



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Skelnen mellem pesticidkilder

Fund i grundvand
– fladekilde eller punktkilde?

2022

Udgiver: Miljøstyrelsen
Finansieret af Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer

Redaktion: Sandra Roost, Katerina Tsitonaki og
Anna Krog Nielsen, WSP Danmark A/S
Poul L. Bjerg, Klaus Mosthaf, Annika Sidelmann Fjordbøge,
DTU Miljø, Danmarks Tekniske Universitet
Anders Risbjerg Johnsen og Lærke Thorling, GEUS

Udgivelsesår: 2022

Fotos: DTU Miljø og WSP
Illustrationer: Udarbejdet af projektets deltagere

Grafisk design og tryk: insign aps, Hasse Pedersen

ISBN: 978-87-7038-401-8

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	4
2	Punktkilde og fladekilde	6
3	Grundlag og aktiviteter	8
4	Indikatorer 2022	10
5	Komplicerende faktorer for DMS og DPC	18
6	Eksempler	20

Indledning

Baggrund

Fund af pesticider i grundvandet udgør et problem for grundvandsressourcen og er en hyppig årsag til lukning af vandforsyningsboringer. Pesticider i grundvandet kan enten stamme fra fladekilder eller punktkilder, hvilket har stor betydning for relevante handlemuligheder og hvilke myndigheder, der skal handle. Regionernes indsats er rettet mod punktkilder, og derfor er det vigtigt at kunne skelne mellem en punktkilde eller en fladebelastning fra f.eks. regelret anvendelse på de omkringliggende marker.

I 2013 blev der udviklet en metode med 11 indikatorer, som gjorde det muligt at skelne mellem pesticidkilder (Miljøprojekt 1502). Anvendelsen af indikatorerne er blevet et vigtigt redskab i regionernes planlægning af deres pesticidindsats. Derudover er der en række andre aktører, som har anvendt indikatorerne, herunder vandforsyninger og kommuner.

Der har været væsentlige ændringer i omfanget af analysepakkerne i forbindelse med regionernes forureningsundersøgelser, boringskontrollen og grundvandsovervågningen. Der konstateres nu en række pesticider, som ikke indgik i projektet fra 2013. En del af disse pesticider konstateres nu hyppigere end nogen pesticider tidligere har gjort. Indikatorerne fra 2013 kan således ikke længere anvendes på det grundlag, de blev identificeret på. Der er derfor behov for indikatorer, der bygger på den nye situation.

Projektet er udført som et samarbejde mellem Miljøstyrelsen, de fem regioner, Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer, DTU Miljø, GEUS og WSP under Miljøstyrelsens teknologiudviklingsprogram. Herudover har der været input fra InSa Drikkevand.

Dette hæfte beskriver udvalgte resultater fra projektet, som bygger på en hovedrapport og tilhørende appendiks, der er udgivet som Miljøprojekt nr. 2200.

Formål

Projekts formål var at opdatere og videreudvikle metoden til skelnen mellem pesticidkilder, som er beskrevet i Miljøprojekt 1502 fra 2013. Projektet har justeret nogle af de tidligere indikatorer samt suppleret med nye indikatorer og input. Derudover har formålet været, at metoden skal kunne anvendes fremadrettet på de pesticider, som er dominerende i grundvandet i dag.

Målgruppe

Målgruppen er som udgangspunkt regionerne, som har brugt og fortsat vil bruge indikatorerne i forbindelse med deres indsats overfor potentielle pesticidpunktkilder, der kan være årsag til fund i indvindingsboringer. Derudover vil målgruppen også omfatte forsyninger, vandværker og kommuner og andre der kan have interesse i at opspore et pesticidfund.



Miljøprojekt 1502, Skelnen mellem pesticidkilder, 2013

Projektet byggede på fire delprojekter, som omhandlede salg og anvendelse af herbicider, statistisk analyse, scenariemodelleringer samt erfaringsopsamling på pesticidpunktkilder.

Fokus var på pesticider, som var dominerende i grundvandsovervågningen og regionernes undersøgelser i 2013. Dette var bl.a. phenoxysyrer-pesticider, triaziner, bentazon, glyphosat og dichlobenil/BAM.

Dette resulterede i 11 indikatorer. De blev illustreret som en "Ja"-test, hvilket samtidig betød, at et "Nej" ikke konkluderer det modsatte af udsagnet. Fire af de udpegede indikatorer viste en tendens til at fund kunne henføres til en fladekilde og de resterende til en punktkilde.



Punktkilde og fladekilde

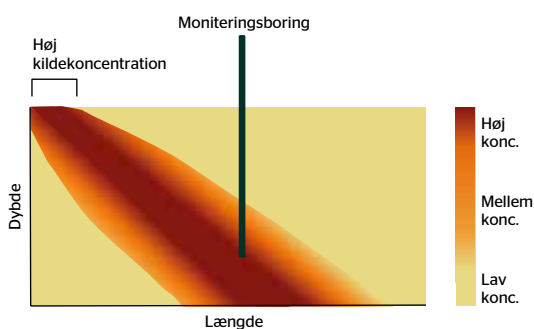


Tabel 1: Definition på punktkilde og fladekilde

	Punktkilde	Fladekilde
Administrativ	Myndighed: Regionerne i henhold til jordforureningsloven	Myndighed: Kommuner (indvindings-tilladelser, indsatsplaner) og Miljø-tyrelsen (pesticidgodkendelse)
Teknisk	Små arealer Høje koncentrationer ved kilden	Stort areal Lavere koncentrationer ved kilden

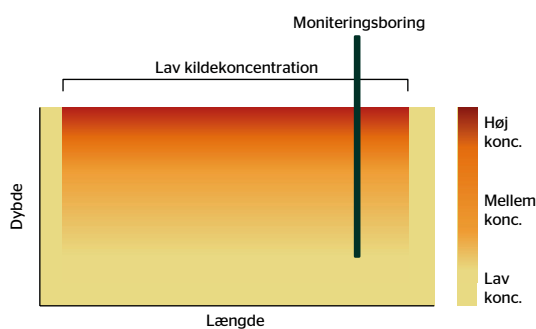
Definitionen på en fladekilde og punktkilde kan både beskrives ud fra en administrativ og teknisk tilgang. Dette er vist i Tabel 1 ovenfor.

