet, idet koncentrationerne her faldt hurtigt og forblev langt under kravværdien i resten af monitoringsperioden. Dette tyder på, at CyPM, selvom det påvises i drænvandet, ikke i samme grad udvaskes til grundvandet, måske på grund af yderligere nedbrydning. Der blev i alt indsamlet 201 prøver på Silstrup-marken i dræn- og grundvand i løbet af monitoringsperioden. CyPM blev påvist i 76 af disse, hvor 40 var i drænprøver og 36 i grundvandsprøver. I ni drænprøver var koncentrationer > 0,1 µg/L mens dette var tilfældet for tre grundvandsprøver.

Bemærk, at azoxystrobin også blev testet i VAP på Lund-marken i 2017-2019, hvor der ligeledes blev monitoreret for CyPM. Derfor fremgår der flere prøver i Tabel 1, end beskrevet herover, idet tabellen opsummerer alle analyser i VAP fra 1. april 2018 til 30. juni 2022. Testen i Lund er afrapporteret i forrige rapport (Badawi *et al.* 2022).

Azoler, herunder metconazol

I overensstemmelse med tidligere offentliggjorte VAP-rapporter (f.eks. Badawi *et al.* 2022) bliver der fortsat påvist 1,2,4-triazol udvaskning fra alle markerne. Ligeledes bekræftede den aktuelle monitorering, at 1,2,4-triazolkoncentrationerne varierede betydeligt mellem markerne. F.eks. blev overskridelsen af kravværdien kontinuerligt konstateret i Estrup i relativt lange perioder (ca. seks måneder), hvorimod der kun ved to lejligheder blev observeret overskridelser af kravværdien i Silstrup, mens der i Fårdrup ikke blev detekteret nogle overskridelser af kravværdien. På lermarkerne blev der generelt observeret ensartede koncentrationsniveauer gennem hele monitoringsperioden i den variabelt mættede zone (drænvand), hvilket også afspejledes i grundvandet. Dvs., at der var vedvarende detektioner i grundvandet, dog med lavere koncentrationsniveauer relativt til koncentrationerne i drænvand. På sandjord (Jyndevad), hvor der også blev detekteret 1,2,4-triazol gennem hele monitoringsperioden i den variabelt mættede zone, var koncentrationer dog faldende over tid. Alligevel var der vedvarende fund i grundvandet. Disse vedvarende fund på lermarkerne såvel som sandmarken understøtter, at 1,2,4-triazol konsekvent er til stede i den variabelt mættede zone og udvaskes,

når der er nedadgående vandstrømning. Dette stemmer overens med at azolerne kan akkumuleres i pløjelaget som beskrevet i Albers *et al.* (2022) og EFSA's konklusion om tebuconazol (EFSA, 2014). Da azolerne er blevet anvendt på VAP-markerne flere gange siden 2014, og anvendelsen af azolbejdsede frø ikke blev registreret i VAP før 2017, er tilstedeværelsen af akkumulerede azoler i VAP-markerne sandsynlig årsag til den fortsatte nedbrydning af azoler til 1,2,4-triazol, hvilket vil føre til langvarig udvaskning til grundvandet. På baggrund af den mangeårige gentagne anvendelse af azoler og deres potentielle ophobning i overjorden, er det derfor heller ikke muligt at knytte udvaskningen af 1,2,4-triazol til en specifik azolanvendelse på markerne.

