

Varslingssystem for udvaskning af pesticider til grundvand

TESTRESULTATER
JULI 2023 - JUNI 2025



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 testresultater
med fokus på juli 2023 - juni 2025*



Nora Badawi¹, Sachin Karan¹, Eline B. Haarder¹, 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 Henning Carlo Thomsen, AU: Vårbyg i Jyndevad
Layout og grafisk produktion: Forfattere
Trykt: April 2026

ISSN (print): 2446-4244
ISSN (online): 2446-4252
ISBN (print): 978-87-7871-624-8
ISBN (online): 978-87-7871-626-2

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, M.S.M. Jensen, L.A. Olsen, C.B. Nielsen, F. Plauborg, & K. Kørup (2025). Varslingssystem for udvaskning af pesticider til grundvand (VAP) – sammendrag af testresultater med fokus på juli 2023–juni 2025. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser (GEUS), Danmark.*

Indhold

Hvad er VAP?.....	4
Hvad viser resultaterne for juli 2023 – juni 2025?.....	8
Hvad har vi lært af VAP gennem tiden?	17
Referencer.....	18

Alle testresultater 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 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 2017-2021 (Miljø- og Fødevareministeriet, 2017), og med sprøjtemiddelstrategi 2022-2026 (Miljøministeriet, 2022) understøttes arbejdet i VAP frem til og med 2026.

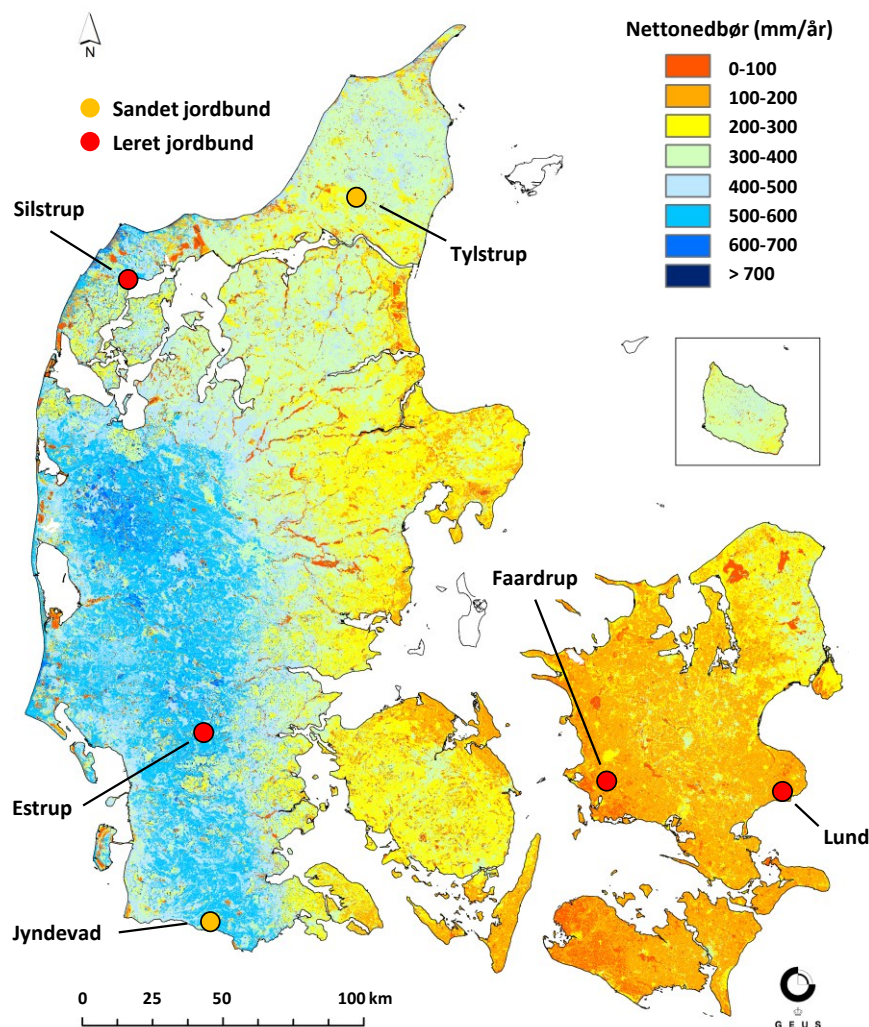
VAP er et testprogram, der ved brug af forsøgsmarker har følgende formål:

- 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 den gældende grænseværdi 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 indgår i test, 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 doseringer 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.