Figur 1: Forureningsspredning fra en punktkilde



Punktkilder kan opstå, hvor håndtering, spild eller bortledning har fundet sted. Typiske punktkilder er oplag af pesticider, påfyldnings- og vaskepladser mv. på bl.a. landbrug, gartnerier og planteskoler. Ud fra en teknisk synsvinkel kan punktkilder karakteriseres ved høje koncentrationer på små arealer og med store kontraster mellem forurenede og uforurenede områder.

Figur 2: Forureningsspredning fra en fladekilde



Fladekilder karakteriseres ved lav koncentration på større arealer med begrænsede horisontale og vertikale koncentrationsgradienter. Pesticidfladekilder opstår som regel i relation til den landbrugsmæssige spredning af pesticider. Typisk vil der være tale om dyrkede arealer, hvor pesticiderne anvendes regelret på store områder. Der findes også fladekilder, hvor brugen er af mere bymæssig karakter, f.eks. ukrudtsbekæmpelse på ubefæstede og befæstede arealer. Derudover er nogle af stofferne (biocider), som tilsættes produkter til træimprægnering.

Der vil naturligvis altid være afvigelser i forhold til denne simple definition på punktkilder og fladekilder. Der kan forekomme fladekilder, som dækker mindre arealer, og som kan have kildekonzentrationer, svarende til punktkilder. Det kan f.eks. være intensiv dyrkning af mindre arealer.

Grundlag og aktiviteter

Datagrundlag

Datagrundlaget består af fire del-datasæt:

- Data fra indvindingsboringer udtaget af vandforsyningen i forbindelse med boringskontrollen, jf. Drikkevandsbekendtgørelsen. Der indgår data fra 1997 til april 2021.
- Data fra grundvandsdelen af det nationale overvågningsprogram for vand og natur. Der er tale om prøver fra monitoringsboringer (GRUMO-indtag), der hovedsageligt befinder sig i landområder dækkende hele landet. Der indgår data fra 1989 til april 2021.
- Data fra Landovervågningsprogrammets grundvandsdel (LOOP), der er en del af det nationale overvågningsprogram for vand og natur. Der er tale om prøver fra monitoringsboringer placeret i højtliggende grundvand under konventionelt dyrkede marker i 5 mindre oplande. Der indgår data fra 1993 til 2006 samt prøvetagning i 2021.
- Data fra regionernes punktkildeundersøgelser. Data stammer fra perioden november 2018 til november 2020, hvor bl.a. DMS (N,N-dimethylsulfamid) og DPC (desphenyl chloridazon) er en del af analysepakkerne.

Aktiviteter

Projektet bygger på en række delaktiviteter, som har bidraget med input til revurdering af de eksisterende indikatorer samt udpegnings af nye indikatorer.

Der er fokuseret på stoffer, som ofte konstateres i grundvandsovervågningen og/eller i forbindelse med regionernes undersøgelser. I Tabel 2 er vist, hvilke stoffer, der indgår i de enkelte delaktiviteter. I hovedrapporten er der udarbejdet et detaljeret appendiks for hver af delaktiviteterne, som udgør baggrunden for de udpegede indikatorer i rapporten.

• Gennemgang af salgsmængder, anvendelse og fysiske-kemiske egenskaber

Der blev i alt udvalgt 23 stoffer, hvor der er foretaget en gennemgang af salgsmængder af moderstofferne, udviklingen i anvendelsen af stofferne i landbruget, det private og det offentlige samt fund i udvalgte europæiske lande. Derudover er der foretaget gennemgang af de fysiske-kemiske egenskaber for disse stoffer.



- **Prøvetagning af LOOP-indtag**

Der er i forbindelse med projektet udført prøvetagning af 51 LOOP-indtag med henblik på at supplere det eksisterende datagrundlag. Det er Miljøstyrelsen, der har stået for prøvetagningen, som blev udført i marts 2021. Prøverne blev analyseret efter den analysepakke, som regionerne anvender i forbindelse med deres forureningsundersøgelser.

- **Statistiske bearbejdning**

Datagrundlaget for den statistiske bearbejdning omfatter flere stoffer end i de øvrige delaktiviteter. Der er medtaget stoffer, hvor der var tilstrækkelige data til at sikre et robust grundlag til den statistiske bearbejdning. Der har i alt været inddraget 66 forskellige stoffer inkl. nedbrydningsprodukter.

- **Scenariemodellering**

Der er forud for scenariemodelleringerne foretaget en gennemgang af mulige inputfunktioner og -koncentrationer. Dette har resulteret i, at 16 stoffer inkl. nedbrydningsprodukter er udvalgt til modelkørslerne. Formålet har været at teste, hvordan gennembrud til monitoringsboringer og indvindingsboringer ser ud for hhv. punkt- og fladekilder.

- **Test af indikatorerne på cases**

Til at understøtte de udpegede indikatorer, er der foretaget en detaljeret gennemgang af 13 forskellige cases, som repræsenterer fund, der kan henføres til punkt- og fladekilder.

