

Varslingssystemet for udvaskning af pesticider til grundvand (VAP)

Sammendrag af monitoringsresultater med fokus på juli 2021 - juni 2023



Nora Badawi¹, Sachin Karan¹, Eline B. Haarder¹, Lasse Gudmundsson¹, Carl H. Hansen¹, Lars A. Olsen¹, Carsten B. Nielsen³, Finn Plauborg², og Kirsten Kørup²

¹De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)
Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet

²Institut for Agroøkologi (AGRO)
Aarhus Universitet

³Institut for Ecoscience (ECOS)
Aarhus Universitet

Redaktør: Nora Badawi
Forsidefoto af Eugene Driessen: Hvede på Fårdrup
Layout og grafisk produktion: Forfattere
Trykt: Maj 2024

ISSN (print): 2446-4244
ISSN (online): 2446-4252
ISBN (print): 978-87-7871-601-9
ISBN (online): 978-87-7871-600-2

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 online på www.vap.dk

© Denne rapport er behæftet med copyright. Hvis figurer eller andet materiale anvendes, skal der angives en kildeanvisning, enten i form af et link til VAP's hjemmeside www.vap.dk eller ved en henvisning til denne rapport: *Badawi, N. S. Karan, E.B. Haarder, L. Gudmundsson, C.H. Hansen, L.A. Olsen, C.B. Nielsen, F. Plauborg, & K. Kørup (2024). Varslingssystem for udvaskning af pesticider til grundvand (VAP) – sammendrag af monitoringsresultater med fokus på Juli 2021–June 2023.*

Indhold

Hvad er VAP?.....	3
Hvad viser resultaterne for juli 2021 – juni 2023?.....	6
Hvad har vi lært af VAP gennem tiden?.....	11
Referencer.....	12

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 Kørup (AGRO) med bidrag fra Lasse Gudmundsson (GEUS), Carl H. Hansen (GEUS), Lars A. Olsen (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 Fødevareministeriet, 2017), og med sprøjttemiddelstrategi 2022-2026 (Miljøministeriet, 2022) understøttes arbejdet i VAP frem til 2026.

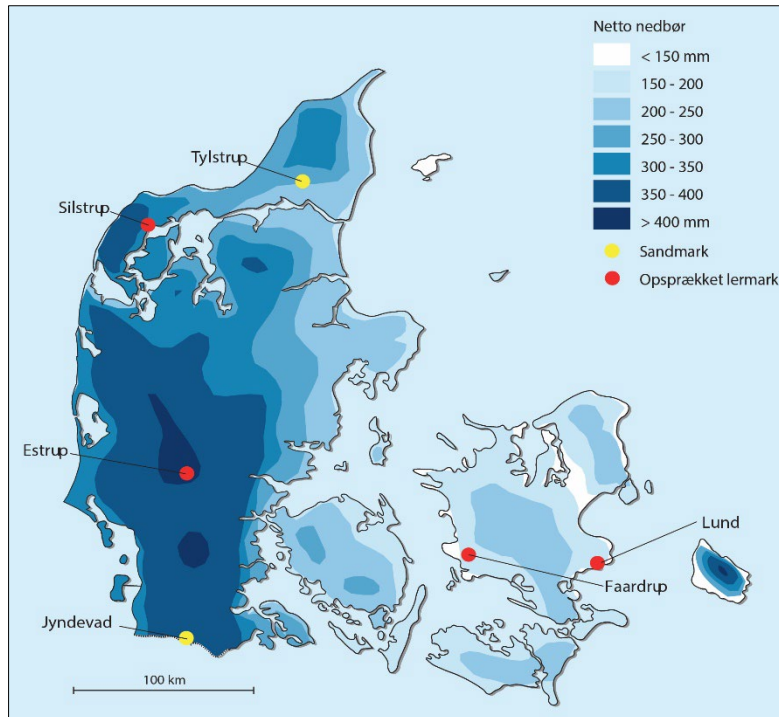
VAP er et monitoringsprogram, der ved brug af forsøgsmarker har følgende formål:

- 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 fire aktivt monitoreres, én er på standby (der foretages ingen dataindsamling) og én monitoreres ikke for pesticider, men kun for vandbalanceparametre (teknisk 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.

