

Varslingssystem for udvaskning af pesticider til grundvand

MONITERINGSRESULTATER
2022 - 2024



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 2022 - juni 2024*



Nora Badawi¹, Sachin Karan¹, Eline B. Haarder¹, Lasse Gudmundsson¹, Mikael S. M. Jensen¹, 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 Jakob Hvelplund, AU: Vinterraps i blomst på Estrup
Layout og grafisk produktion: Forfattere
Trykt: marts 2025

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, M.S.M. Jensen, 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 2022–juni 2024. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser (GEUS), Danmark.*

Indhold

Hvad er VAP?.....	3
Hvad viser resultaterne for juli 2022 – juni 2024?.....	7
Hvad har vi lært af VAP gennem tiden?	13
Referencer.....	14

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), Mikael S.M. Jensen (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 sprøjtemiddelstrategi 2022-2026 (Miljøministeriet, 2022) understøttes arbejdet i VAP frem til 2026.

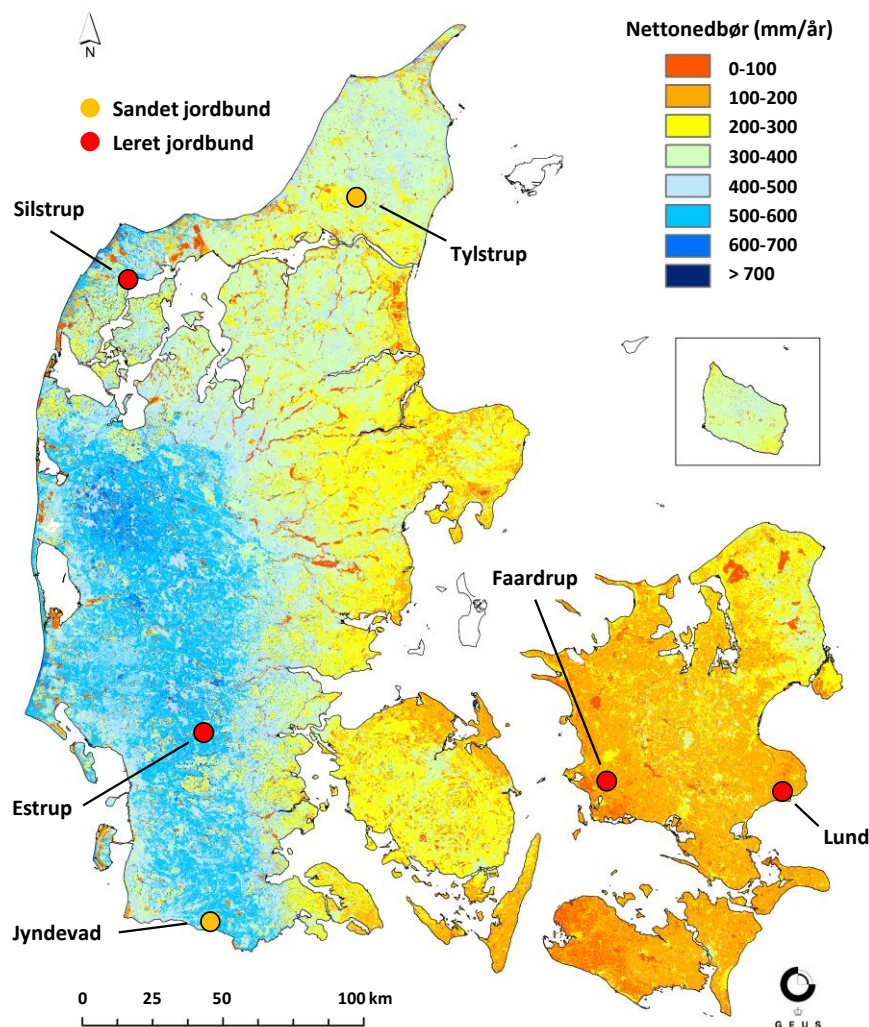
VAP er et monitoringsprogram, der ved brug af forsøgsmarker har følgende formål:

- 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 lermarker (Figur 1).

Pesticider, der er udvalgt til evaluering i VAP, testes med den maksimalt tilladte dosering iht. afgrøde 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 1,5-6 m dybde) både nedstrøms og opstrøms for forsøgsmarken.