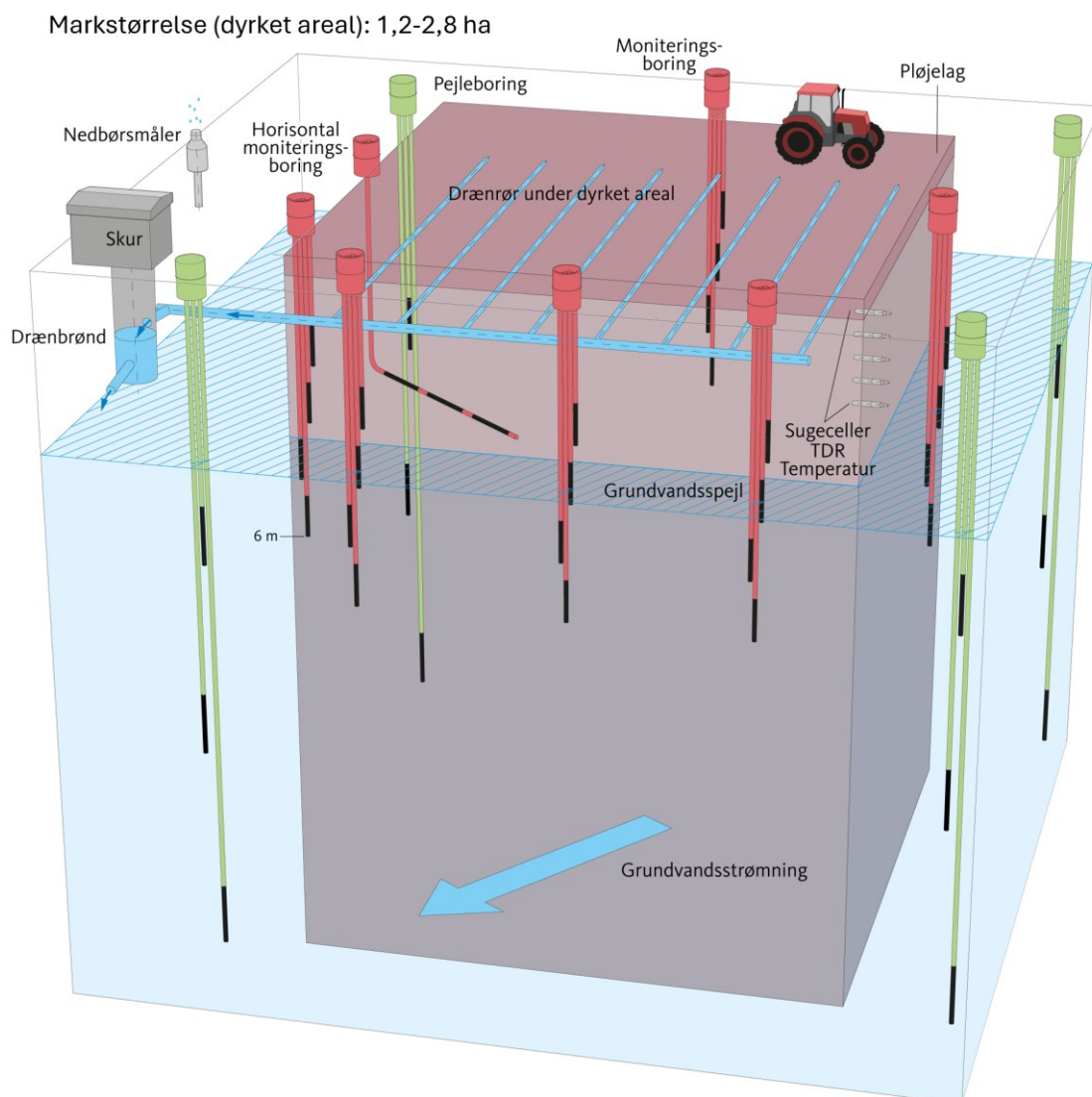
Figur 1. VAP-markernes placering i Danmark i forhold til nettonedbør 1990-2019 (andelen af nedbør, som når grundvandet). Markerne, der indgår i VAP, repræsenterer de mest udbredte danske klima- og jordtyper, hvori sandjorde og opsprækkede lerjorde indgår (Henriksen et al., 2021). Tylstrup-marken blev 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 udføres ikke pesticidtest på marken) for at kortlægge vandbalancen for marken. I januar 2023 blev der igangsat en ny bromid-tracer test for at undersøge den hydrauliske kontakt i borerne, og denne test er i 2025 fulgt op med geofysiske undersøgelser af de øverste jordlag samt målinger af stabile ilt-isotoper i vandet fra marken.

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 ifm. test 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, og 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 (1 m lange), 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 2-3,5 meters dybde. Monitoringsboringerne på VAP-markerne er placeret således, at der er adskillige boringer nedstrøms ift. grundvandsstrømningen samt minimum en boring opstrøms. Det vurderes på baggrund af gentagne bromid-tracer test, 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 måles 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 undersøge den hydrauliske kontakt i borerne, og denne test er i 2025 fulgt op med geofysiske undersøgelser af de øverste jordlag samt målinger af stabile ilt-isotoper i vandet fra marken. Indtil resultaterne fra disse test er blevet evalueret, vil der ikke blive igangsat nye pesticidtests på 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 2023 – juni 2025?