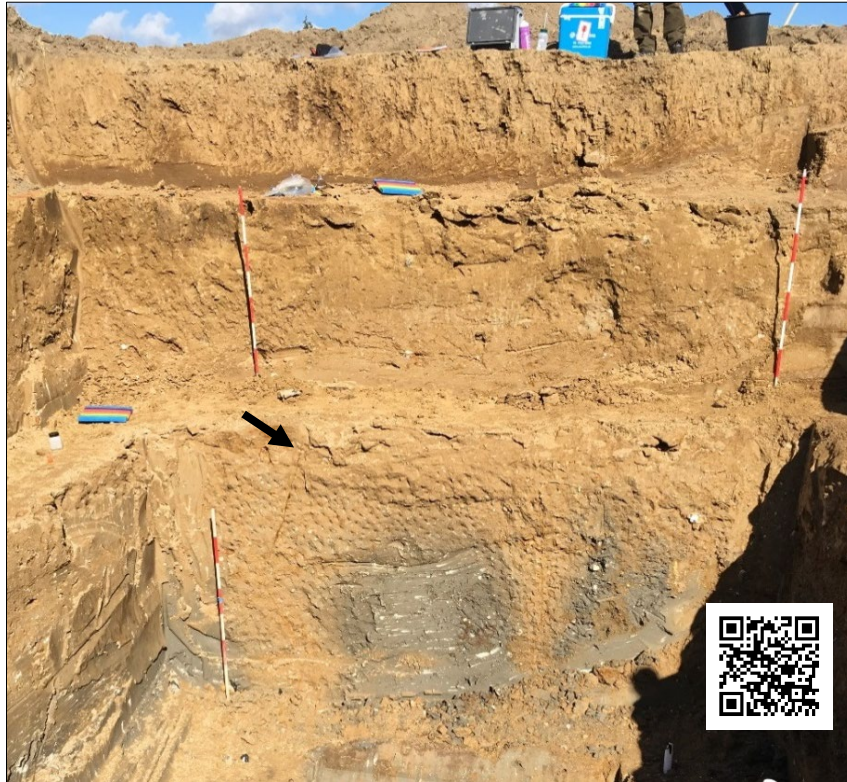


Figur 1. VAP-markernes placering i Danmark i forhold til nettonedbør (andelen af nedbør, som når grundvandet). Markerne, der indgår i VAP, repræsenterer de mest udbredte danske klima- og jordtyper, hvori sandjorde og opsprækkede lerjorde indgår (Miljøstyrelsen, 1992). Tylstrup-marken blev sat på standby 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. Den 1. oktober 2022 blev Lund sat på teknisk standby (der monitoreres ikke for pesticider) for at kortlægge vandbalancen for marken. I januar 2023 blev der igangsat en ny bromid-tracertest for at undersøge den hydrauliske kontakt i borerne.

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). Da tillægsbevillingen til Lund-marken udløb med udgangen af 2018, var det ikke længere muligt at opretholde monitoreringen 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.

En vigtig parameter i forbindelse med etablering af en VAP-mark er at kortlægge vandbalancen i marken, hvilket typisk forløber over flere år. Monitoreringen vedrørende vandbalancen af Lund-marken har derfor været under evaluering siden marken blev startet. I efteråret 2022 blev det konkluderet at, det var nødvendigt at gentage bromid-tracertesten, da testen fra 2017 så ud til at være fejlbehæftet og det ikke var muligt at afgøre om der var hydraulisk kontakt til filtrene i de etablerede borer. Marken blev derfor sat på teknisk standby den 1. oktober 2022, hvilket betyder at der ikke længere monitoreres for pesticider, men at der fortsat monitoreres for klima- og vandbalanceparametre. I januar 2023 blev der igangsat en ny bromid-tracertest for at kortlægge den hydrauliske kontakt til borerne. Indtil resultaterne fra bromid-tracertesten er blevet evalueret, vil der ikke blive igangsat nye pesticidtests i marken. Grundet usikkerheden omkring den hydrauliske kontakt til borerne er det vurderet at alle tidligere resultater fra Lund-marken kan være behæftet med

usikkerhed, hvorfor de ikke bør anvendes i forbindelse med risikoanalyse af de pesticider, der har været i test på 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. glet-chernes belastning under istiden. Foto: Eline Bojsen Haarder, 2016. QR-kode: Film om VAP-mark i Lund.

Hvad viser resultaterne for juli 2021 – juni 2023?

Denne rapport fokuserer på resultaterne fra perioden juli 2021 - juni 2023. I denne periode blev der anvendt 17 forskellige kommercielle produkter med i alt 14 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 test og er derfor ikke medtaget i monitoreringen. Nærværende rapportssammendrag indeholder resultaterne af test udført på fire forskellige marker, hvoraf den ene er sandet (Jyndevad) og de tre andre hovedsageligt består af lerholdig jord (Silstrup, Estrup og Fårdrup).