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



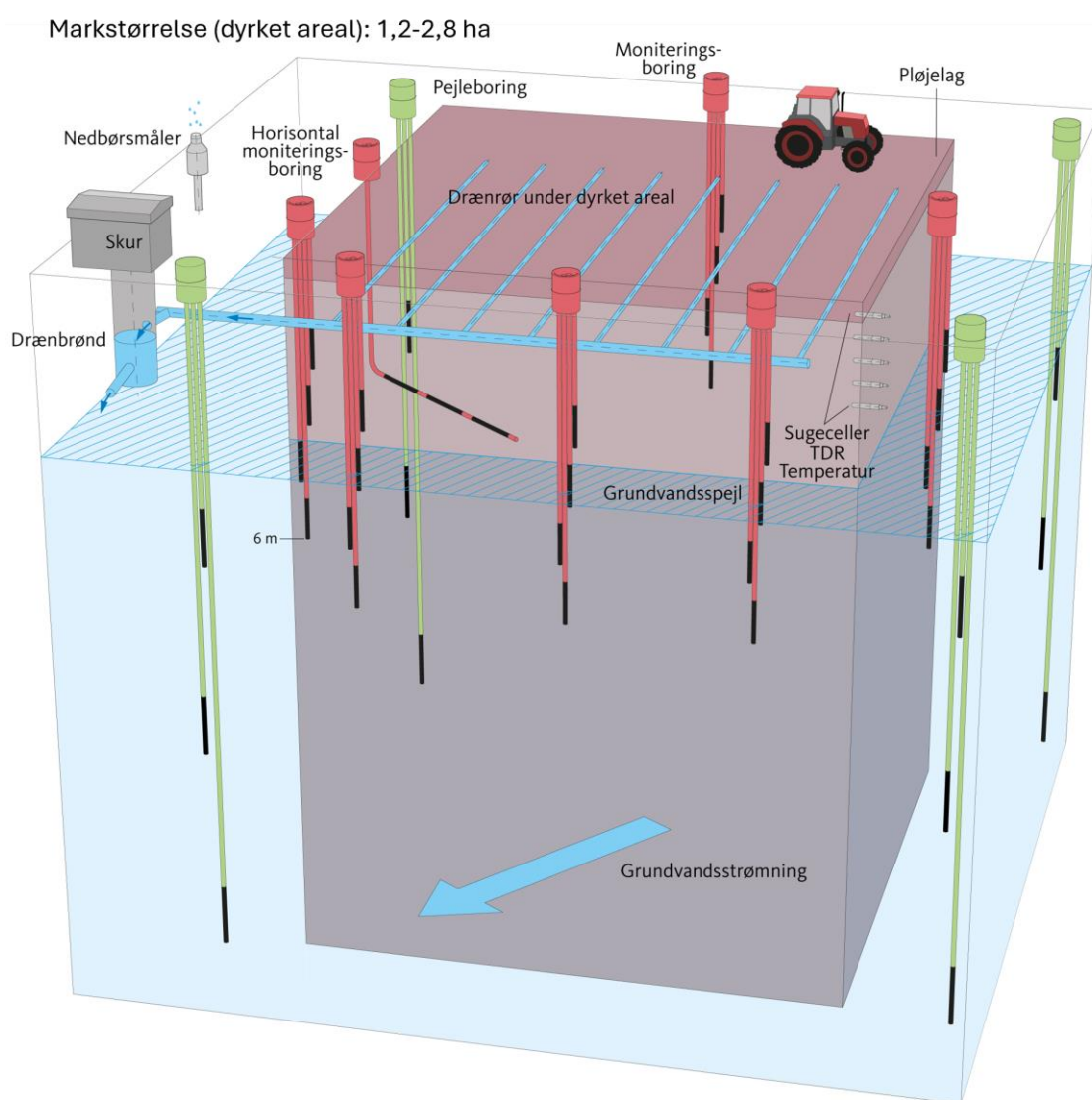
Figur 1. VAP-markernes placering i Danmark i forhold til nettonedbør 1990-2019 (andelen af nedbør, som når grundvandet). Markerne, der indgår i VAP, repræsenterer de mest udbredte danske klima- og jordtyper, hvori sandjorde og opsprækkede lerjorde indgår (Henriksen et al., 2021). Tylstrup-marken blev sat på standby per 1. januar 2019. Lund-marken blev etableret i 2016-2017 på en lokalitet med 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, og i januar 2023 blev der igangsat en ny bromid-tracer test for at undersøge den hydrauliske kontakt i borerne.

Opbygning af en VAP-mark

VAP-markerne er almindelige landbrugsarealer, som dyrkes konventionelt efter gældende regulering og praksis i området. For at der i VAP kan udføres den krævede monitoring på marken, er markerne udstyret med forskellige typer af borer og installationer, der muliggør udtagning af vandprøver både fra den variabelt mættede zone lige under overfladen, og fra det øvre grundvand. Figur 2 viser en tredimensionel oversigt over opbygningen af en drænet VAP-mark. De tre aktive VAP-marker, som er placeret på lerjord, har et drænsystem (Silstrup, Estrup, Faardrup), mens VAP-marken i Jydevad, som ligger på sandet jord ikke er drænet. Rundt om alle markerne findes en bufferzone, der ikke dyrkes, hvor adgangen til de forskellige installationer findes. For de drænedes marker gælder det, at drænet under det dyrkede areal er afkoblet fra drænsystemet under de omkringliggende marker. Vandet fra drænsystemet under VAP-marken samles således i en drænbrønd, hvorfra der tages ugentlige prøver, når der løber vand. Vand fra den variabelt mættede zone kan også udtages gennem sugeceller, som er placeret i 1-2 meters dybde. For at udtage prøver af det øvre grundvand under markerne, er der etableret monitoringsboringer (angivet som røde borer på Figur 2). Disse består