Cyazofamid

Cyazofamid blev anvendt fra juni til september 2020 i kartofler på Jyndeved, og fire af dets nedbrydningsprodukter, CCIM, CTCA, DMS og DMSA, blev i den forbindelse inkluderet i monitoringen. DMS og DMSA blev generelt påvist i koncentrationer over kravværdien i grundvandet i lange perioder (ca. 6-12 måneder). DMS- og DMSA-koncentrationerne overskred her kravværdien med en faktor 2-4, mens individuelle målinger overskred kravværdien med op til en faktor 8. Den generelle tendens viste, at DMSA blev påvist tidligere end DMS i grundvandet under marken, samt at de første gennembrud af de to nedbrydningsprodukter i koncentrationer over kravværdien fandt sted ca. et år efter den første cyazofamidudbringning. Resultaterne viste yderligere, at varigheden af den periode (puls), hvor de to nedbrydningsprodukter blev detekteret, var længere for DMS end for DMSA, mens de maksimale målte koncentrationer af DMSA var højere end for DMS. Resultaterne fra sugeceller i 1 m dybde, der repræsenterer det vand, der strømmer gennem marken ned til grundvandet, understøttede resultaterne fra grundvandsboringerne. Analyser fra 1 m dybde viste således, at DMS og DMSA udvaskes i koncentrationer $> 0,1 \mu\text{g/L}$, at DMS og DMSA blev fundet 2-3 måneder efter den første cyazofamidudbringning samt at varigheden af den periode, der blev detekteret DMSA, var kortere end for DMS. Nedbrydningsprodukterne CCIM og CTCA blev ikke påvist i nogle af de indsamlede prøver.

Cycloxydim

Cycloxydim blev testet i vinterraps i Silstrup i september 2018, og to af dets nedbrydningsprodukter, BH 517-T2SO2 og E/Z BH 517-TSO, blev inkluderet i monitoringen. Ingen af nedbrydningsprodukterne blev påvist i vand fra dræn eller i grundvand i baggrundsprøverne udtaget før udbringning af cycloxydim. I de første uger efter cycloxydim sprøjtningen var grundvandspejlet under drændybden, hvilket forhindrede prøveudtagning fra drænvand. Ca. en måned efter sprøjtetidspunktet begyndte drænstrømningen og E/Z BH 517-TSO blev detekteret i drænvandsprøverne. I grundvandet blev E/Z BH 517-TSO påvist 14 dage efter cycloxydim-sprøjtningen. E/Z BH 517-TSO blev detekteret én gang i en koncentration over $0,1 \mu\text{g/L}$ i en drænprøve fra november 2018. Sammenlignet med den maksimale koncentration i drænvand, toppede koncentrationen af E/Z BH 517-TSO i grundvandet en måned senere, i december 2018. E/Z BH 517-TSO blev detekteret for sidste gang i drænvand i august 2019 og i grundvand i juni 2019, mens monitoringen fortsatte til oktober 2020. De relativt hurtige detektioner af E/Z BH 517-TSO (i koncentrationer under $0,1 \mu\text{g/L}$) i drænvand og grundvand efter cycloxydimanvendelse indikerer, at E/Z BH 517-TSO videreomdannes relativt hurtigt i et sådant omfang, at kravværdien ikke overskrides i grundvandet. Dette understøttes også af, at E/Z BH 517-TSO ca. et år efter cycloxydimanvendelsen ikke længere blev detekteret i prøverne. I alt blev der detekteret E/Z BH 517-TSO i 52 ud af totalt 195 prøver, hvoraf koncentrationen i en enkelt drænprøve overskred $0,1 \mu\text{g/L}$. BH 517-T2SO2 blev ikke påvist i hverken dræn- eller grundvand (hhv. 49 og 146 prøver) fra september 2018 til oktober 2020, hvor monitoringen sluttede.

Florasulam

Florasulam blev i perioden fra juli 2020 til juni 2022 testet i to forskellige afgrøder, vinterhvede i Estrup og Silstrup og vinterbyg i Lund. Ingen af de fire inkluderede nedbrydningsprodukter (5OH-florasulam, DFP-ASTCA, DFP-TSA og TSA) blev detekteret i grundvandet ved Silstrup, Estrup og Lund (hvor der i sidstnævnte blot blev monitoreret for TSA). TSA og 5-OH-florasulam blev dog detekteret i drænvand ved henholdsvis Silstrup og Estrup, og kun 5-OH-florasulam blev detekteret i en koncentration over 0,1 µg/L. Detektionen af 5OH-florasulam ved Estrup var i en drænprøve ca. to måneder efter florasulam-anvendelsen i maj 2020. DFP-ASTCA og DFP-TSA blev ikke detekteret i prøver fra nogle af markerne. Under monitoringen af TSA ved Lund fra maj 2018 til marts 2021 blev der ikke detekteret TSA. Årsagen til at evalueringsperioden for TSA går tilbage til maj 2018, skyldes at florasulam blev anvendt i 2018. Monitoringen af de fire nedbrydningsprodukter, 5OH-florasulam, DFP-ASTCA, DFP-TSA og TSA ved Silstrup og Estrup sluttede i marts 2022 efter to års monitorering.