Bemærk, at der i monitoreringen er medtaget flere aktivstoffer og/eller nedbrydningsprodukter, hvor selve aktivstoffet blev anvendt på markerne før juli 2021, men hvor monitoreringen fortsatte ind i indeværende af-rapporteringsperiode. Således er der i nærværende rapport også inkluderet tests og medtaget analyseresultater fra før juli 2021 i de tilfælde, hvor dette var nødvendigt. I rapporten fremlægges resultater både for igangværende monitorering og afsluttet monitorering for test af i alt 16 aktivstoffer (herefter benævnt *pesticider*), hvoraf to pesticider og i alt 17 nedbrydningsprodukter indgik i indeværende af-rapporteringsperiode fra juli 2021 til juli 2023. Derfor bemærkes det, at opsummeringen i Tabel 1 inkluderer analyser udført før indeværende af-rapporteringsperiode for de stoffer, hvor det er relevant.

I af-rapporteringsperioden juli 2021 til juni 2023 er testen af de 16 pesticider undersøgt efter anvendelse i maksimalt tilladt dosering i henhold til den specifikke anvendelse (afgrødetyper, tid på året, mm.). En opsummering af de 19 monitorerede stoffer er vist i Tabel 1. For 11 af nedbrydningsprodukterne gælder det, at de hverken er fundet i grundvand, vand fra dræn eller sugeceller i en meters dybde. Det bemærkes dog at monitoreringen for tre af dem startede i foråret/sommeren 2023 (IN-E8S72, compound Ia og M455H001) og testene blev igangsat efter 1. juli 2023. Således er den af-rapporterede monitorering af disse nedbrydningsprodukter udelukkende monitorering af baggrundsniveauet i vandet under markerne inden de blev udbragt. Foreløbig evaluering af tests omhandlende de tre pesticider hhv. oxathiapiprolin, lambda-cyhalothrin og pen-dimethalin vil være med i næste monitoringsrapport.

I alt er otte (to pesticider og seks nedbrydningsprodukter) ud af de 19 monitorerede stoffer fundet i vand fra markerne. Syv af stofferne (propyzamid, 1,2,4-triazol, DMS, DMSA, CyPM, fluopyram og fluopyram-7-hydroxy) er fundet i både dræn- og grundvandsprøver. Med undtagelse af propyzamid, er disse stoffer alle fundet i grundvandet i koncentrationer højere end kravværdien på 0,1 µg/L (Tabel 1). Propyzamid og fluopyram er aktivstoffer i hhv. et ukrudtsmiddel og et svampemiddel, mens 1,2,4-triazol, DMS, DMSA, CyPM og fluopyram-7-hydroxy er nedbrydningsprodukter, der stammer fra hhv. forskellige azol-svampemidler (1,2,4-triazol), kartoffelsvampemidlet cyazofamid (DMS, DMSA), svampemidlet azoxystrobin (CyPM) og svampemidlet fluopyram (fluopyram-7-hydroxy).

Resultaterne for indeværende af-rapporteringsperiode 1. juli 2021 til 30. juni 2023 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 over kravværdien på 0,1 µg/L efter anvendelse i en kartoffelafgrøde i 2020 på Jyndevad. Der blev derfor i januar 2023 publiceret en dansksproget ekstraordinær VAP-rapport omhandlende denne cyazofamid-test (Badawi *et al.*, 2023a). Rapporten kan findes på www.vap.dk.

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

Table 1. Oversigt over monitoringsresultater fra Jyndevad, Silstrup, Estrup og Fårdrup. To pesticider og 17 nedbrydningsprodukter (19 stoffer) blev analyseret i VAP fra 1. april 2021 til 30. juni 2023. 16 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 (kun Jyndevad bliver vandet). 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.