Denne rapport fokuserer på resultaterne fra perioden juli 2023 - juni 2025. I denne periode blev der anvendt 20 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 aktivstoffer, og i andre tilfælde blev det samme aktivstof anvendt på markerne ved brug af forskellige kommercielle produkter. Ikke alle aktivstoffer fra disse produkter blev udvalgt til test og indgår derfor ikke i monitoringen. Bemærk desuden, at et pesticid kan være i test i VAP uden at selve aktivstoffet er en del af monitoringen, hvis det er vurderet, at det kun er nedbrydningsprodukterne, der er relevante at monitere for. Nærværende rapport-sammendrag 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 rapporten er medtaget aktivstoffer og/eller nedbrydningsprodukter af selve aktivstoffet, der blev anvendt på markerne før juli 2023, men hvor monitoringen fortsatte ind i indeværende afrapporteringsperiode. Således er der i nærværende rapport også inkluderet tests og medtaget analyseresultater fra perioden før juli 2023 i de tilfælde, hvor dette var nødvendigt. I rapporten fremlægges resultater både for igangværende tests (hvor monitorering ikke afsluttes i afrapporteringsperioden) og afsluttede tests (hvor monitoreringen afsluttes i afrapporteringsperioden) af i alt otte aktivstoffer (herefter benævnt *pesticider*). I forbindelse med de otte tests indgik i alt tre pesticider og 14 nedbrydningsprodukter (17 stoffer sammenlagt) i monitoringen i indeværende afrapporteringsperiode fra juli 2023 til juni 2025. Derfor bemærkes det, at opsummeringen i Tabel 1 inkluderer analyser udført før indeværende afrapporteringsperiode for de stoffer, hvor det er relevant. Ligeledes har vi, for fuldstændighedens skyld, medtaget analyser fra juli-august 2025 i vurderingen, når disse udgjorde de sidste analyser i den pågældende test.

I afrapporteringsperioden juli 2023 til juni 2025 er de otte pesticider i test sprøjtet i maksimalt tilladt dosering i henhold til den specifikke anvendelse (afgrødetyper, tid på året, mm.). En opsummering af de 17 monitorerede stoffer er vist i Tabel 1. For seks af nedbrydningsprodukterne gælder det, at de hverken er fundet i grundvand eller vand fra dræn og sugeceller i en meters dybde.

I alt er elleve (tre pesticider og otte nedbrydningsprodukter) ud af de 17 monitorerede stoffer fundet i vand fra markerne. Fire stoffer er kun fundet i drænvand (IN-B5528, M455H001, RH-24655 og RH-25337), og syv af stofferne (fluopyram, fluopyram-7-hydroxy, propyzamid, RH-24580, RH-24644, picloram og aminopyralid) er fundet i både dræn- og grundvandsprøver. Tre af de syv 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. Fluopyram-7-hydroxy er et nedbrydningsprodukt, der stammer fra svampemidlet fluopyram. RH-24580 og RH-24644 er begge nedbrydningsprodukter fra ukrudtsmidlet propyzamid, mens aminopyralid er et nedbrydningsprodukt fra picloram. Alle syv stoffer, der blev fundet i grundvandet, blev i løbet af testperioden detekteret i koncentrationer højere end grænseværdien på 0,1 µg/L (Tabel 1). For aminopyralid gælder det, at stoffet kun blev fundet i en koncentration over grænseværdien i én prøve udtaget opstrøms for marken.

Resultaterne for indeværende afrapporteringsperiode 1. juli 2023 til 30. juni 2025 er opsummeret i det følgende. Alle stoffer, der er monitoreret i afrapporteringsperioden, er listet i Tabel 1 og behandlet i den engelske rapport, der kan findes på www.vap.dk. Tabel 1 indeholder resultater fra den variabelt mættede zone samt

de grundvandsprøver, der er udtaget nedstrøms for markerne. Det bemærkes, at Tabel 1 ikke længere indeholder resultater for prøver udtaget i opstrømsboringerne. Seks stoffer, angivet med **, er ikke tidligere monitoreret i VAP.

Tabel 1. Oversigt over testresultater fra Jyndeved, Silstrup, Estrup og Fårdrup. Tre pesticider og 14 nedbrydningsprodukter (17 stoffer) blev analyseret i VAP fra 1. april 2023 til 30. juni 2025. VZ er variabelt mættet zone (dræn og sugeceller), MZ er mættet zone (lodrette og vandrette grundvandsboringer), og Vanding er antallet af analyserede vandingsvandsprøver (kun Jyndeved bliver vandet, (-) betyder at analytten ikke blev fundet). Det. er detektioner i koncentrationer > 0,01 µg/L og Max konc. er den maksimale detekterede koncentration. Baggrundsprøver og prøver udtaget opstrøms for markerne er ikke inkluderet i tabellen.