af fire separate filtre, hvori der kan udtages prøver af grundvandet fra ca. 1-6 meters dybde. Der er ikke altid vand i alle filtre, idet grundvandsspejlet fluktuerer hen over året, og de øverste filtre (samt drænsystemet) er derfor ofte tørre om sommeren og ud på efteråret. På de aktive marker er der ligeledes installeret horisontale monitoringsboringer, hvor filtrene er placeret horisontalt under det dyrkede areal, i 2-4 meters dybde. Monitoringsboringerne på VAP-markerne er placeret således, at der er adskillige boringer nedstrøms ift. grundvandsstrømningen samt minimum en boring opstrøms. Det antages, at vandet i boringerne opstrøms ikke er påvirket af aktiviteter på selve VAP-marken (Figur 2).

På VAP-markerne bliver der foruden vandprøver til pesticidanalyser udtaget prøver til analyse for fx nitrat, som anvendes i den landbrugsmæssige evaluering af dyrkningen. VAP-markerne er ligeledes udstyret med pejleboringer (grønne boringer på Figur 2), hvori grundvandsstanden måles manuelt og via automatiske loggere. Der indsamles yderligere klimaparametre samt vandindhold og temperatur i de øverste 2 m af jorden. For mere information om etableringen af VAP og opbygningen af markerne, henvises til Lindhardt et al, (2001).



Figur 2. Skematisk opbygning af VAP-markerne. De sandede marker har ikke drænsystemet, men vand i den variabelt mættede zone udtages fra sugeceller. Der tages vandprøver til pesticidanalyser fra udvalgte røde monitoringsboringer (lodrette og horisontale boringer). Grønne pejleboringer er dybere end de røde boringer og anvendes til at måle grundvandsstanden under markerne.

En vigtig parameter i forbindelse med etablering af en VAP-mark er at kortlægge vandbalancen i marken, hvilket typisk forløber over flere år. Monitoringen 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-tracer testen, da det ud fra testen i 2017 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-tracer test for at kortlægge den hydrauliske kontakt til borerne. Indtil resultaterne fra bromid-tracer testen 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.

Hvad viser resultaterne for juli 2022 – juni 2024?

Denne rapport fokuserer på resultaterne fra perioden juli 2022 - juni 2024. I denne periode blev der anvendt 23 forskellige kommercielle produkter med i alt 23 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 rapportsammendrag 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 aktivstoffer og/eller nedbrydningsprodukter, af selve aktivstoffet der blev anvendt på markerne før juli 2022, men hvor monitoreringen fortsatte ind i indeværende afrapporteringsperiode. Således er der i nærværende rapport også inkluderet tests og medtaget analyseresultater fra perioden før juli 2022 i de tilfælde, hvor dette var nødvendigt. I rapporten fremlægges resultater både for igangværende monitoring (monitoring afsluttes ikke i afrapporteringsperioden) og afsluttet monitoring for test af i alt 9 aktivstoffer (herefter benævnt *pesticider*), hvoraf tre pesticider og i alt 18 nedbrydningsprodukter (21 stoffer sammenlagt) indgik i indeværende afrapporteringsperiode fra juli 2022 til juli 2024. Derfor bemærkes det, at opsummeringen i Tabel 1 inkluderer analyser udført før indeværende afrapporteringsperiode for de stoffer, hvor det er relevant.

I afrapporteringsperioden juli 2022 til juni 2024 er testen af de 9 pesticider undersøgt efter anvendelse i maksimalt tilladt dosering i henhold til den specifikke anvendelse (afgrødetyper, tid på året, mm.). En opsummering af de 21 monitorerede stoffer er vist i Tabel 1. For otte af nedbrydningsprodukterne gælder det, at de hverken er fundet i grundvand, vand fra dræn eller sugeceller i en meters dybde.

I alt er 13 (tre pesticider og 10 nedbrydningsprodukter) ud af de 21 monitorerede stoffer fundet i vand fra markerne. Fire stoffer er kun fundet i drænvand (IN-B5528, M455H001, RH-24655 og RH-25337), og ni af stofferne (DMS, DMSA, fluopyram, fluopyram-7-hydroxy, propyzamid, RH-24580, RH-24644, picloram og aminopyralid) er fundet i både dræn- og grundvandsprøver. Tre af de ni stoffer, der er fundet i både dræn- og grundvand, er pesticiderne fluopyram, propyzamid og picloram, som er aktivstoffer i hhv. et svampemiddel og to ukrudtsmidler. DMS og DMSA, og fluopyram-7-hydroxy er nedbrydningsprodukter, der stammer fra svampemidlerne cyazofamid og fluopyram. RH-24580 og RH-24644 er begge nedbrydningsprodukter fra ukrudtsmidlet propyzamid, mens aminopyralid er et nedbrydningsprodukt fra picloram. Alle ni stoffer, der blev fundet i grundvandet, blev i løbet af testperioden detekteret i koncentrationer højere end kravværdien på 0,1 µg/L (Tabel 1).