Tabel 2: Oversigt over stoffer, der indgår i de enkelte delaktiviteter i projektet

Type	Pesticidstof	Salg og anvendelse	Stofgennemgang inkl. fysisk kemiske egenskaber	Statistisk bearbejdning*	Scenariemodellering**
Herbicide	Alachlor og nedbrydningsprodukter	x	x	x	
Fungicide	Amitrol og nedbrydningsprodukter	x	x	x	
Herbicide	Atrazin og nedbrydningsprodukter			x	
Herbicide	Dichlobenil og nedbrydningsprodukter (bl.a. BAM)			x	
Herbicide	Bentazon	x	x		x
Herbicide	Chloridazon og nedbrydningsprodukter (bl.a. desphenyl chloridazon)	x	x	x	x
Fungicide	Chlorothalonil og nedbrydningsprodukter	x	x	x	x
Herbicide	Clopyralid	x	x		
Fungicide	Dichlofluanid og nedbrydningsprodukter (bl.a. DMS)	x	x	x	
Herbicide	Dichlorprop og nedbrydningsprodukter (bl.a. 4-CPP)	x	x	x	
Herbicide	Dimethachlor og nedbrydningsprodukter	x	x	x	x
Herbicide	Diuron			x	
Herbicide	Fluazifop-P/Fluazifop-P-butyl og nedbrydningsprodukter	x	x		
Herbicide	Glyphosat og nedbrydningsprodukt (AMPA)	x	x	x	x
Herbicide	Hexazinon			x	
Herbicide	MCPA og nedbrydningsprodukter	x	x	x	
Herbicide	MCPP og nedbrydningsprodukter (bl.a. 4-CPP)	x	x	x	x
Fungicide	Metalaxyl/metalaxyl-M og nedbrydningsprodukter	x	x	x	x
Herbicide	Metazachlor og nedbrydningsprodukter	x	x	x	
Herbicide	Metribuzin og nedbrydningsprodukter			x	
Herbicide	Monuron			x	
Herbicide	Simazin og nedbrydningsprodukter			x	
Fungicide	Tolylfluanid og nedbrydningsprodukter (bl.a. DMS)	x	x	x	x

* ikke alle moderprodukter indgår såfremt datagrundlaget ikke har været tilstrækkeligt.

** Ikke nedbrydningsstoffer for alle moderstoffer indgår.

Indikatorer 2022

Indikatorerne anvendes på fund i indvindingsboringer, hvor der foregår en aktiv indvinding fra. De kan i visse situationer også anvendes på andre boringer med en overordnet jævn drift fra et betydende grundvandsmagasin. Det kan være afværgeboringer og i visse tilfælde markvandingsboringer. Indikatorerne kan ikke anvendes på monitoringsboringer eller boringer i forbindelse med forureningsundersøgelser, medmindre det er angivet specifikt under den enkelte indikator.

Indikatorerne tager udgangspunkt i den konceptuelle forståelse af en punktkilde og en fladekilde, som er beskrevet i afsnit 2.

Der ligger meget databearbejdning og scenariemodellering til grund for udpegning af indikatorerne. Det er vigtigt at understrege, at der er tale om **indikatorer**. Det er dermed ikke det fulde svar på om et fund skyldes en flade- og/eller en punktkilde. Det har været målet at gøre indikatorerne simple at bruge, hvilket også betyder, at der i nogle situationer er truffet valg, hvor der er gået på kompromis med detaljerne i databearbejdningen og scenariemodelleringen.

Det er regionerne og kommunerne, der spiller den største rolle i forbindelse med opsporing og håndtering af pesticidkilder. Regionerne skal her som udgangspunkt varetage opsporingen medmindre,

der er tydelig indikation på, at fund kan henføres til en fladekilde og dermed ikke omfattes af jordforureningsloven. Derfor er der i forbindelse med at gøre indikatorerne så operationelle som muligt, valgt at vægte eventuelle usikkerheder således, at der i større omfang vil peges på, at pesticiderne kunne stamme fra en punktkilde end det egentligt er tilfældet. Dette er beskrevet yderligere i hovedrapporten.

Der er i alt udpeget 10 indikatorer, som er vist i figuren på den næste side. Der er i oversigten ikke et facit ud for hver indikator, som peger enten mod en punktkilde eller en fladekilde, da det er vigtigt, at der tages højde for forudsætninger og forbehold for indikatorerne. Der er derfor tilknyttet supplerende overvejelser til de enkelte indikatorer, som skal inddrages i vurdering af fund. I afsnit 5 er der en kort opsummering af baggrunden og supplerende overvejelser for de 10 indikatorer. I hovedrapporten er der til hver indikator en detaljeret beskrivelse af baggrunden for indikatoren samt en række cases og eksempler.

Situationen omkring nogle af de hyppigst fundne pesticidstoffer i bl.a. grundvandsovervågningen, DMS og DPC, viser, at der kan være særlig komplicerede faktorer, der bør overvejes, når fund med disse stoffer skal vurderes. Disse faktorer er beskrevet i afsnit 6 og bør inddrages, når der konstateres fund med DMS og DPC i landbrugsområder.

Figur 3: Indikatorer til vurdering af, hvorvidt fund i en indvindingsboring kan henføres til en punktkilde og/eller fladekilde



1

Tilstedeværelse af mange stoffer (mindst 5 stoffer over detektionsgrænsen og/eller mindst 3 stoffer over Miljøstyrelsens grundvandskvalitetskriterie)

Indikatoren kan pege på, at fund i en indvindingsboring eller en monitoringsboring (f.eks. pejleboringer ved kildepladser) kan henføres til en **punktkilde**. Baggrunden for indikatoren er, at der i LOOP-indtag, som repræsenterer en fladekilde, oftest kun påvises fund af 1-3 forskellige stoffer, hvor maksimalt et af disse ofte er over grundvandskvalitetskriteriet på 0,1 µg/l. I GRUMO-indtag og vandprøver fra boringskontrollen er billedet omtrentlig det samme, dog med enkelte afvigelser. Vandprøver fra forureningsundersøgelser (punktkilder) adskiller sig ved, at der oftere påvises flere forskellige stoffer i disse indtag samt flere stoffer over grundvandskvalitetskriteriet på 0,1 µg/l. Dette er den eneste indikator, som også kan anvendes på andre typer boringer udover indvindingsboringer.

Nedenstående overvejelser skal inddrages i vurderingen af indikator 1. Dette er især i situationer, hvor koncentrationerne ligger lige under de angivne grænser og dermed styrke indikatoren, hvis der findes en nærliggende punktkilde.

- Er mønsteret det samme i de nærliggende indvindingsboringer? En variation mellem boringer, som er placeret i nærheden af hinanden, kan være tegn på, at en eller flere boringer kan være påvirket af en forureningsfane fra en punktkilde.
- Ligger der potentielle punktkilder inden for en afstand på ca. 1 km, som erfaringsmæssigt kan være kendetegnende for længden af en forureningsfane med pesticider?