Pesticid	Analyt	Antal prøver			Analyseresultater					
		VZ	MZ	Vanding	Drænvand/sugeceller (variabelt mættet zone)			Grundvand (mættet zone)		
					Det.	> 0.1 µg/L	Max konc. µg/L	Det.	> 0.1 µg/L	Max konc. µg/L
Fluopyram	Fluopyram	275	1087	9 (-)	110	16	0,34	126	12	0,28
	Fluopyram-7-hydroxy	232	986	9 (-)	52	1	0,27	46	2	0,12
Lambda-cyhalothrin	Compound Ia**	46	190	6 (-)	0	-	-	0	-	-
Oxathiapiprolin	IN-E8S72**	48	173	6 (-)	0	-	-	0	-	-
Pendimethalin	M455H001**	138	695	2 (-)	17	0	0,037	0	-	-
Picloram	Picloram**	134	601		48	12	0,87	34	5	1,2
	Aminopyralid**	134	601		1	0	0,097	1	0	0,055
Propyzamid	Propyzamid	114	565		92	49	32	88	41	9,6
	RH-24580	114	565		50	0	0,072	36	11	0,26
	RH-24644	114	565		24	10	14	73	32	48
	RH-24655	114	565		1	0	0,01	0	-	-
	RH-25337**	114	565		1	0	0,012	0	-	-
Thifensulfuron-methyl ***	IN-B5528 ***	4	21	2 (-)	0	-	-	0	-	-
	IN-JZ789 ^A									
	IN-L9223	4	21	2 (-)	0	-	-	0	-	-
	IN-W8268	4	21	2 (-)	0	-	-	0	-	-
Tribenuron-methyl ***	IN-B5528 */***	209	891	6 (-)	1	-	0,081	0	-	-
	IN-R9805 *	209	908	6 (-)	0	-	-	0	-	-
	M2 *	209	908	6 (-)	0	-	-	0	-	-

** Afsluttet test, **Stoffet har ikke tidligere indgået i monitoreringen 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, ^AIN-JZ789 udgik af monitoring i løbet af rapportperioden, da stoffet viste sig at være ustabil i vandig opløsning med andre stoffer.*

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. (2023), men grundet usikkerheden omkring den hydrauliske kontakt i boringerne på marken, anbefales det, at de beskrevne evalueringer ikke anvendes i risikovurdering af stofferne. Der indgår derfor ikke yderligere evaluering af disse stoffer ifm. test på Lund-marken i denne rapport.

Fluopyram

Fluopyram blev i monitoringsperioden maj/juni 2021 – juli 2025 testet i fire forskellige afgrøder: raps på Fårdrup, majs på Jyndeved, vårbyg på Jyndeved og Silstrup, og vinterhvede på Silstrup og Fårdrup.

På Silstrup blev både fluopyram og dets nedbrydningsprodukt, fluopyram-7-hydroxy, påvist i drænvandet efter sprøjtningerne med fluopyram i juni 2021, 2022 og 2023. Begge stoffer blev fundet i drænvandet i koncentrationer over 0,1 µg/L efter sprøjtningen med fluopyram i 2022, mens kun fluopyram blev fundet i koncentrationer over 0,1 µg/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 µg/L. Den maksimale koncentration af fluopyram (0,28 µg/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 µg/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 µg/L, og begge stoffer var til stede i grundvandet kontinuerligt fra oktober 2023 til marts 2024, mens fluopyram fortsat blev påvist indtil maj 2024. Herefter blev kun fluopyram påvist i grundvand (<0,1 µg/L) i forbindelse med, at der samtidig blev målt relativt højt drænflow i januar og februar 2025. 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. Fluopyram blev fundet flere gange, men kun én gang i en koncentration over 0,1 µg/L (0,14 µg/L). Denne detektion fandt sted i januar 2023 og var første gang, fluopyram blev påvist i drænvand på Fårdrup. Fluopyram-7-hydroxy overskred ikke grænseværdien på 0,1 µg/L. Sammenlignet med Silstrup tyder de væsentligt lavere observerede koncentrationer samt fraværet af overskridelser i Fårdrup på, at udvaskning af fluopyram og fluopyram-7-hydroxy er mindre udtalt her, hvilket viser effekten af stedspecifikke faktorer (f.eks. klima og geologi) på pesticidudvaskning. Det er tidligere påvist, at transporttiden fra overfladen til grundvandet for den konservative tracer, bromid, er relativt længere i Faardrup sammenlignet med Silstrup. Dette kan forklare de reducerede og forsinkede forekomster af fluopyram og fluopyram-7-hydroxy i grundvandet ved Fårdrup. Monitorering af fluopyram og fluopyram-7-hydroxy blev afsluttet i juli 2025 på Silstrup og Fårdrup.

Fluopyram og fluopyram-7-hydroxy blev hverken fundet i grundvandsprøver eller i vandprøver fra den variabelt mættede zone (sugeceller) på Jyndevad. Monitoreringen fortsættes på Jyndevad og en endelig evaluering vil blive præsenteret i den kommende rapport, der dækker perioden fra juli 2024 til juni 2026.

Lambda-cyhalothrin

Lambda-cyhalothrin blev testet i kartofler på Jyndevad i 2023 og i vårbyg med kløvergræsudlæg i 2025 i Jyndevad og Fårdrup. Testen på Jyndevad i kartofler i 2023 blev afsluttet i marts 2025, da testen i vårbyg blev startet med en ny lambda-cyhalothrin sprøjtning på marken. Nedbrydningsproduktet, compound Ia, blev ikke påvist på Jyndevad i sugeceller (den variabelt mættede zone), grundvand eller vandingsvand fra juli 2023 til 2025, eller på Fårdrup i drænvandet (den variabelt mættede zone) og grundvandet fra april til juni 2025. Ligeledes blev Compound Ia ikke detekteret i baggrundsprøver, indsamlet før anvendelsen af lambda-cyhalothrin i hverken Jyndevad eller Faardrup. Monitoringsperioden for de to tests, der startede i 2025, er for kort til en evaluering, men monitoreringen fortsætter på begge marker og vil blive evalueret i de kommende rapporter.