Resultaterne for indeværende afrapporteringsperiode 1. juli 2022 til 30. juni 2024 er opsummeret i det følgende. Det bemærkes, at der i januar 2023 blev publiceret en dansksproget ekstraordinær VAP-rapport omhandlende cyazofamid-testen, som blev igangsat ifm. anvendelse i en kartoffelafgrøde på Jyndevad i 2020 (Badawi et al., 2023a). Testen viste, at DMSA og DMS udvaskede i koncentrationer over kravværdien på 0,1 µg/L i længere perioder og cyazofamid blev pr. 1 maj 2023 forbudt på det danske marked. Den nærværende rapport indeholder den afsluttende afrapportering af resultaterne fra cyazofamid-testen (Tabel 1).

Alle stoffer, der er monitoreret i afrapporteringsperioden, er listet i Tabel 1. Seks stoffer, angivet med **, er ikke tidligere monitoreret i VAP.

Tabel 1. Oversigt over monitoringsresultater fra Jydevad, Silstrup, Estrup og Fårdrup. Tre pesticider og 18 nedbrydningsprodukter (21 stoffer) blev analyseret i VAP fra 1. april 2022 til 30. juni 2024. VZ er variabelt mættet zone (dræn og sugeceller), MZ er mættet zone (lodrette og vandrette grundvandsboringer), og vanding er antallet af analyserede vandingsvandsprøver (kun Jydevad 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
Cyazofamid *	CCIM	62	262	-	0	-	-	0	-	-
	CTCA	62	262	-	0	-	-	0	-	-
	DMS	94	411	10/8 (0,027)	49	13	0,39	244	89	0,44
	DMSA	94	411	10/1 (0,02)	11	6	2,1	156	72	1,17
Fluopyram	Fluopyram	213	972	6 (-)	89	16	0,34	116	12	0,28
	Fluopyram-7-hydroxy	170	869	6 (-)	45	1	0,27	46	2	0,12
Lambda-cyhalothrin	Compound Ia**	22	102	3 (-)	0	-	-	0	-	-
Oxathiapiprolin	IN-E8S72**	22	102	3 (-)	0	-	-	0	-	-
Pendimethalin	M455H001**	73	517		16	0	0,037	0	-	-
Picloram	Picloram**	71	497		47	12	0,87	35	5	1,2
	Aminopyralid**	71	497		1	0	0,097	2	1	0,14
Propyzamid	Propyzamid	51	453		51	42	32	87	41	9,6
	RH-24580	51	453		39	0	0,072	33	11	0,26
	RH-24644	51	453		24	10	14	65	32	48
	RH-24655	51	453		1	0	0,01	0	-	-
	RH-25337**	51	453		1	0	0,012	0	-	-
Thifensulfuron-methyl ***	IN-B5528 ***	102	426		1	0	0,078	0	-	-
	IN-JZ789	102	426		0	-	-	0	-	-
	IN-L9223	102	426		0	-	-	0	-	-
Tribenuron-methyl ***	IN-B5528 ***	172	880	6 (-)	1	0	0,081	0	-	-
	IN-R9805	172	880	6 (-)	0	-	-	0	-	-
	M2	172	880	6 (-)	0	-	-	0	-	-

* Test afsluttes og endelige resultater er præsenteret i nærværende rapport ** Stoffet har ikke tidligere indgået i monitoringen ifm. med en pesticidtest (aminopyralid anvendt som pesticid har tidligere været i test).*** IN-B5528 er et fælles nedbrydningsprodukt fra thifensulfuron-methyl og tribenuron-methyl.

Bemærk, at aktivstofferne fluopyram, picloram og propyzamid har været i test på Lund-marken før den blev sat på standby. Disse tests er afrapporteret i den tidligere rapport af Badawi et al. (2023b), men grundet usikkerheden omkring den hydrauliske kontakt i borerne på marken, anbefales det, at de beskrevne evalueringer ikke anvendes i risikovurdering af stofferne. Der indgår derfor ikke yderligere evaluering af disse stoffer på Lund-marken i denne rapport.

Cyazofamid

I denne rapport præsenteres den endelige evaluering af cyazofamid-testen, der blev påbegyndt i 2020 i en kartoffelafrøde på Jydevad-marken og afsluttet i april 2024. Cyazofamid-testen er tidligere blevet offentliggjort i den ekstraordinære rapport, Badawi et al. (2023a), der dækker monitoringsperioden fra 2020 til juli 2022, og senere i den ordinære rapport, der dækker monitoringsperioden indtil juli 2023 (Badawi et al. 2024).