2

Fund i høje koncentrationer (mindst et stof > 1 µg/l) i en indvindingsboring, dog > 3 µg/l for DMS og DPC

Denne indikator kan pege på, at fund i en indvindingsboring kan henføres til en **punktkilde**. Baggrunden for indikatoren er en statistisk bearbejdning af koncentrationsfordelingerne i de enkelte datasæt. Denne viser, at en koncentration på 1 µg/l er et passende niveau for skelnen mellem de fleste stoffer. Niveauet er hævet for DPC og DMS, da der bl.a. er konstateret højere niveauer i LOOP-datasættet for disse to stoffer. Dette understøttes yderligere af scenariemodelleringerne, hvor niveauet for disse to stoffer skal være højere for at kunne skelne mellem de to kildetyper.

Nedenstående overvejelser skal inddrages i vurderingen af indikator 2. Dette er især i situationer, hvor koncentrationerne ligger lige under de angivne grænser og dermed styrke indikatoren, hvis der findes en nærliggende punktkilde.

- Koncentrationen på 1 µg/l og 3 µg/l for DMS og DPC er baseret på en statistisk bearbejdning og kan derfor i nogle situationer være lavere. Dette er især tilfældet ved høje indvindingsmængder, hvor fortynding vil resultere i lavere koncentrationer. Her kan det være vanskeligt at afgøre om fundet kan henledes til en punktkilde og/eller fladekilde.
- Er mønsteret det samme i de nærliggende indvindingsboringer? En variation mellem boringer, som er placeret i nærheden af hinanden, kan være tegn på, at en eller flere boringer kan være påvirket af en forureningsfane fra en punktkilde.
- Ligger der potentielle punktkilder inden for en afstand på ca. 1 km, som erfaringsmæssigt kan være kendetegnende for længden af en forureningsfane med pesticider?
- Arealet af punktkilden er afgørende for effekten i indvindingsboringer. I scenariemodelleringerne er anvendt en længde på en punktkilde på 10 m, hvilket i erfaringsmæssigt kan være en faktor 2-5 større. Derfor kan der forekomme en større forureningsflux end den modellerede, som ligger til grund for indikatoren.

Lave koncentrationer, hvor alle enkelte stoffer er under 0,05 µg/l (gælder ikke DMS og DPC) i en indvindingsboring

Denne indikator kan pege på, at fund i en indvindingsboring kan henføres til en **fladekilde**. Baggrunden for indikatoren er en statistisk gennemgang af fund i datasættene. Denne viser en forskel i hyppigheden af fund inden for bestemte koncentrationintervaller, herunder bl.a., at over 91 % af prøver ved punktkilder har koncentrationer over 0,05 µg/l.

Nedenstående overvejelser skal inddrages i vurderingen af indikator 3:

- Koncentrationen på de 0,05 µg/l er baseret på en statistisk bearbejdning og kan derfor i nogle situationer være højere, når der er tale om en fladepåvirkning. Især for DMS og DPC er det vist, at fladekilder resulterer i højere koncentrationer.
- Ligger der potentielle punktkilder inden for en afstand på ca. 1 km, som erfaringsmæssigt kan være kendetegnende for længden af en forureningsfane med pesticider og er der samtidig tale om en større indvinding? Hvis dette er tilfældet, kan der også være tale om en påvirkning fra en punktkilde. Især hvis der er kun et fund af få forskellige stoffer.
- Hvis der er tale om en større indvinding, skal man være opmærksom på en øget fortynding og dermed at selv lave koncentrationer kan være et potentielt bidrag fra en punktkilde.

Tilstedeværelse af et eller flere moderstoffer (dog ikke bentazon) i en indvindingsboring

Denne indikator kan pege på, at fund i en indvindingsboring stammer fra en **punktkilde**. Baggrunden for indikatoren er en statistisk bearbejdning af de fire datasæt, som bl.a. viser en større repræsentation af moderstoffer i punktkilde datasættet. Desuden ses der i dag stort set ingen moderstoffer i prøver fra LOOP-indtagene. Derudover viser modelleringen, at f.eks. en fladebelastning med MCPP og glyphosat, som nedbrydes i den aerobe del af grundvandsmagasinet, vil være for svag til at resultere i målbare koncentrationer. Derfor vil disse stoffers tilstedeværelse i indvindingsboringer være indikation på en punktkilde.

Nedenstående overvejelser skal inddrages i vurderingen af indikator 4:

- Fund af moderstoffer i dybe filtre kan være tegn på, at boringskonstruktionen er utæt. Det anbefales at sikre boringens tilstand inden der igangsættes arbejde vedr. opsporing af potentielle punktkilder.
- Bentazon adskiller sig fra de øvrige moderstoffer, idet den er persistent. Da bentazon ikke nedbrydes, konstateres stoffet både i grundvandsovervågningen og ved punktkilder. Mange moderstoffer nedbrydes i dyrkningsfladen og det er oftest kun metabolitter eller nedbrydningsprodukter herfra, der konstateres i grundvandsovervågningen, mens moderstoffer stort set kun konstateres ved punktkilder. Derfor indgår bentazon ikke i denne indikator.
- Indikatoren er særlige stærk for phenoxysyrer, dvs. dichlorprop og MCPP, da det er stoffer, der ofte konstateres ved punktkilder. Se også under indikator 8.

5

Nærliggende indvindingsboringer med sammenlignelige pumpeydeler og indvindingsdybde er påvirket med meget forskellige (>0,5 størrelsesorden) koncentrationsniveauer

Denne indikator kan pege på, at fund i en indvindingsboring stammer fra en **punktkilde**. Modelresultaterne viser, at der for en fladekilde ses store vertikale variationer, men ingen horisontale variationer, mens der er variationer i begge dimensioner under en punktkilde. På flere af de store kildepladser er indvindingsboringerne placeret inden for få hundrede meter fra hinanden og indvinder fra samme opland med et vis overlap i indfangningsradius. Når der på disse kildepladser ses store forskelle i pesticidbelastning af de enkelte boringer, kan dette tyde på at der er tale om påvirkning fra en fane fra en punktkilde.