Oxathiapiprolin

Oxathiapiprolin blev testet i en kartoffelafgrøde på Jynde vad 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 oxathiapiprolin (fra februar til juli 2023) eller under monitoringsperioden fra juli 2023 til testens afslutning i juli 2025.

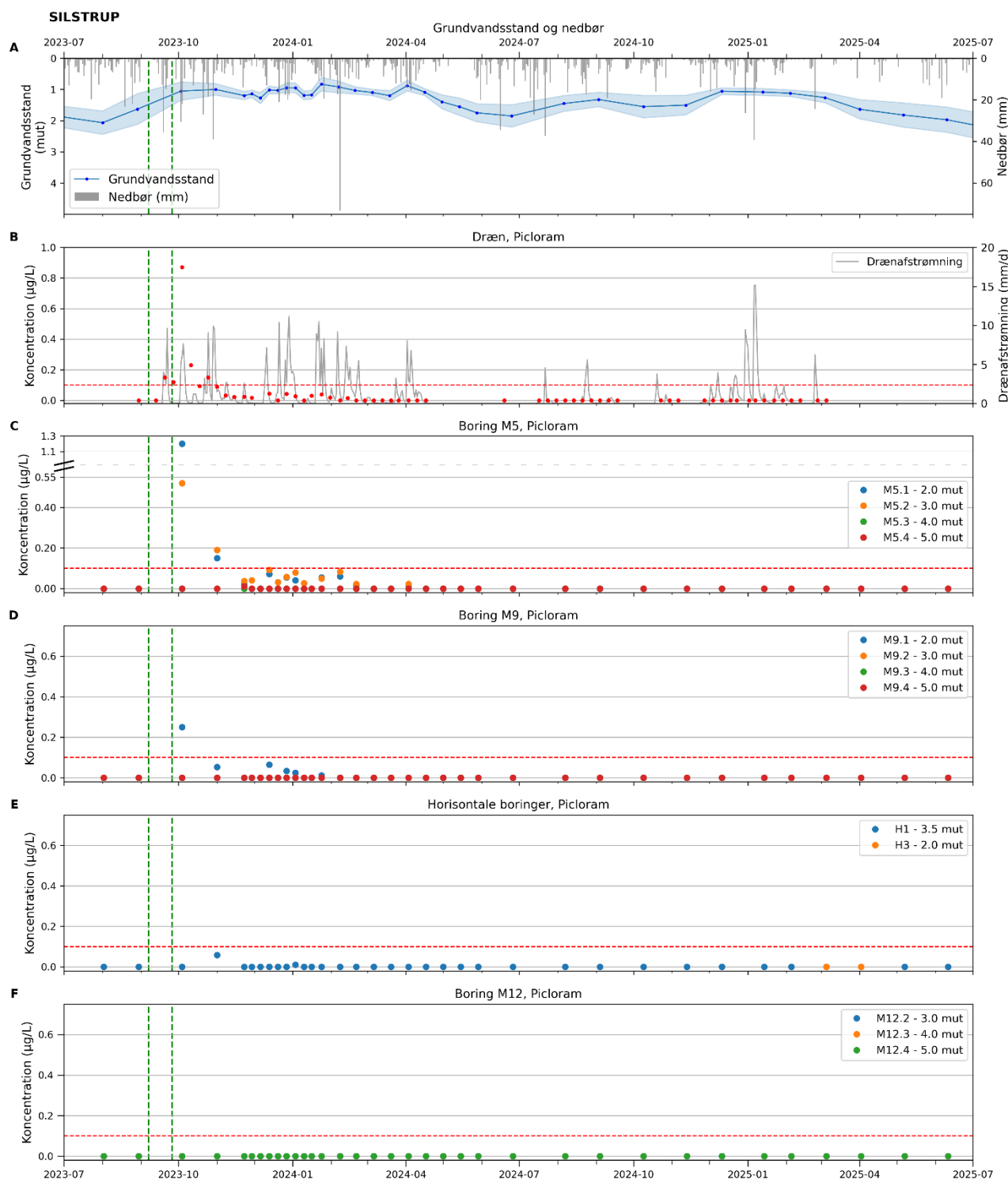
Pendimethalin

Pendimethalin blev testet i vinterraps i august 2023 på de to lermarker Silstrup og Estrup samt i vårbyg med kløvergræsudlæg på Jynde vad og Fårdrup i hhv. marts og april 2025. Nedbrydningsproduktet, M455H001 blev inkluderet i monitoreringen på alle fire marker. M455H001 blev ikke påvist i baggrundsprøver indsamlet før sprøjtningerne med pendimethalin på nogen af markerne. Testene på Silstrup og Estrup blev afsluttet i august 2025, mens testene på Jynde vad og Fårdrup fortsætter minimum i to år fra sprøjtetidspunkterne. 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 december 2024. M455H001 blev ikke fundet i grundvandsprøver indsamlet fra hverken Silstrup eller Estrup i løbet af monitoringsperioden fra august 2023 til august 2025, hvor testene blev afsluttet. Det skal dog bemærkes, at den hydrauliske kontakt mellem overfladen og boringerne i Estrup i øjeblikket er under evaluering, da vand i boringerne muligvis ikke er tilstrækkeligt forbundet med det øvre grundvandsystem. Denne antagelse understøttes af tidligere bromid-tests udført på Estrup, som viste minimal respons af bromid i grundvandet fra monitoringsboringerne. Der er derfor opstartet yderligere undersøgelser for at afklare usikkerhederne omkring den hydrauliske kontakt på Estrup. Resultaterne fra disse undersøgelser vil løbende blive evalueret og afrapporteret i kommende rapporter.

Foreløbige resultater fra Jynde vad og Fårdrup viste ingen fund af M455H001 i vand fra den variabelt mættede zone eller grundvandet, hverken før eller efter sprøjtning med pendimethalin. Monitoringsperioden fra marts/april 2025 til udgangen af afrapporteringsperioden 30. juni 2025 er dog for kort til en evaluering af de to tests, men monitoreringen fortsætter på begge marker og vil blive evalueret i kommende rapporter.

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 grænseværdien på 0,1 µg/L i grundvand, både i den variabelt mættede zone (drænvand) og i grundvandet. 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 målt i drænvandet var 0,41 µg/L, og forekom også 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. Figur 3 viser resultaterne af picloram-testen på Silstrup indtil 1. juli 2025, for både drænvand og grundvand. Yderligere figurer med resultater fra denne test kan findes i den engelsksprogede rapport, kapitel 5.5.



Figur 3. Resultater af picloram-monitoring på Silstrup. A: Grundvandsstand og nedbør. B: Indhold af picloram i drænvand, og drænafløb. C-E: Indhold af picloram i nedstrøms borer. Bemærk at y-aksen i C er brudt fra 0,055-1,1 µg/L. F: Indhold af picloram i opstrøms boring. Grønne lodrette stiplede linjer repræsenterer sprøjetidspunkter for picloram og den røde vandrette stiplede linje er grænseværdien i grundvand på 0,1 µg/L. Øvrige figurer fra picloram-testen kan ses i den engelske rapport, kapitel 5.5.

Prøvetagningsfrekvensen for picloram-testene på Silstrup og Estrup fulgte initialt den ordinære månedlige prøvetagningsstrategi, 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 5.6 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 grænseværdien på 0,1 µg/L. Da picloram kontinuerligt var til stede i drænvandet i denne 2-måneders periode efter sprøjtningen, 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. Monitorering af picloram og aminopyralid på Silstrup og Estrup fortsættes og en endelig evaluering vil blive præsenteret i næste rapport.

Propyzamid

Udvaskning af propyzamid og de fire nedbrydningsprodukter, RH-24580, RH-24644, RH-24655 og RH-25337, blev testet i Silstrup og Estrup efter anvendelse i vinterraps i november 2023. Testene er i gang på begge marker, og monitoreringen vil fortsætte i mindst to år efter anvendelsesdatoen.

Monitoreringen i Silstrup viste, at propyzamid og to af dets nedbrydningsprodukter, RH-24580 og RH-24644, blev udvasket til grundvandet kort efter sprøjtning. I drænet blev der i løbet af de første dage påvist propyzamid-koncentrationer op til 14 µg/L, og de efterfølgende ca. fire måneder blev propyzamid detekteret i koncentrationer over 0,1 µg/L. Et tilsvarende forløb blev også observeret i grundvandet i de øverste grundvandsfiltre, hvor propyzamid-indholdet nåede en koncentration på 9,6 µg/L inden for den første uge efter sprøjtning og forblev over 0,1 µg/L i ca. tre måneder. Figur 4 viser resultaterne af propyzamid-testen på Silstrup indtil 1. juli 2025, for både drænvand og grundvand. Yderligere figurer med resultater fra denne test kan findes i den engelsksprogede rapport, kapitel 5.6.