I 2024 blev den videnskabelige artikel af Badawi et al. (2024a) publiceret. Den omhandler VAP-monitoringsdata for monitoringsperioden indtil juli 2023 samt de understøttende laboratoriestudier. Monitoringen af CTCA og CCIM sluttede i januar 2023, og monitoringen af DMS og DMSA blev afsluttet i april 2024.

Cyazofamid blev anvendt fra juni til september 2020 i kartofler på Jydevad, 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 cyazofamidsprøjtning. 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 cyazofamidsprøjtning samt at varigheden af den periode, der blev detekteret DMSA, var kortere end for DMS.

Fluopyram

Fluopyram blev i monitoringsperioden maj/juni 2021 – juni 2024 testet i tre forskellige afgrøder: raps på Fårdrup, vårbyg på Jydevad og Silstrup, og vinterhvede på Silstrup og Fårdrup.

På Silstrup blev både fluopyram og dets nedbrydningsprodukt, fluopyram-7-hydroxy, påvist i drænvandet efter sprøjtningen med fluopyram i juni 2021 samt efter udbringning i vinterhvede i 2022 og 2023. Begge stoffer blev fundet i drænvandet i koncentrationer over $0,1 \mu\text{g/L}$ efter sprøjtningen med fluopyram i 2022, mens kun fluopyram blev fundet i koncentrationer over $0,1 \mu\text{g/L}$ efter sprøjtningen i 2023.

Fluopyram og fluopyram-7-hydroxy blev også påvist i grundvandet under Silstrup-marken, begge i koncentrationer over kravværdien på $0,1 \mu\text{g/L}$. Den maksimale koncentration af fluopyram ($0,28 \mu\text{g/L}$) blev målt i januar 2023, cirka seks måneder efter split-sprøjtningen med fluopyram i maj/juni 2022. Den højeste koncentration af fluopyram-7-hydroxy ($0,12 \mu\text{g/L}$) i grundvandet blev målt i oktober 2022. Mellem april og oktober 2023 blev hverken fluopyram eller fluopyram-7-hydroxy påvist i grundvandet. Efter udbringning af fluopyram i 2023 blev begge stoffer igen observeret i grundvandet, cirka fire måneder efter sprøjtning. Fluopyram blev påvist i koncentrationer over $0,1 \mu\text{g/L}$, og begge stoffer var til stede i grundvandet kontinuerligt fra oktober 2023 til marts 2024, mens fluopyram fortsat blev påvist indtil maj 2024. Hverken fluopyram eller fluopyram-7-hydroxy blev påvist i prøver udtaget opstrøms for marken.

På Fårdrup blev fluopyram påvist i grundvandet ved én lejlighed, mens fluopyram-7-hydroxy ikke blev påvist. I drænvandet på Fårdrup blev fluopyram og fluopyram-7-hydroxy begge påvist, men kun fluopyram blev fundet én gang i en koncentration over $0,1 \mu\text{g/L}$ ($0,14 \mu\text{g/L}$). Denne detektion fandt sted i januar 2023 og var første gang, fluopyram blev påvist i drænvand på Fårdrup.

Fluopyram og fluopyram-7-hydroxy blev hverken fundet i grundvandsprøver eller i vandprøver fra den variabelt mættede zone (sugeceller) på Jydevad.

Monitorering af fluopyram og fluopyram-7-hydroxy fortsættes på alle tre marker.

Lambda-cyhalothrin

Lambda-cyhalothrin blev testet i kartofler på Jydevad og blev anvendt to gange i hhv. juli og august 2023. Nedbrydningsproduktet, compound Ia, fra lambda-cyhalothrin blev inkluderet i monitorering på Jydevad i februar 2023. Compound Ia blev hverken påvist i baggrundsprøver og vandingsvand, der blev indsamlet før udbringningen eller i vand fra sugeceller, grundvand og vandingsvand indsamlet under monitoringsperioden fra juli 2023 til udgangen af afrapporteringsperioden den 30. juni 2024. Monitoreringen fortsættes og en endelig evaluering vil blive inkluderet i den kommende rapport, der dækker perioden fra juli 2023 til juni 2025.

Oxathiapripolin

Oxathiapripolin blev testet i en kartoffelafrøde på Jydevad i 2023. Stoffet blev anvendt to gange i juli og nedbrydningsproduktet IN-E8S72 blev inkluderet i monitoreringen i februar 2023. IN-E8S72 blev ikke påvist i vand fra sugeceller, grundvand eller vandingsvand, hverken før udbringningen af oxathiapripolin (fra februar til juli 2023) eller under monitoringsperioden fra juli 2023 til udgangen af afrapporteringsperioden den 30. juni 2024. Monitoreringen fortsættes på Jydevad og en endelig evaluering vil blive inkluderet i den kommende rapport, der dækker perioden fra juli 2023 til juni 2025.