Nedenstående overvejelser skal inddrages i vurderingen af indikator 5:

- Indikatoren bygger primært på modellering og konceptuel forståelse af en typisk forureningsfane fra en punktkilde, som resulterer i forholdsvis smalle faner. Erfaringer har vist, at en fladekilde med et lille areal (såsom en jordbærmark) også kan resultere i en forholdsvis smal fane med høje koncentrationer, der kan påvirke enkelte boringer.
- Boringerne placeret i forhold til hinanden, strømningsretningen og placering af en potentiel punktkilde, skal inddrages.
- Indvinder boringerne fra ca. den samme dybde i magasinet? Hvis ikke, er der muligvis ikke tale om en reel variation i koncentrationsniveauerne, men mere et spørgsmål om i hvilke dybde, der er gennembrud af forureningen.
- Ændringer i koncentrationen som resultat af ændring i pumpeydeler i en indvindingsboring peger yderligere på en punktkilde.

6

Samme stof genfindes i varierende koncentrationer i en indvindingsboring

Denne indikator kan pege på, at fund i en indvindingsboring stammer fra en **punktkilde**. Baggrunden for indikatoren er bl.a. scenariemodellerne, som viser varierende koncentrationer i en boring nedstrøms en punktkilde, når grundvandets strømningsretning varierer med tiden. Der vil her sandsynligvis være tale om samme stoffer og ikke en variation i stofsammensætningen. Modelleringer har vist, at dette ikke gælder fladekilder, hvor variationen i koncentrationer (som følge af tidslige variationer i anvendelsen) kun ses i terrænære filtre, mens dybere filtre viser en mere konstant koncentration af et specifikt stof.

Nedenstående overvejelser skal inddrages i vurderingen af indikator 6:

- Er variationen betydelig og ikke resultat af analyseusikkerheder? Som udgangspunkt skal der være tale om en forskel på mindst en halv størrelsesorden.
- Har indvindingsmængden fra boringen været stabil? Ændringer i indvindingsmønsteret kan også påvirke variationen i de fund, der er i en aktiv indvinding.
- Er der tale om en reel tidsserie eller er det først for nyligt blevet analyseret for det specifikke stof? Såfremt der kun for nylig er analyseret for stoffet/stofferne, er denne indikator svag.

Variation i hvilke specifikke stoffer, der optræder over tid i en indvindingsboring

Denne indikator kan pege på, at fund i en indvindingsboring stammer fra en **fladekilde**. Indikatoren skal anvendes ved fund i en boring over en længere periode. Dette skal gerne være mere end 10 år for netop at kunne se et skifte i pesticidesammensætningen. Baggrunden for indikatoren er, at en fladekilde typisk vil give varierende input af hvilke specifikke stoffer, der optræder over tid. Dette skyldes formentlig, at forskellige pesticider anvendes forskellige år eller i forskellige sæsoner, og dermed udvaskes på forskellige tidspunkter. Dette gælder primært for meget mobile stoffer, hvor retardationen ikke spiller en særlig stor rolle. I modsætning hertil er udvaskningen fra punktkilder mere konstant medmindre der ændres på nedsivningsforholdene omkring punktkilden. Forskellig sammensætning af stoffer er særligt tydeligt i LOOP tidserierne.

Nedenstående overvejelser skal inddrages i vurderingen af indikator 7:

- Er mønsteret det samme i de nærliggende indvindingsboringer? Jo mere entydigt et skift i hvilke stoffer, der optræder over tid ses, jo stærkere er indikatoren.
- Er der tale om en reel tidsserie eller er det først for nyligt blevet analyseret for det specifikke stof? Såfremt der kun for nylig er analyseret for stoffet/stofferne, er denne indikator svag.
- Er mønsteret det samme i flere på hinanden efterfølgende prøvetagninger, således at man kan se aftagende koncentrationer af visse stoffer og tiltagende koncentrationer af andre? Dette vil også styrke vurderingen i forhold til indikatoren.
- Særligt for BAM ses der i mange boringer faldende koncentrationer af BAM i dag, mens der i samme boringer træffes DMS (se også indikator 10).

Flere fund af phenoxysyrer og deres nedbrydningsprodukter i koncentrationer over 0,1 µg/l (dog ikke chlorphenoler) i en indvindingsboring

Denne indikator kan pege på, at fund i en indvindingsboring stammer fra en **punktkilde**. Baggrunden for indikatoren er, at man ikke længere finder phenoxysyrer i LOOP-boringer, som må anses at være repræsentative for fladekilder, mens der træffes høje indhold af phenoxysyrer ved punktkilder. Desuden ses der kun phenoxysyrer i enkelte GRUMO-indtag i 2021 og i mindre grad i boringskontrollen i 2021. Chlorphenoler kan have andre kilder end landbrug, hvorfor de indgår ikke i indikatoren. Det skyldes, at de kan være nedbrydningsprodukter af bl.a. PCP og triclosan, som har været anvendt i industrien.

Nedenstående overvejelser skal inddrages i vurderingen af indikatoren:

- Fund af moderstoffer i dybe filtre kan være tegn på, at boringskonstruktionen er utæt. Det anbefales at sikre boringens tilstand inden, at der igangsættes arbejde vedr. opsporing af potentielle punktkilder.
- Er mønsteret det samme i de nærliggende indvindingsboringer? Såfremt der er en variation mellem boringer, som er placeret i nærheden af hinanden, kan dette være tegn på, at en eller flere boringer kan være påvirket af en forureningsfane. Se også under indikator 5.
- Er mønsteret det samme i flere på hinanden efterfølgende prøvetagninger? Dette styrker vurderingen i forhold til indikatoren. Hvis der er tale om et enkelt fund, som ikke genfindes, er indikatoren mindre værd.
- Ligger der potentielle punktkilder inden for en afstand på ca. 1 km, som erfaringsmæssigt kan være kendetegnende for længden af en forureningsfane med pesticider? Dette kan medtages såfremt, at koncentrationerne ligger lige under den angivne grænse og dermed styrke indikatoren, hvis der findes en nærliggende punktkilde.