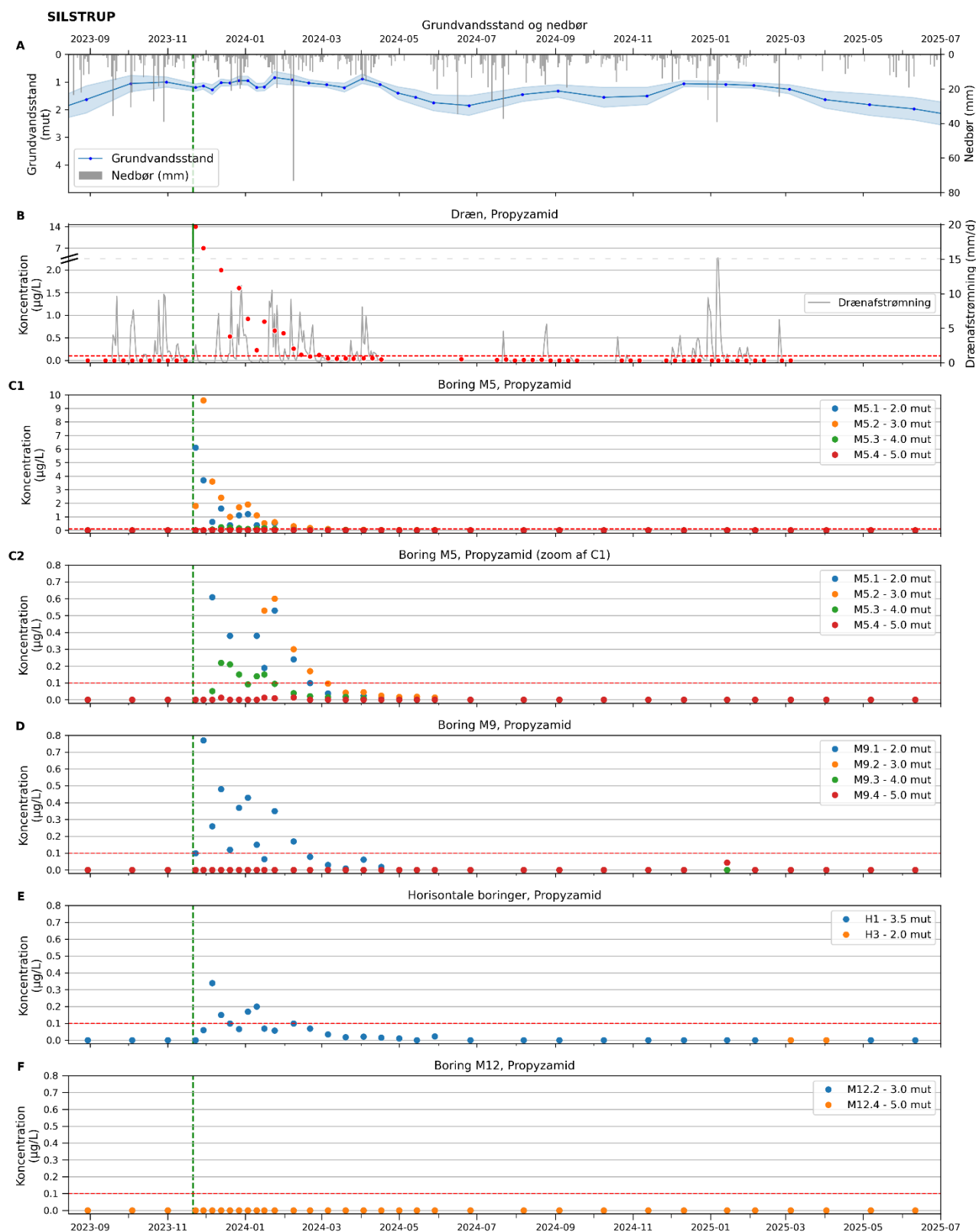
Nedbrydningsprodukterne RH-24580 og RH-24644 blev også påvist i både drænvand og grundvand. Begge stoffer blev inden for den første uge efter sprøjtning påvist i koncentrationer på over 0,1 µg/L i det øverste grundvand, hvilket fortsatte i ca. en måned. Dette indikerer en relativt hurtig omdannelse af propyzamid og høj mobilitet af både propyzamid og de dannede nedbrydningsprodukter. Koncentrationerne for alle stofferne faldt generelt med dybden, hvilket tyder på, at andre processer som f.eks. sorption, videre nedbrydning, eller fortynding reducerer transporten eller indholdet til det dybere grundvand. De maksimale koncentrationer, der blev observeret i grundvandet, var 9,6 µg/L for propyzamid, 0,26 µg/L for RH-24580 og 48 µg/L for RH-24644.

I Estrup blev propyzamid og de to nedbrydningsprodukter, RH-24580 og RH-24644, ligeledes påvist i drænvand. De højeste koncentrationer af propyzamid (32 µg/L) og RH-24580 (0,051 µg/L) blev observeret en uge efter sprøjtning, tilsvarende udvaskningsmønsteret i Silstrup. RH-24644 blev detekteret første gang i december 2023, men den højeste koncentration (1,4 µg/L) blev først observeret i februar 2024, ca. tre måneder efter sprøjtning.