Pendimethalin

Pendimethalin blev testet i vinterraps på de to lermarker Silstrup og Estrup, og stoffet blev anvendt i august 2023 på begge marker. Nedbrydningsproduktet, M455H001 blev inkluderet i monitoreringen på begge marker i maj 2023. M455H001 blev ikke påvist i baggrundsprøver indsamlet før udbringningen af pendimethalin. Resultater fra Silstrup og Estrup viste, at M455H001 blev påvist i drænvand fra begge marker, men i koncentrationer under 0,1 µg/L. På Estrup forekom hyppigere og længere perioder med detektioner af M455H001 i drænvandet, og stoffet blev påvist senest i juni 2024. M455H001 blev ikke fundet i grundvandsprøver indsamlet fra hverken Silstrup eller Estrup i løbet af monitoringsperioden fra august 2023 til udgangen af afrapporteringsperioden 30. juni 2024. Monitoreringen fortsættes på begge marker og en endelig evaluering vil indgå i kommende rapport, der dækker perioden fra juli 2023 til juni 2025.

Picloram

Udvaskning af picloram og nedbrydningsproduktet aminopyralid blev testet på Silstrup og Estrup efter en split-applikation af picloram i vinterraps i september 2023. På Silstrup blev picloram fundet i koncentrationer, over 0,1 µg/L, både i den variabelt mættede zone (drænvand) og i grundvandet. Således blev kravværdien for grundvandet på 0,1 µg/L overskredet. Picloram blev målt i maksimale koncentrationer på 0,87 µg/L i drænvandet og 1,2 µg/L i grundvandet cirka en måned efter den første picloramsprøjtning, og fund over kravværdien på 0,1 µg/L i grundvandet fortsatte i to måneder. På Estrup blev et lignende udvaskningsmønster observeret i drænvandet, men med lavere maksimale koncentrationer. Den højeste koncentration, der blev målt i drænvandet, var 0,41 µg/L, som også forekom inden for den første måned efter den første picloramsprøjtning. I modsætning til fundene i grundvandet fra Silstrup, blev der blot fundet få forekomster af picloram i grundvandet på Estrup, og tilstedeværelsen af picloram i drænvandet blev ikke afspejlet med tilsvarende fund i grundvandet. Dette kan skyldes manglende hydraulisk kontakt mellem vand fra overfladen og monitoringsboringerne på Estrup. Denne antagelse understøttes af tidligere bromid-tests udført på Estrup, som viste minimal respons af bromid i grundvandet. Der er derfor opstartet yderligere undersøgelser for at afklare usikkerhederne omkring den hydrauliske kontakt på Estrup.

Prøvetagningsfrekvensen for picloram-testene på Silstrup og Estrup fulgte initialt den ordinære månedlige strategi, men i november 2023 blev prøvetagningsfrekvensen ændret til ugentlige prøvetagninger ifm. opstart af propyzamid-testen på begge marker. Propyzamid-teststrategien inkluderede ugentlig prøvetagning i to måneder efterfulgt af 14-dages prøvetagning i yderligere to til fire måneder. Dette viste efterfølgende at de højeste fund af propyzamid i grundvandet primært fandt sted i perioden umiddelbart efter udbringning (se afsnit 5.7 og kapitel 2). Derfor gælder det for nærværende picloram test, at perioden umiddelbart efter sprøjtningen ikke er velbelyst, da der i følge den ordinære prøvetagning kun blev udført to prøvetagninger af grundvandet i den 2-måneders periode, hvor koncentrationerne af picloram i grundvandet lå over grænselværdien på 0,1 µg/L. Da picloram kontinuerligt var til stede i drænvandet i denne 2-måneders periode, er det sandsynligt, at udvaskning af picloram fandt sted før og mellem prøvetagningerne, men det præcise omfang af denne udvaskning kan ikke fastlægges ud fra disse test.

Monitering af picloram og aminopyralid på Silstrup og Estrup fortsættes.

Propyzamid

Propyzamid blev testet i vinterraps på to VAP-marker, Silstrup og Estrup. Stoffet blev anvendt i november 2023 og i den forbindelse blev monitoringen af propyzamid og fire nedbrydningsprodukter, RH-24580, RH-24644, RH-24655 og RH-25377 igangsat på begge marker.

På baggrund af overvågningsresultaterne på Silstrup er det tydeligt, at propyzamid og to af dets nedbrydningsprodukter, RH-24580 og RH-24644 udvaskes til grundvandet i koncentrationer, der overstiger kravværdien på 0,1 µg/L efter propyzamid blev sprøjtet på vinterrapsen. Propyzamid nåede generelt det øvre grundvand relativt hurtigt (inden for en uge) og blev konsekvent påvist i koncentrationer højere end 0,1 µg/L i de efterfølgende tre måneder. Ligeledes blev RH-24580 og RH-24644 fundet i koncentrationer over kravværdien i det øvre grundvand indenfor de første 14 dage efter sprøjtning, hvilket indikerer en relativt hurtig omdannelse af propyzamid og høj mobilitet af nedbrydningsprodukterne. De maksimale koncentrationer blev målt i grundvandet inden for de første tre måneder efter sprøjtning og udgjorde henholdsvis 9,6 µg/L for propyzamid, 0,26 µg/L for RH-24580, og 48 µg/L for RH-24644. RH-24644 er, med få undtagelser, målt i grundvandet i koncentrationer over kravværdien fra november 2023 til og med midten af april 2024, mens RH-24580 kontinuerligt blev målt i koncentrationer over kravværdien i perioden november 2023 indtil slutningen af januar 2024. I drænvandet på Silstrup blev propyzamid, RH-24580 og RH-24644 påvist indenfor den første uge efter sprøjtningen. Propyzamid og RH-24644 blev fortsat detekteret indtil februar 2024, mens RH-24580 forblev detekteret indtil slutningen af afrapporteringsperioden i juni 2024. De maksimale koncentrationer målt i drænvandet var 14 µg/L for propyzamid, 0,072 µg/L for RH-24580 og 14 µg/L for RH-24644.

I testen på Estrup-marken blev propyzamid og de to nedbrydningsprodukter ligeledes fundet i koncentrationer over 0,1 µg/L i drænvand fra 1 meters dybde. Her blev propyzamid målt i koncentrationer op til 32 µg/L en uge efter sprøjtningen, men stofferne blev ikke fundet i grundvandet trods de høje koncentrationer i drænvandet. Dette kan skyldes manglende hydraulisk kontakt mellem vand fra overfladen og monitoringsboringerne på Estrup. Undersøgelser til at belyse den mulige manglende kontakt i boringerne er derfor igangsat på marken.

Propyzamid har tidligere været i test på Silstrup (2018) og på marken i Fårdrup (2020). De to tests viste også fund på hhv. 5,1 og 7,0 µg/L i drænvandet i de første prøver udtaget efter sprøjtningen (Badawi et al., 2023b).

På Silstrup blev propyzamid fundet i grundvandet i koncentrationer over kravværdien ved den første prøvetagning ca. én måned efter sprøjtning samt ved de to efterfølgende prøvetagninger. På Faardrup blev stoffet fundet i en koncentration under kravværdien ved en enkelt prøvetagning tre måneder efter sprøjtning. I perioden inden denne prøvetagning bemærkes det, at der ikke var vand i adskillige borer, og at prøvetagningen 1,5 måned efter sprøjtningen måtte aflyses pga. Covid-19. Da prøvetagningen på Silstrup og Faardrup dengang fulgte den ordinære prøvetagning med månedlige prøvetagninger i grundvandet, har der været bekymring for, om en eventuel udvaskning i månederne umiddelbart efter sprøjtning ikke var blevet målt. Grundet dette blev prøvetagningsstrategien i indeværende propyzamid-test ændret til ugentlig prøvetagning i de første to måneder efter sprøjtning, efterfulgt af to til fire måneder med en prøvetagningsfrekvens på 14 dage. Ved at ændre prøvetagningsfrekvensen er det blevet tydeligt, at propyzamid og to af dets nedbrydningsprodukter (RH-24580 og RH-24644) ses i grundvandet allerede i ugen efter, stoffet blev sprøjtet på Silstrup marken. Monitoring af propyzamid og de fire nedbrydningsprodukter, RH-24580, RH-24644, RH-24655 og RH-25377, fortsætter på Silstrup og Estrup og vil blive evalueret videre i næste VAP-rapport.

Thifensulfuron-methyl

Thifensulfuron-methyl blev i perioden 2021-2022 testet i to forskellige afgrøder, vårbyg (2021) og flerårigt rajgræs (2022) i Estrup. I forbindelse med testene er der monitoreret for tre ikke-tidligere testede nedbrydningsprodukter, IN-B5528, IN-JZ789 og IN-L9223. Ingen af nedbrydningsprodukterne blev detekteret i grundvand, hverken i perioden før sprøjtningerne med thifensulfuron-methyl (april-juni 2021) eller i perioden fra juni 2021 til testen blev afsluttet i maj 2024. 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 µg/L efter sprøjtning med thifensulfuron-methyl. Det konkluderes, at IN-B5528, IN-JZ789 og IN-L9223 ikke medførte detektioner i grundvand over kravværdien i forbindelse med disse tests på Estrup. Det bemærkes, at der på Estrup er rejst en bekymring for om, hvorvidt der er manglende hydraulisk kontakt mellem vandet fra overfladen af marken og vandet i borerne. Denne bekymring understøttes af tidligere bromidtests ved Estrup, der viste minimal grundvandsrespons med bromid. Der er derfor igangsat yderligere undersøgelser på Estrup, for at afklare usikkerheden omkring den hydrauliske kontakt i borerne.