Fund af DMS i en indvindingsboring i område uden landbrugsmæssig anvendelse

Denne indikator kan pege på, at fund i en indvindingsboring stammer fra en **fladekilde**. Dette er typisk områder, hvor der ikke anvendes pesticider i forbindelse med dyrkning af afgrøder på markarealer. Det kan således være bebyggede områder, hvor der er anvendt sprøjtemidler til ukrudtsbekæmpelse på befæstede arealer, malede træoverflader, hvor der er anvendt biocider i træbeskyttelse mm. Baggrunden for indikatoren er bl.a., at DMS overordnet set konstateres hyppigere i bebyggede områder end stoffer, som hovedsageligt anvendes som landbrugspesticider (se detaljer herom i projektets hovedrapport).

Nedenstående overvejelser skal inddrages i vurderingen af indikator 9:

- Har boringen tidligere været påvirket af andre "by"-pesticider, f.eks. BAM? Selvom moderstofferne ikke har haft samme anvendelse, har de ofte været anvendt i samme områder i byer (f.eks. BAM kan stamme fra sprøjtning på befæstede arealer og DMS fra malede træbygninger).
- Er der bebyggede område, hvor der for nyligt har været landbrugsområde? Hvis dette er tilfældet, bør det undersøges om der kan have været en punktkilde i forbindelse hermed (f.eks. en tidligere landbrugsejendom), eller om der kan være fladekildebekæmpelse fra afgrøder.
- Ligger der potentielle punktkilder inden for en afstand på ca. 1 km, som erfaringsmæssigt kan være kendetegnende for længden af en forureningsfane med pesticider og er der samtidig tale om en større indvinding? Hvis dette er tilfældet, kan der også være tale om en påvirkning fra en punktkilde.

BAM og DMS påvises i samme boring, beliggende nær bebyggede områder i lave koncentrationer, eller der påvises DMS i en boring, som tidligere har været påvirket af BAM

Fund af BAM og/eller DMS i en indvindingsboring nær bebyggede områder i lave koncentrationer, er indikator på en **fladekilde**. Indikatoren tager udgangspunkt i, at billedet for fund af BAM i landbrugsområder i forhold til byområder ligner mønsteret for DMS. Dette er yderligere beskrevet i projektets hovedrapport.

Nedenstående overvejelser skal inddrages i vurderingen af indikator 10:

- BAM og DMS har ikke haft samme anvendelse, men begge pesticider har ofte været anvendt i byområder. BAM (dichlobenil) har været anvendt til bekæmpelse af ukrudt og DMS (tolylfluorid) som biocider i træoverflader (bygninger, skure, osv.). Det vil sige typiske bymæssige fladekilder.
- Der er flere cases, som viser, at boringer med fund af DMS tidligere også har været påvirket af fund af BAM, samt at det i flere indvindingsboringer, som er placeret bymæssigt, blot er de to stoffer, der konstateres i boringen.
- Ved meget små indvindinger (5000-10.000 m³/år) kan fladebelastning fra bebyggede område resultere i koncentrationer over grundvandskvalitetskriteriet, hvis boringen er beliggende i byområdet og dermed kan koncentrationsniveauerne være høje.



Komplicerende faktorer for DMS og DPC



I hovedrapporten er der en mere detaljeret gennemgang anvendelse af tolylfluorid i forbindelse med dyrkning på landbrugsområder samt flere cases, der kan inddrages i vurderingen.

Faktorer til vurdering af fund af DMS i landbrugsområder

Dyrkning af bær og frugt udgør kun en mindre del i forhold til de samlede dyrkede arealer i Danmark. Det drejer sig om ca. 1 % af de dyrkede arealer i Danmark, som er frugt og bær avl. Udviklingen af dyrkede arealer med frugt og bær i Danmark har kun ændret sig en smule igennem årene.

Når der konstateres fund af DMS i en indvindingsboring i et område, hvor der har været dyrket afgrøder med anvendelse af moderstoffet tolylfluorid, kan det være vanskeligt at vurdere, hvorvidt det skyldes en fladekilde og/eller en punktkilde. Derfor bør nedenstående komplicerende faktorer inddrages ved vurdering af fund med DMS:

- Den regelrette anvendelse af tolylfluorid, f.eks. i forbindelse med dyrkning af bær og frugt, kan forårsage højere koncentrationer end mere traditionelle fladekilder. Arealet af en jordbærmark er ofte mindre end arealer, hvor der f.eks. dyrkes kornafgrøder, og dyrkningen har været mere intens.
- Den statistiske bearbejdning af data og scenariemodellerne viser, at koncentrationen fra en fladekilde kan være på et niveau, der ligger så tæt på koncentrationer fra en punktkilde, at det ikke er muligt at skelne bidraget fra den enkelte kildetype i forhold til den påviste koncentration i en indvindingsboring.
- Dyrkning af jordbærmarker sker samme sted i 3 år, hvorefter dyrkningen flyttes til andre arealer og man vender ofte tilbage, når der er gået 5 til 6 år uden jordbær. Frugtplantager er typisk placeret det samme sted i en længere årrække.
- Historisk set har det ikke været mange hektar med jordbær på den enkelte bedrift, og de har måske været cirkuleret rundt på tre til fire faste arealer på skift.
- I nærheden af de dyrkede marker, vil der være en landbrugsdrift, gartneri eller andet, som har håndteret pesticiderne. Her vil der ofte være en potentiel punktkilde (f.eks. påfyldnings- og vaskeplads).



I hovedrapporten er der en mere detaljeret gennemgang anvendelse af chloridazon i forbindelse med dyrkning på landbrugsområder samt flere cases, der kan inddrages i vurderingen.