I modsætning til Silstrup, hvor stoffer, der blev observeret i drænvandet, generelt også forekom i grundvandet, blev RH-24644 i Estrup kun påvist to gange i grundvandet i løbet af afrapporteringsperioden, begge gange i koncentrationer under 0,1 µg/L. Uoverensstemmelsen mellem høje fund i dræn og manglende fund i grundvandet, er også observeret i tidligere tests på Estrup (f.eks. for picloram, bifenox, bentazon og azoxystrobin). Den manglende overensstemmelse mellem fund i dræn og fund i grundvand afspejler muligvis en begrænset forbindelse mellem monitoringsboringerne og overfladevandet fra marken, snarere end manglende udvaskning. For at afklare dette, er der iværksat undersøgelser for at belyse en potentielt manglende hydraulisk forbindelse til boringerne i Estrup. Samlet set indikerer de høje fund af propyzamid og nedbrydningsprodukterne i drænvandet potentiel udvaskning til grundvandet. Resultaterne af grundvandsmonitoringen i Estrup kan således undervurdere den faktiske udvaskning og bør derfor anvendes med forbehold i en evaluering, indtil der kommer en endelig afklaring af de hydrauliske forhold i marken.

Propyzamid er tidligere testet i vinterraps i Silstrup (2018) og i Faardrup (2020). Disse to tests viste også relativt høje koncentrationer af propyzamid på henholdsvis 5,1 og 7,0 µg/L i drænvandet kort efter sprøjtning (Badawi et al., 2023). Da disse tests blev udført, foregik prøvetagningen af grundvandet på månedlig basis, hvilket gav anledning til bekymring for, at potentiel udvaskning i ugerne mellem de få månedlige prøvetagninger kort efter sprøjtning, ikke var blevet opdaget. Derfor blev prøvetagningsstrategien for de aktuelle propyzamid-test justeret til ugentlig prøvetagning af grundvandet i de første to måneder efter sprøjtning, efterfulgt af prøvetagning hver anden uge i de næste to til fire måneder. Denne ændring i prøvetagningsfrekvensen af grundvandet har i Silstrup tydeligt vist, at propyzamid og to af dets nedbrydningsprodukter (RH-24580 og RH-24644) blev udvasket til grundvandet allerede i ugen efter, at propyzamid var blevet sprøjtet på marken.

Monitering af propyzamid og de fire nedbrydningsprodukter, RH-24580, RH-24644, RH-24655 og RH-25377, fortsætter på begge marker og vil blive evalueret yderligere i næste VAP-rapport.



Figur 4. Resultater af propyzamid-testen på Silstrup. A: Grundvandsstand og nedbør. B: Indhold af propyzamid i drænvand, og drænavstrømning. C-E: Indhold af propyzamid i nedstrøms borer. C2 er et zoom af C1, som viser flere detaljer for koncentrationer under 0,8 µg/L. F: Indhold af propyzamid i opstrøms boring. Lodret grøn stiplede linje repræsenterer sprøjetidspunkt for propyzamid og den røde vandrette stiplede linje grænseværdien i grundvand på 0,1 µg/L. Øvrige figurer fra propyzamid-testen kan ses i den engelske rapport, kapitel 5.6.

Thifensulfuron-methyl

I april/maj 2025 blev thifensulfuron-methyl-tests startet i vårbyg med kløvergræsudlæg i hhv. Jyndevad og Silstrup. Fire nedbrydningsprodukter, IN-B5528, IN-L9223, IN-JZ789 og IN-W8268 fra thifensulfuron-methyl, blev oprindeligt udvalgt til at indgå i monitoreringen i både Jyndevad og Silstrup. Nedbrydningsproduktet, IN-JZ789 viste sig imidlertid i løbet af monitoringsperioden at være ustabil i vandig opløsning, når den kom i forbindelse med andre stoffer. Stoffet udgik derfor fra monitoreringen og vil ikke blive vurderet yderligere. Der blev indsamlet baggrundsprøver fra den variabelt mættede zone og grundvandet på begge marker før thifensulfuron-methyl sprøjtningerne. Ingen af baggrundsprøverne indeholdt nogen af de tre nedbrydningsprodukter. Monitoringsperioden fra opstarten af thifensulfuron-methyl-testene i april/maj 2025 til udgangen af afrapporteringsperioden den 30. juni 2025 er for kort til en evaluering, men monitoreringen i både Jyndevad og Silstrup fortsætter, og testene vil blive evalueret i de kommende rapporter.

Bemærk, 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-sprøjtningen (april/maj 2022) eller i monitoringsperioden fra april/maj 2022 til testene blev afsluttet i juli 2025.

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

Hvad har vi lært af VAP gennem tiden?

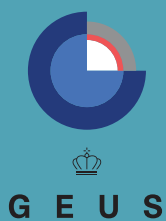
VAP har gennem de seneste 26 år (1999 – 2025) monitoreret for udvaskningen af 160 stoffer, hvoraf 53 er pesticider (aktivstoffer) og 107 er udvalgte pesticidnedbrydningsprodukter. Testene har bl.a. resulteret i og/eller påvist følgende:

- 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 sprøjtning.
- 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 har derfor været 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, L. Gudmundsson, C.H. Hansen, C.B. Nielsen, F. Plauborg, & K. Kørup (2023). 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

Telefon: 38 14 20 00
E-mail: geus@geus.dk
Hjemmeside: 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
Telefon: 87 15 00 00
Hjemmeside: www.agro.au.dk

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

vap@geus.dk
www.vap.dk



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

ISBN (trykt) 978-87-7871-624-8
ISBN (online) 978-87-7871-626-2