Det bemærkes, at IN-B5528 er fælles nedbrydningsprodukt for tribenuron-methyl og thifensulfuron-methyl.

Tribenuron-methyl

Tribenuron-methyl blev testet i to forskellige afgrøder, vårbyg i Jyndevad i 2022 og vinterhvede i Silstrup og Fårdrup i 2022 og 2023. Tre ikke-tidligere testede nedbrydningsprodukter, IN-B5528, IN-R9805 og M2 blev inkluderet i monitoreringen i 2022. Ingen af disse nedbrydningsprodukter blev detekteret i vand fra sugeceller, vandingsvand eller grundvand i Jyndevad, hverken før eller efter at tribenuron-methyl blev sprøjtet på marken. Testen i Jyndevad blev afsluttet i april 2024.

Med undtagelse af en enkelt detektion af IN-B5528 i en koncentration mindre end 0,1 µg/L i drænvand fra Fårdrup, blev IN-B5528, IN-R9805 og M2 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 2024. Monitoring af de tre nedbrydningsprodukter, IN-B5528, IN-R9805 og M2, fortsætter på Silstrup og Fårdrup og vil fortsat blive evalueret i næste VAP-rapport.

Det bemærkes at IN-B5528 er fælles nedbrydningsprodukt for tribenuron-methyl og thifensulfuron-methyl.

Hvad har vi lært af VAP gennem tiden?

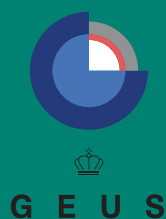
VAP har gennem de seneste 25 år (1999 – 2024) monitoreret for udvaskningen af 159 stoffer, hvoraf 53 er pesticider (aktivstoffer) og 106 er udvalgte pesticidnedbrydningsprodukter. Testene har bl.a. resulteret i og/eller påvist følgende:

- prøvetagningsstrategien, særligt frekvensen af prøvetagningen, kan være afgørende for, om udvaskningen af et pesticid/nedbrydningsprodukt opdages i løbet af monitoreringen, da særligt stoffer der anvendes i efterårsmånederne kan udvaske kort tid efter sprøjtningen.
- 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 kartoffeldyrkning.
- kraftigt sorberende pesticider kan udvaske 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 inkluderet i VAP 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.
- Badawi, N., Karan, S., Haarder, E. B., Gudmundsson, L., Hansen, C. H., Olsen, L. A., Nielsen, C. B., Plauborg, F. & Kørup, K. (2024). The Danish Pesticide Leaching Assessment Programme. Monitoring results May 1999–June 2023. Available online: www.plap.dk.
- Badawi, N., U. E. Bollmann, E. B. Haarder, C. N. Albers, K. Kørup, S. Karan (2024a). Leaching of unexpected cyazofamid degradation products into groundwater demonstrates gaps in current pesticide risk assessment. *Environmental Pollution* 349 (2024). <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123887>.
- Henriksen, H. J., Kragh, S. J., Gotfredsen, J., Ondracek, M., van Til, M., Jakobsen, A., Schneider, R. J. M., Koch, J., Trolborg, L., Rasmussen, P., Pasten-Zapata, E., & Stisen, S. (2021). Udvikling af landsdækkende modelberegninger af terrænnære hydrologiske forhold i 100m grid ved anvendelse af DK-modellen: Dokumentationsrapport vedr. modelleverancer til Hydrologisk Informations- og Prognosesystem. Udarbejdet som en del af Den Fællesoffentlige Digitaliseringsstrategi 2016-2020. Initiativet Fælles Data om Terræn, Klima og Vand. GEUS. <https://doi.org/10.22008/gpub/38113>
- Lindhardt, B., Abildtrup, C., Vosgerau, H., Olsen, P., Torp, S., Iversen, B.V., Jørgensen, J.O., Plauborg, F., Rasmussen, P. og Gravesen, P. (2001): The Danish Pesticide Leaching Assessment Programme: Site characterization and monitoring design, Geological Survey of Denmark and Greenland. Available online: www.plap.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>



De Nationale Geologiske Undersøgelser
for Danmark og Grønland (GEUS)
Øster Voldgade 10
1350 København K
Danmark

38 14 20 00
geus@geus.dk
www.geus.dk

Geus er en selvstændig og uafhængig
forsknings- og rådgivningsinstitution i
Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet



Institut for Agroøkologi
AU Foulum
Blichers Allé 20
8830 Tjele
Danmark
87 15 00 00
www.agro.au.dk

Institut for Ecoscience
C.F. Møllers Alle
Bygning 1130
8000 Aarhus
Danmark
87 15 00 00
www.ecos.au.dk



vap@geus.dk
www.vap.dk

ISSN (print) 2446-4244
ISSN (online) 2446-4252

ISBN (trykt) 978-87-7871-614-9
ISBN (online) 978-87-7871-615-6