Pesticid	Analyt	Antal prøver			Analyseresultater					
		VZ	MZ	Vanding	Variabelt mættet zone			Grundvand (mættet zone)		
					Det.	> 0.1 µg/L	Max konc. µg/L	Det.	> 0.1 µg/L	Max konc. µg/L
Acetamidiprid **	IM-1-4	54	207	6 (-)	0	-	-	0	-	-
	IM-1-5	54	207	6 (-)	0	-	-	0	-	-
Azoxystrobin **	CyPM	65	227		52	9	0,21	51	3	0,23
Cyazofamid **	CCIM	62	262	-	0	-	-	0	-	-
	CTCA	62	262	-	0	-	-	0	-	-
	DMS	72	311	9 (0,027)	46	13	0,39	178	81	0,44
	DMSA	72	311	1 (0,02)	11	6	2,1	133	71	1,17
Fluopyram	Fluopyram	129	488	3 (-)	50	9	0,34	36	8	0,28
	Fluopyram-7-hydroxy	86	385	3 (-)	18	1	0,27	15	2	0,12
Lambda-cyhalothrin*	Compound 1a									
Oxathiapiprolin*	IN-E8S72									
Pendimethalin*	M455H001									
Propyzamid	Propyzamid	36	113		5	2	7	1	0	0,067
Tebuconazol **	1,2,4-triazol **	736	2265	18 (-)	636	271	0,47	1130	89	0,26
Prothioconazol **										
Difenoconazol (BM) **/**										
Epoxiconazol **										
Propiconazol **										
Metconazol **										
Thifensulfuron-methyl ****	IN-B5528 ****	63	180		1	0	0,078	0	-	-
	IN-JZ789	63	180		0	-	-	0	-	-
	IN-L9223	63	180		0	-	-	0	-	-
Tribenuron-methyl ****	IN-B5528 ****	90	406	5 (-)	1	0	0,081	0	-	-
	IN-R9805	90	406	5 (-)	0	-	-	0	-	-
	M2	90	406	5 (-)	0	-	-	0	-	-

* Testene er startet efter 1. juli 2023, derfor er kun baggrundskoncentrationer tilgængelige

** Endelige resultater af test er præsenteret i nærværende rapport

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

**** IN-B5528 er et fælles nedbrydningsprodukt fra thifensulfuron-methyl og tribenuron-methyl

Bemærk, at flere aktivstoffer (azoxystrobin, fluopyram, propyzamid og azolerne) også blev testet i VAP på Lund-marken i perioden 2021-2023. Nogle af disse tests er afrapporteret i forrige rapport (Badawi *et al.* 2023b), men grundet usikkerheden omkring den hydrauliske kontakt i boringerne på marken, anbefales det ikke at anvende de beskrevne evalueringer i risikovurdering af stofferne. Der indgår derfor ikke yderligere evaluering af disse stoffer på Lund-marken i denne rapport.

Acetamiprid

Acetamiprid blev testet i kartofler i Jyndeved 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 den to-årige monitoringsperiode, som sluttede i september 2022.

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 i grundvand overskredet i vand fra tre grundvandsmoniteringsboringer, 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 0.1 µg/L 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 292 prøver på Silstrup-marken i dræn- og grundvand i løbet af monitoringsperioden som sluttede i februar 2023. CyPM blev påvist i 103 af disse, hvor 52 var i drænprøver og 51 i grundvandsprøver. I ni af disse drænprøver var koncentrationerne større end 0,1 µg/L mens dette var tilfældet for tre grundvandsprøver.

Azoler

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 0.1 µg/L kontinuerligt konstateret i Estrup i relativt lange perioder ad gangen (ca. seks måneder), hvorimod der kun ved to lejligheder blev observeret overskridelser af 0.1 µg/L i Silstrup, mens der i Fårdrup ikke blev detekteret nogle overskridelser. 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 (Jyndeved), hvor der også blev detekteret 1,2,4-triazol gennem hele monitoringsperioden i den variabelt mættede zone, var koncentrationerne 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 både som resultat af sprøjtninger og ved anvendelse af azolbejdsede frø som beskrevet i Albers *et al.* (2022) og EFSA's konklusion om tebuconazol (EFSA, 2014). Da azolerne er blevet anvendt på VAP-markerne siden 1999 og flere gange siden 2014, hvor monitoringen af 1,2,4-triazol startede, er tilstedeværelsen af akkumulerede azoler i VAP-markerne en 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, men da 1,2,4-triazol kontinuerligt findes i vand fra

den variabelt umættede zone (sugecelle vand og drænvand) kan udvaskning af 1,2,4-triazol mere generelt knyttes til anvendelse af azol-midler i markerne.

Cyazofamid

Cyazofamid blev anvendt fra juni til september 2020 i kartofler på Jynde vad, 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 for grundvand med en faktor 2-4, mens individuelle målinger overskred kravværdien med op til en faktor 10. 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. DMS og DMSA monitoreres fortsat. Nedbrydningsprodukterne CCIM og CTCA blev ikke påvist i nogle af de indsamlede prøver og monitoreres ikke længere.

Fluopyram

Fluopyram blev testet i tre forskellige afgrøder, raps ved Faardrup, vårbyg ved Jynde vad og Silstrup, og vinterhvede ved Silstrup og Fårdrup i perioden maj/juni 2021 - juni 2023. Ved Silstrup blev fluopyram først påvist i en koncentration $> 0,1 \mu\text{g/L}$ ($0,21 \mu\text{g/L}$) i en drænprøve ca. en måned efter udbringningen i 2021, og den maksimale fluopyramkoncentration ($0,34 \mu\text{g/L}$) blev påvist i september 2022, ca. to måneder efter 2022-udbringningen i vinterhvede. Fluopyram-7-hydroxy blev først påvist i en koncentration $> 0,1 \mu\text{g/L}$ i en drænprøve ($0,27 \mu\text{g/L}$) i september 2022, hvilket var samtidig med, at fluopyram blev påvist i den maksimale koncentration i drænvand. Silstrup-marken er kendt for sin korte transporttid fra markens overflade til drænet, hvilket er påvist i tidligere tracer-forsøg med bromid på marken. Disse forsøg viste bromidgennembrud med den første drænhændelse efter at bromid var blevet bragt på marken (Badawi et al., 2022). Selvom fluopyram og fluopyram-7-hydroxy begge blev påvist hyppigt i dræn ved Silstrup, var størstedelen af detektionerne i koncentrationer under $< 0,1 \mu\text{g/L}$.

Fluopyram og fluopyram-7-hydroxy blev begge påvist i grundvandet i Silstrup, og begge stoffer i koncentrationer over $0,1 \mu\text{g/L}$. Den maksimale koncentration af fluopyram ($0,28 \mu\text{g/L}$) blev påvist i januar 2023, ca. seks måneder efter anvendelserne af fluopyram i vinterhvede i maj/juni 2022. Den maksimale detekterede fluopyram-7-hydroxy-koncentration ($0,12 \mu\text{g/L}$) i grundvandet blev detekteret i oktober 2022. Bortset fra et fund af fluopyram i en koncentration $< 0,1 \mu\text{g/L}$ i maj 2023, var der ikke yderligere fund af fluopyram eller fluopyram-7-hydroxy inden afslutningsperioden sluttede ved udgangen af juni 2023. Hverken fluopyram eller fluopyram-7-hydroxy blev fundet i prøver indsamlet opstrøms for marken.

Fluopyram og fluopyram-7-hydroxy blev hverken fundet i grundvandsprøver fra Jynde vad eller Faardrup eller i vand fra den variabelt mættede zone (sugecelleprøver) fra Jynde vad. I Fårdrup blev fluopyram og fluopyram-7-hydroxy begge fundet i drænvandet, men kun fluopyram blev en enkelt gang i januar 2023 fundet i en koncentration $> 0,1 \mu\text{g/L}$ ($0,14 \mu\text{g/L}$). Dette fund var første gang fluopyram blev påvist i drænvand i Fårdrup. Monitoringen af fluopyram og fluopyram-7-hydroxy fortsætter på alle tre marker.

Propyzamid

Propyzamid blev testet i vinterraps ved Fårdrup, og testen blev påbegyndt i oktober 2020. Propyzamid blev to gange påvist i dræn i koncentrationer $> 0,1 \mu\text{g/L}$, og blev første gang fundet i forbindelse med den første drænhændelse ca. tre måneder efter propyzamid blev bragt ud. Propyzamid blev ved denne hændelse påvist i en koncentration på $7,0 \mu\text{g/L}$.

Propyzamid blev fundet én gang i grundvand fra Fårdrup og dette i en koncentration $< 0,1 \mu\text{g/L}$. Propyzamid er tidligere testet på Silstrup (se sidste års rapport: Badawi et al. 2023b) og sammenholdt med denne test, tyder det på, at udvaskningen af propyzamid til grundvandet generelt forekommer ifm. den første drænhændelse efter udbringning på lermarkerne. Dette understøttes også af at propyzamidfund i grundvandet var sammenfaldende med drændetektioner både i Fårdrup og Silstrup (Badawi et al., 2023b). Fra tidligere bromid-tracerforsøg vurderes transporttiden fra overfladen til grundvandet til at være noget længere ved Fårdrup sammenlignet med Silstrup (Badawi et al., 2022). Da der imidlertid ikke blev fundet yderligere propyzamid i grundvandet i Fårdrup efter den ene detektion i marts 2021, der faldt sammen med den første drænhændelse efter propyzamid anvendelsen, blev testen af propyzamid i Fårdrup afsluttet i november 2022.

Thifensulfuron-methyl

Thifensulfuron-methyl blev i perioden 2021-2022 testet i to forskellige afgrøder, vårbyg (2021) og flerårigt rajgræs (2022) i Estrup, sammen med tre ikke tidligere testede nedbrydningsprodukter, IN-B5528, IN-JZ789 og IN-L9223. Ingen af nedbrydningsprodukterne blev detekteret i grundvand, hverken i perioden før udbringningerne af thifensulfuron-methyl (april-juni 2021) eller i perioden fra juni 2021 til 30. juni 2023. IN-JZ789 og IN-L9223 blev ikke detekteret i drænvand, mens IN-B5528 blev detekteret i en enkelt prøve i en koncentration mindre end $0,1 \mu\text{g/L}$ efter udbringning af thifensulfuron-methyl. 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 vil blive evalueret videre i næste VAP-rapport.

Tribenuron-methyl

Tribenuron-methyl blev i 2022-2023 testet i to forskellige afgrøder, vårbyg i Jyndeved (2022) og vinterhvede i Silstrup og Fårdrup (begge marker i 2022 og 2023). Tre ikke tidligere testede nedbrydningsprodukter, IN-B5528, IN-R9805 og M2 blev inkluderet i monitoringen. Ingen af disse nedbrydningsprodukter blev detekteret i vand fra sugeceller, vandingsvand eller grundvand i Jyndeved. Med undtagelse af en enkelt detektion af IN-B5528 i en koncentration mindre end $0,1 \mu\text{g/L}$ i drænvand fra Fårdrup, blev IN-B5528 ikke fundet i drænvand eller grundvand i Silstrup og Fårdrup, hverken i perioden før tribenuron-methyl-applikationen (april/maj 2022) eller i monitoringsperioden fra april/maj 2022 til 30. juni 2023. Monitorering af de tre nedbrydningsprodukter, IN-B5528, IN-R9805 og M2, fortsætter på alle tre marker, Jyndeved, Silstrup og Fårdrup og vil blive evalueret videre i næste VAP-rapport.

Oxathiapiprolin, lambda-cyhalothrin og pendimethalin

Testene af disse tre pesticider blev alle startet efter 1. juli 2023, men monitoringen af deres nedbrydningsprodukter, hhv. IN-E8S72, compound Ia og M455H001 startede i foråret/sommer 2023 for at bestemme, om stofferne var til stede i vandet under markerne inden pesticiderne blev bragt ud. Ingen af de inkluderede nedbrydningsprodukter blev fundet i vand fra markerne inden testene blev startet. Oxathiapiprolin og lambda-cyhalothrin er begge i test i kartofler på Jyndeved og blev begge anvendt i juli, og for lambda-cyhalothrin også i august 2023. Pendimethalin er i test i vinterraps på de to lermarker Silstrup og Estrup og blev anvendt i august 2023 på begge marker. Evaluering af det første monitoringsår vil indgå i næste VAP-rapport.

Hvad har vi lært af VAP gennem tiden?

VAP har gennem de seneste 24 år (1999 – 2023) monitoreret for udvaskningen af 158 stoffer, hvoraf 53 er pesticider (aktivstoffer) og 105 er udvalgte pesticidnedbrydningsprodukter. Testene har bl.a. resulteret i og/eller påvist følgende:

- Pesticider og/eller udvalgte nedbrydningsprodukter påvises både i grundvandet under de opsprækkede lermarker og de sandede marker.
- udvaskning af pesticider og/eller nedbrydningsprodukter til dræn og sugeceller giver i de fleste tilfælde 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 samt ophobes i overjorden og give ophav til langtidsudvaskning af nedbrydningsprodukter.
- bejdsemidler kan i nogle tilfælde 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 (2023a). Ekstraordinær afrapportering af cyazofamid-test på VAP-marken i Jyndevad inklusiv understøttende laboratorieforsøg. Tilgængelig online på www.vap.dk.
- Badawi, N., S. Karan, E.B. Haarder, L. Gudmundsson, C.H. Hansen, C.B. Nielsen, F. Plauborg, & K. Kørup (2023b). The Danish Pesticide Leaching Assessment Programme - Monitoring results 1999–June 2022. Tilgængelig online: 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.