Faktorer til vurdering af fund DPC >0,1 µg/l i landbrugsområder

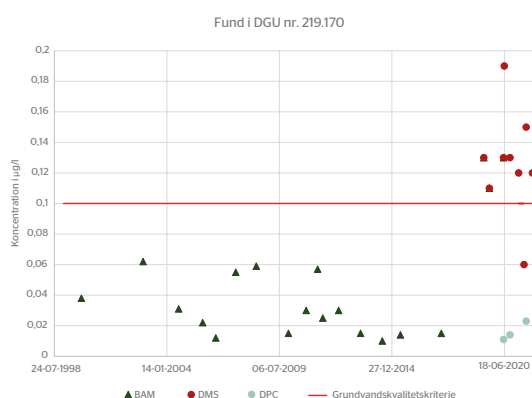
Moderproduktet til DPC, chloridazon, har primært været anvendt til ukrudtsbekæmpelse ved dyrkning af roer, løg (spise- og blomsterløg) og rødbeder. Ifølge Miljøprojekt 2172 viser interviews med landmænd og landbrugskonsulenter, at midler med chloridazon (Pyramin) bl.a. blev anvendt ved såning af roer, således at roerne ikke fik konkurrence af ukrudt ved spiring. Det oplyses desuden, at midlerne ikke var særlig effektive, og at de i stor udstrækning blev erstattet af midler med metamitron (Goltix m.fl.), som var mere bredspektret i forhold til bekæmpelse af ukrudt.

Når der konstateres fund af DPC i en indvindingsboring i et område, hvor der bl.a. har været anvendt chloridazon i forbindelse med dyrkning af roer, kan det være vanskeligt at vurdere, hvorvidt det skyldes en fladekilde og/eller en punktkilde. Høje koncentrationer i indvindingsboringer, som er placeret i områder med intens og mangeårig roe-dyrkning, har vist sig at kunne henføres til regelret anvendelse af chloridazon. Derfor bør nedenstående komplicerede faktorer inddrages ved vurdering af fund med DPC:

- Den regelrette anvendelse af chloridazon, anvendt i forbindelse med dyrkning af roer, kan forårsage høje koncentrationer end mere traditionelle fladekilder. Prøvetagning af LOOP-indtag i 2021 viser fund op til 2,7 µg/l.
- DPC er det stof, der oftest konstateres i forbindelse med regionernes punktkildeundersøgelser og i forbindelse med LOOP-prøvetagningen i 2021.
- Den statistiske bearbejdning af data og scenariemodellerne viser, at koncentrationen fra en fladekilde kan være på et niveau, der ligger så tæt på koncentrationer fra en punktkilde, at det ikke er muligt at skelne bidraget fra den enkelte kildetype i forhold til den påviste koncentration i en indvindingsboring.
- I nærheden af de dyrkede marker, vil der være en landbrugsdrift, maskinstation mm, som har håndteret pesticiderne. Her vil der med en vis sandsynlighed være en potentiel punktkilde (f.eks. påfyldnings- og vaskeplads).
- I områder med tidligere saftstationer (typisk inden for 60 km), er der en øget sandsynlighed for, at der har været dyrket sukkerroer, som kan forårsage en fladebelastning samt været tilknyttet en drift med potentielle punktkilder (Miljøprojekt 2172).

Eksempler

Figur 4: Fund ved Omø Vandværk



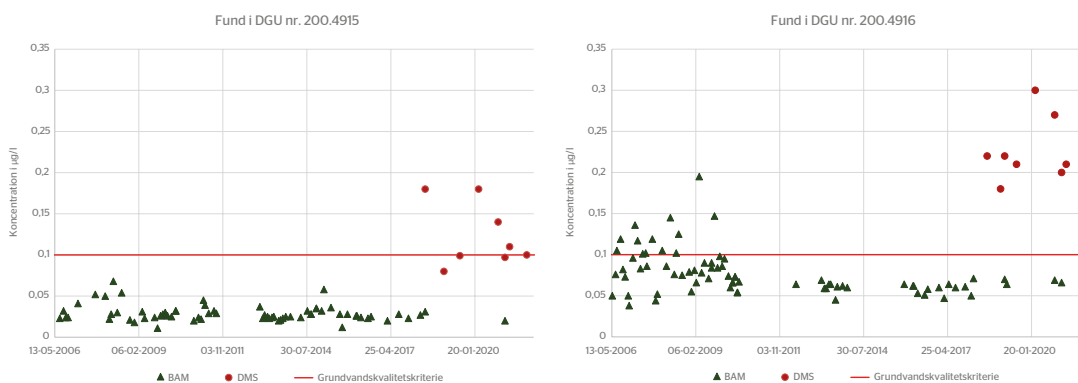
Eksempel, Omø

Indvindingsboring, DGU nr. 219.170, på Omø er beliggende i et sommerhusområde. Boringen har frem til 2014 været påvirket med lave indhold af BAM, som er aftaget. I boringen påvises der nu DMS på op til 0,2 µg/l samt spor af DPC. Boringen er placeret i et område, hvor der kan have været anvendt træbeskyttelse indeholdende moderstoffer til DMS (bl.a. dichlofluanid) samt dyrket nærtliggende marker med moderstoffer til DMS (bl.a. tolylfluanid). På baggrund af **indikator 10**, vurderes fund med DMS i DGU nr. 219.170 at kunne henføres til en fladekilde. I området har der været dyrket roer, hvor man kan have anvendt moderstoffet, chloridazon.

De **komplicerende faktorer** viser, at det kan være vanskeligt at vurdere, hvorvidt fund af DPC skyldes en fladekilde og/eller en punktkilde.

Region Sjælland har foretaget en opsporing af potentielle lokaliteter og undersøgelser af potentielle punktkilder. På baggrund af undersøgelserne er der en rimelig sikkerhed for, at der ikke findes en punktkilde, der kan være årsag til fundene i indvindingsboringen. Derfor vurderes fund af BAM, DMS og DPC at kunne henføres til en **fladepåvirkning** fra sommerhusområdet og/eller de omkringliggende marker.