Fluopyram

Fluopyram blev i monitoringsperioden maj/juni 2021 - juni 2022 testet i tre forskellige afgrøder, raps på Fårdrup, vårbyg på Jydevad, Silstrup og Lund samt vinterhvede på Silstrup, Fårdrup og Lund. I Silstrup blev både fluopyram og nedbrydningsproduktet fluopyram-7-hydroxy detekteret i drænvand efter fluopyramudbringningen i vårbyg i juni 2021. Kun fluopyram blev detekteret i en koncentration over 0,1 µg/L (0,21 µg/L) i en drænprøve ca. en måned efter udbringningen. I grundvandet fra borerne nedstrøms for marken blev fluopyram blot detekteret ved to prøvetagningsrunder (oktober 2021 og marts 2022), og i koncentrationer under kravværdien. I Lund blev fluopyram detekteret to gange (december 2021 og februar 2022) efter fluopyramudbringningen i vinterhvede i juni 2021. Begge detektioner var i drænvand og i koncentrationer under 0,1 µg/L.

Fluopyram blev ikke detekteret i grundvand eller drænvand/vand fra sugeceller ved Fårdrup og Jydevad, og fluopyram-7-hydroxy blev ligeledes hverken detekteret i grundvand eller drænvand/vand fra sugeceller ved Fårdrup, Lund og Jydevad. Monitoringsperioden efter fluopyramudbringningerne i juni 2022 på alle fire marker er endnu for kort til en egentlig evaluering af testene og betragtes som foreløbige. Monitorering af fluopyram og fluopyram-7-hydroxy er igangværende.

Halauxifen-methyl

Halauxifen-methyl blev testet i maj 2019 i vårbyg i Estrup og vinterbyg og vinterraps i Lund. Nedbrydningsproduktet, X-729, blev i den forbindelse inkluderet i monitoringen. X-729 blev ikke detekteret i dræn- eller grundvand, hverken i perioden før halauxifen-methyludbringningerne (maj 2019) eller i monitoringsperioden efter sprøjtningerne. Monitoringen sluttede i marts 2021 og det blev påvist, at X-729 ikke gav anledning til grundvandsdetektioner over kravværdien i monitoringsperioden.

Det bemærkes, at tracerforsøget med bromid på Lund i 2017 muligvis kan være fejlbehæftet. Derfor er den hydrauliske kontakt mellem boringsudtagene og grundvandet endnu ikke klarlagt. Således er det uklart om fraværet af X-729-detektioner er en konsekvens af manglende hydraulisk kontakt. Dog blev X-729 ikke detekteret i drænvand i monitoringsperioden, hvorfor det ikke forventes, at stoffet udvaskes til grundvandet. Vandbalancen i Lund er i øjeblikket under evaluering, og et nyt bromidtracerforsøg blev iværksat i januar 2023.

Picloram

Picloram blev testet i vinterraps på Lund i december 2019 og stoffet blev ikke detekteret i vand fra dræn og i grundvand inden picloramudbringningen. Picloram blev efter udbringningen detekteret én gang i en drænprøve ca. en måned efter udbringningen og én gang i grundvand fra opstrømsboringen M1 i maj 2021 (Tabel 1). Monitoringen af picloram sluttede i december 2021.

Da tracerforsøget med bromid på Lund i 2017 muligvis kan være fejlbehæftet, er den hydrauliske kontakt mellem boringsudtagene og grundvandet endnu ikke klarlagt. Det vides derfor ikke, om den opstrøms beliggende monitoringsboring, M1, er i hydraulisk kontakt med vand, der strømmer fra marken, eller ej. Dette påvirker også fortolkningen af de nedstrøms liggende monitoringsboringer, hvor fraværet af picloramdetektioner kan være en konsekvens af manglende hydraulisk kontakt i boringerne. Resultaterne tolkes som foreløbige, og picloram er indstillet til fornyet testning på andre marker, når det er muligt ift. sædskiftet. Vandbalancen i Lund er i øjeblikket under evaluering, og et nyt bromidtracerforsøg blev iværksat i januar 2023.

Propaquizafop

Propaquizafop blev testet i vinterraps i Silstrup i perioden 2019-2021 og fire nedbrydningsprodukter, CGA 287422, CGA 290291, CGA 294972 og PPA, blev inkluderet i monitoringen. Ingen af disse blev detekteret i vand fra dræn eller i grundvand, hverken før eller efter udbringning i perioden frem til december 2021, hvor monitoringen sluttede. Det konkluderes, at de fire propaquizafop-nedbrydningsprodukter, CGA 287422, CGA 294972, CGA 290291 og PPA, ikke medførte detektioner i grundvandet i en toårig monitoringsperiode efter propaquizafopanvendelsen på lermarken Silstrup.

Propyzamid

Propyzamid blev testet i vinterraps på tre marker. I Silstrup forløb testen fra oktober 2018 til februar 2021 og i Lund fra oktober 2019 til september 2021. På Fårdrup blev testen indledt i oktober 2020 og er igangværende. Propyzamid blev detekteret i dræn i koncentrationer over 0,1 µg/L på alle tre marker. I Silstrup blev propyzamid detekteret i en koncentration på 5,1 µg/L under den første drænvandshændelse fem dage efter udbringningen. En lignende tendens blev observeret i Fårdrup, hvor propyzamid blev påvist i en koncentration på 7,0 µg/L ved den første drænvandshændelse, der fandt sted to måneder efter propyzamidudbringningen. I Lund blev propyzamid også fundet i drænvand (0,13 µg/L) kort tid (tre dage) efter udbringning, mens den højest detekterede koncentration på 0,41 µg/L blev detekteret ca. en måned senere. De to nedbrydningsprodukter, RH-24644 og RH-24580, blev begge inkluderet i monitoringen i Lund. Kun RH-24644 blev detekteret i drænvand, hvor det blev detekteret to gange. Begge gange umiddelbart efter propyzamidudbringningen, og i prøver hvor der også blev detekteret propyzamid. En af disse RH-24644 detektioner viste en koncentration > 0,1 µg/L (Tabel 1).

Det konkluderes, at propyzamid udvaskede både til drænvand og grundvand efter udbringning på de tre lermarker, der indgik i testen, Silstrup, Fårdrup og Lund. Udvaskning af propyzamid blev generelt observeret ved den første drænvandshændelse efter udbringning. Desuden fulgte detektionerne af propyzamid i grundvandet samme mønster som i drænvand på alle tre marker, dog var koncentrationerne i grundvandet lavere end i drænvandet. Således blev der detekteret koncentrationer over 0,1 µg/L i drænvandet på alle markerne, omend med relative hurtige fald i koncentrationsniveauet. Kravværdien blev overskredet i grundvandet i Silstrup ca. tre måneder efter udbringningen, hvorefter detektionerne ophørte.

Proquinazid

Proquinazid blev i 2019 testet i to forskellige afgrøder, vinterrug i Jyndeved og vårbyg i Fårdrup. To proquinazid-nedbrydningsprodukter, IN-MM671 og IN-MM991, blev inkluderet i monitoringen. Ingen af nedbrydningsprodukterne blev detekteret i vand fra sugeceller, drænvand, grundvand eller vandingsvand, hverken i perioden før proquinazidudbringningerne (april/juni 2019) eller i monitoringsperioden fra april/juni 2019 til marts 2021, hvor monitoringen sluttede på begge marker. Det konkluderes, at de to proquinazid-nedbrydningsprodukter IN-MM671 og IN-MM991 ikke medførte detektioner i grundvandet i en toårig monitoringsperiode på sandmarken, Jyndeved og lermarken, Fårdrup.

Pyroxsulam

Pyroxsulam blev testet i vinterhvede på både Silstrup og Estrup fra april/maj 2020 til marts 2022. Ingen af de fem inkluderede nedbrydningsprodukter, PSA, 6-Cl-7-OH-pyroxsulam, 5-OH-pyroxsulam, 7-OH-pyroxsulam og pyridinsulfonamid blev detekteret i grundvandet i hverken Silstrup eller Estrup. Derimod blev 5-OH-pyroxsulam, 7-OH-pyroxsulam og PSA detekteret i drænvand i Estrup, heraf kun PSA i koncentrationer over 0,1 µg/L (tabel 1). Disse PSA-fund var i to drænprøver ca. to måneder efter pyroxsulamudbringningen i maj 2020. 6-Cl-7-OH-pyroxsulam og pyridinsulfonamid blev ikke detekteret i drænvand fra nogle af markerne. Det konkluderes, at monitoringen af 5-OH-pyroxsulam, 6-Cl-7-OH-pyroxsulam, 7-OH-pyroxsulam, PSA og pyridinsulfonamid ikke medførte detektioner i grundvandet og indikerede at nedbrydningsprodukterne 5-OH-pyroxsulam, 7-OH-pyroxsulam og PSA blev omdannet (f.eks. yderligere nedbrudt eller sorberet), inden de nåede grundvandet. Monitoringen af de fem nedbrydningsprodukter, PSA, 6-Cl-7-OH-pyroxsulam, 5-OH-pyroxsulam, 7-OH-pyroxsulam og pyridinsulfonamid i Silstrup og Estrup sluttede i marts 2022 efter to års monitorering.

Thifensulfuron-methyl

Thifensulfuron-methyl blev i perioden 2021-2022 testet i to forskellige afgrøder, vårbyg og flerårigt rajgræs i Estrup, og tre nedbrydningsprodukter, IN-B5528, IN-JZ789 og IN-L9223, blev inkluderet i monitoringen. Ingen af nedbrydningsprodukterne blev detekteret i vand fra dræn eller i grundvand, hverken i perioden før udbringningerne af thifensulfuron-methyl (april-juni 2021) eller i perioden fra juni 2021 til 30. juni 2022. Det konkluderes, at IN-B5528, IN-JZ789 og IN-L9223 ikke medførte detektioner i grundvand over kravværdien i den nuværende monitoringsperiode, men monitoringen fortsætter og en endelig evaluering vil blive afrapporteret i næste VAP-rapport.

Thiophanat-methyl

Thiophanat-methyl blev i 2018 testet i vinterhvede i Jyndeved og Estrup og nedbrydningsproduktet carbendazim blev inkluderet i monitoringen. Carbendazim blev detekteret i tre drænprøver i Estrup, alle i koncentrationer under 0,1 µg/L. Nedbrydningsproduktet blev ikke detekteret i prøver fra sugeceller og vandingsvand i Jyndeved, eller grundvand fra begge marker, hverken i perioden før thiophanat-methyl-applikationerne (maj 2018) eller i monitoringsperioden fra juni 2018 til oktober 2020, hvor monitoringen sluttede i både Jyndeved og Estrup.

Tribenuron-methyl

Tribenuron-methyl blev i 2022 testet i to forskellige afgrøder, vårbyg i Jyndeved og Lund, og vinterhvede i Silstrup og Fårdrup. Tre nedbrydningsprodukter, IN-B5528, IN-R9805 og M2 blev inkluderet i monitoringen. Ingen af disse nedbrydningsprodukter blev detekteret i vand fra sugeceller og vandingsvand i Jyndeved, drænvand eller grundvand, hverken i perioden før tribenuron-methyl-applikationen (april/maj 2022) eller i monitoringsperioden fra april/maj 2022 til 30. juni 2022. Monitoringsperioden fra tribenuron-methyludbringningen til afslutningen af afrapporteringsperioden den 30. juni 2022 er imidlertid for kort til at foretage en

egentlig evaluering, hvorfor data tolkes som foreløbige. Monitorering af de tre nedbrydningsprodukter, IN-B5528, IN-R9805 og M2, fortsætter på alle fire marker, Jydevad, Silstrup, Fårdrup og Lund og en endelig evaluering vil blive afrapporteret i næste VAP-rapport.

Hvad har vi lært af VAP gennem tiden?

VAP har gennem de seneste 23 år (1999 – 2022) monitoreret for udvaskningen af 156 stoffer, hvoraf 53 er pesticider (aktivstoffer) og 103 er udvalgte pesticidnedbrydningsprodukter. Testene har bl.a. resulteret i og/eller påvist følgende:

- flere pesticider og/eller udvalgte nedbrydningsprodukter påvises i grundvandet under de opsprækkede lermarker end under de sandede marker.
- udvaskning af pesticider og/eller nedbrydningsprodukter til dræn og sugeceller giver et forvarsel om, hvorvidt stofferne potentielt vil udvaskes til grundvandet.
- for nogle pesticider sker der langtidsudvaskning af nedbrydningsprodukter på sandjord med kartoffel-
dyrkning.
- kraftigt sorberende pesticider kan udvaskes ved partikeltransport igennem de opsprækkede lermarker.
- bejdsemidler kan muligvis være kilde til udvaskning, og information om bejdset såsæd er derfor inkluderet i monitoreringen siden 2017.

Resultaterne anvendes ikke blot i den danske regulering af pesticider, men også i visse tilfælde i den europæiske regulering.

Referencer

- Albers *et al.* (2022). Albers, C.N., Bollmann, U.E., Badawi, N. and Johnsen, A.R. (2022): Leaching of 1,2,4-triazole from commercial barley seeds coated with tebuconazole and prothioconazole. *Chemosphere* 286 (2022) 131819.
- Badawi, N., S. Karan, E.B. Haarder, A.E. Rosenbom, L. Gudmundsson, C.H. Hansen, C.B. Nielsen, F. Plauborg, K. Kørup & P. Olsen (2022). The Danish Pesticide Leaching Assessment Programme - Monitoring results 1999–June 2020. Tilgængelig online: www.vap.dk.
- Badawi, N., S. Karan, E.B. Haarder, U.E. Bollmann, C.N. Albers & K. Kørup (2023). Ekstraordinær afrapportering af cyazofamid-test på VAP-marken i Jyndevad inklusiv understøttende laboratorieforsøg. Tilgængelig online på www.vap.dk.
- Finansministeriet. 2014. Finanslov for finansåret 2015, Lovtidende B (LTB nr. 2 af 23/12/2014).
- Haarder, E.B., Olsen, P., Jakobsen, P.R., Albers, C.N., Iversen, B.V., Greve, M.H., Plauborg, F., Kørup, K., Skov, M., Gudmundsson, L., Rosenbom, A.E. 2021. The Danish Pesticide Leaching Assessment Programme: Site characterization and Monitoring Design for the Lund Test Field. Geological Survey of Denmark and Greenland, Copenhagen. Tilgængelig online: www.vap.dk.
- Miljø- og Fødevareministeriet. 2017. Pesticidstrategi 2017-2021. Tilgængelig online: <https://mst.dk/media/141516/pesticidstrategi2017-2021.pdf>
- Miljøministeriet. 2022. Politisk aftale om sprøjtemiddelstrategi 2022-2026. Tilgængelig online: <https://mim.dk/media/227922/politisk-aftale-om-sproejtemiddelstrategi-2022-2026.pdf>
- Miljøstyrelsen, 1992. Danmarks fremtidige vandforsyning. Betænkning fra Miljøstyrelsen, nr. 1 1992. ISBN 87-503-9581-5.
- Vangkilde-Pedersen, T., S. Mielby, P.R. Jakobsen, B. Hansen, C.H. Iversen, A. M. Nielsen. 2011. Kortlægning af kalkmagasiner. Geo-vejledning 8. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, GEUS.