Figur 5: Fund ved Kildeplads XI



Eksempel, Kildeplads XI

I 2018 er der påvist koncentrationer af DMS i indvindingsboringer tilhørende HOFOR's Kildeplads XI i Ballerup, der overstiger op til 4,6 gange grundvandskvalitetskriteriet. I samme boringer har der siden 1999 været spor af BAM, som en gang i mellem overstiger grundvandskvalitetskriteriet. Nedbrydningsproduktet BAM optræder meget sjældent som fund ved punktkilder medmindre der er tale om koncentrationer $> 1,0 \mu\text{g/l}$. Da både BAM og DMS er blevet påvist i indvindingsboringerne, tilhørende Kildeplads XI og i koncentrationer, der ikke varierer horisontalt mellem boringerne, vurderes det, at kildepladsen er påvirket fra en fladekilde. Denne vurdering er underbygget af, at området er præget af kolonihavehuse, og der ikke er registreret

tidligere frugt og bærmarker i området. **Indikator 9 og 10** peger således på en fladekilde, da der er konstateret DMS i et område uden landbrugsmæssig anvendelse samt at der kun påvises BAM og DMS.

I forbindelse med et samarbejdsprojekt mellem GEUS og HOFOR, er Kildeplads XI blevet undersøgt for mulige kilder til DMS-forureningen. Da, der aldrig har været bærproduktion i nærheden, har det hele tiden været antaget, at det var træbeskyttelse indeholdende moderstoffer til DMS (bl.a. dichlofluanid), der forårsagede de høje koncentrationer i indvindingsboringerne. Det har ikke været muligt at lokalisere en mulig punktkilde til de konstaterede indhold af BAM og DMS.

Figur 6: Fund ved Marbæk Kildeplads



Eksempel, Marbæk

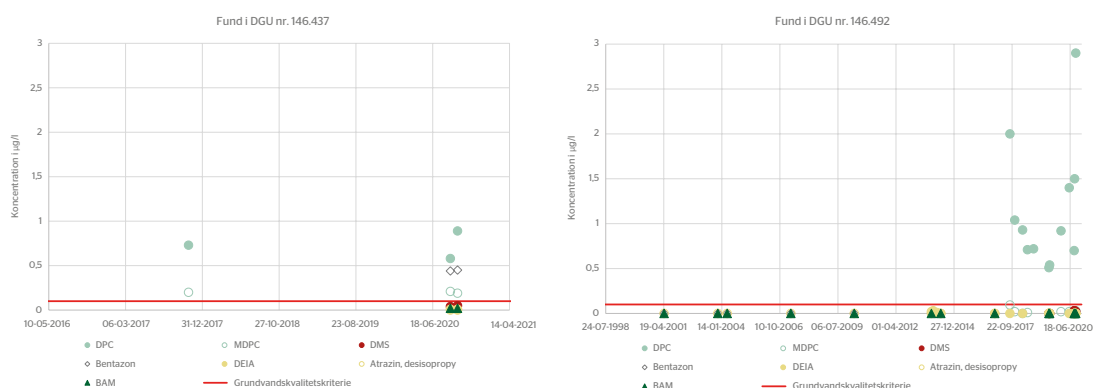
NOVAFOS har siden DMS blev inkluderet i analysepakken for drikkevandskvalitet i 2018, påvist DMS i flere indvindingsboringer tilknyttet Marbæk og Marbæk Nord Kildepladser. Omlandet til Marbæk Kildeplads er præget af gartnerier og frilandsdyrkning af bær, især jordbær og området er ikke særligt præget af træbygninger. For hovedparten af borerne gælder det, at man kun finder DMS og ikke andre pesticider foruden BAM i enkelte borer. På baggrund af **indikator 5** peger fundene på en punktkilde, da den horisontale variation i indhold af DMS mellem indvindingsboringerne betragtes som relativ stor.

Region Hovedstaden har derfor udført indledende forureningsundersøgelser og konstateret, at der både findes en kilde til DMS ved en nuværende jordbær-

plantage (røde felter i Figur 6). Derudover er der også fundet en punktkildeforurening med DMS og andre pesticider/nedbrydningsprodukter ved en tidligere maskinstation (stiplet rød markering i Figur 6).

De **komplicerende faktorer** viser, at den regelrette anvendelse af moderstoffet til DMS kan forårsage højere input koncentrationer end mere traditionelle fladekilder. Ved jordbærmarken er der påvist høje koncentrationer af DMS, som kan give en forureningsflux, der kan forklare indholdet af DMS i de nærtliggende indvindingsboringer. Derfor viser erfaringer fra bl.a. Marbæk, at aftrykket fra en jordbærmark, kan have samme koncentrationsniveauer, som der konstateres ved typiske punktkilder. Det er fortsat usikkert, hvorvidt fund af DMS kan henføres til en **punktkilde og/eller fladekilde**.

Figur 7: Fund ved Lindved Kildeplads



Eksempel, Lindved Kildeplads

Ved Lindved Kildeplads er der i en monitoringsboring, DGU nr. 146.437, påvist indhold af bentazon på 0,44-0,45 µg/l og DPC og MDPC over grundvandskvalitetskriteriet samt mindre indhold af desisopropyl-atrazin, DMS og BAM under grundvandskvalitetskriteriet. I en af indvindingsboringerne til kildepladsen, DGU nr. 149.492, er der konstateret DPC på op til 2 µg/l, hvilket har bevirket, at boringen sammen med nogle af de andre indvindingsboringer, er taget ud af drift. Der er derfor udført forureningsundersøgelser på en række lokaliteter i et samarbejde mellem Region Syddanmark og Vandcenter Syd.

I monitoringsboringen, DGU nr. 146.437, er der påvist indhold af flere forskellige stoffer, herunder 5 over detektionsgrænsen og tre over grundvandskvalitetskriteriet (**indikator 1**). I indvindingsboringen, DGU nr. 146.492, er der påvist DPC, som dog ikke er konstateret i koncentrationer over 3 µg/l, men her bør der tages højde for en større indvinding og dermed kan **indikator 2** anvendes. Det vil sige, at der indikation på, at fundene kan henføres til en punktkilde. På baggrund af undersøgelserne er der efterfølgende lokaliseret en **punktkilde** på en lokalitet, som kan være årsag til den konstaterede forurening på kildepladsen. Undersøgelserne viser sammenfald mellem fund af stoffer og vurderet kildestyrke.



Regionernes Videncenter
for Miljø og Ressourcer



Region
Hovedstaden



Region Syddanmark



Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk