

Dokumentationsrapport: Undersøgelse af anvendelse af nitratfølsomme indvindingsområder (NFI) til brug for pesticidindsats

**Demonstrationsprojekt for Partnerskabet for Bæredygtig
Vandforsyning v. Region Sjælland og Danske Vandværker**

Lærke Thorling, Anders R. Johnsen, Ingelise Møller og Denitza Voutchkova

Dokumentationsrapport: Undersøgelse af anvendelse af nitratfølsomme indvindingsområder (NFI) til brug for pesticidindsats

Demonstrationsprojekt for Partnerskabet for Bæredygtig
Vandforsyning v. Region Sjælland og Danske Vandværker

Lærke Thorling, Anders R. Johnsen, Ingelise Møller og Denitza Voutchkova

Dokumentationsrapport:

Undersøgelse af anvendelse af nitratfølsomme indvindingsområder (NFI) til brug for pesticidindsats

Forfattere

Lærke Thorling

Anders R. Johnsen

Ingelise Møller

Denitza Voutchkova

Indholdsfortegnelse

0.	Resume	6
1.	Baggrund	7
1.1	Formål	7
1.2	Valg af metode	7
1.3	Udpegning af OSD og NFI i Køge Kommune	8
2.	Dokumentation og møder	13
3.	Datagrundlag	14
3.1	Pesticiddata	14
3.2	Begrebet datatyper	16
3.3	De faglige temaer	18
4.	Begrebet pesticidfølsomhed	19
4.1	Brugen af begreberne pesticidpåvirkning, pesticidfølsomhed og pesticidsårbarhed i denne rapport	19
4.2	Notat om begrebets anvendelse i Danmark	20
5.	Konceptuelle modeller for nitrat og pesticider	21
5.1	Omsætning og udvaskning af nitrat og pesticider	21
5.2	Sammenligning af pesticidfølsomhed og nitratfølsomhed	22
6.	Datarepræsentativitet	25
6.1	Begrebet repræsentativitet for grundvandsdata	25
6.2	Datatæthed, datastruktur og repræsentativitet	26
7.	Metode	27
7.1	Beskrivelse af metode	27
7.2	Pesticidtemaer	28
7.3	Anvendt dokumentationsark for afprøvning af metode på udvalgte grundvandsforekomster	29
8.	Gennemgang af de faglige temaer	31
8.1	Oversigts-, geologiske og hydrologiske temaer	31
8.2	Pesticidtemaer	34
8.3	Antropogene temaer	37
8.4	Geologiske temaer	38
8.5	Hydrologiske temaer	39
9.	Konklusion	40
10.	Anbefalinger	41
10.1	Brugen af NFI til indsatser og tiltag i Køge Kommune	41

10.2	Muligheder for at opskalere projektets konklusioner.	41
11.	Litteratur	43
	Bilag	45
	Bilag 1. Beskrivelse af dataudtræk for pesticidstoffer, NFI-Køge.	45
	Bilag 2: Dataforberedelse og aggregering af pesticidstoffer.	45
	Bilag 3. Datakildenotatet.	45
	Bilag 4. Faglige temaer workshop 20.juli 2022.	45
	Bilag 5. Dokumentationsark workshop 20.juli 2022.	45
	Bilag 6. Notat om begrebet pesticidfølsomhed.	45

0. Resume

Denne rapport er udarbejdet i forbindelse med projektet "Prioritering - Undersøgelse af anvendelse af nitratfølsomme indvindingsområder (NFI) til brug for pesticidindsats", som er et initiativ under Partnerskabet for Bæredygtig Vandforsyning, repræsenteret ved Region Sjælland og Danske Vandværker. Køge Kommune blev valgt som projektområde, idet der her er såvel en betydelig påvirkning med pesticider i vandforsyningsboringerne, og Region Sjælland i dette område har gennemført en omfattende undersøgelse af pesticidpunktkilder.

Første leverance i projektet er et selvstændigt GEUS-notat om begrebet 'Pesticidfølsomhed'. Notatet inddrager de fleste større danske studier af pesticidfølsomhed, og begrebets anvendelse i offentlig forvaltning i relation til nitratfølsomme områder og til andre zoneringsstrategier, og gennemgår fremtidige scenarier for risiko for udvaskning af pesticidstoffer. Notatet konkluderer, at risikoen for udvaskning af pesticidstoffer fra godkendte anvendelser af nuværende og kommende plantebeskyttelsesmidler er lav, men fremtidig udvaskning kan ikke fuldstændig afvises. I scenarierne for eventuel fremtidig udvaskning af pesticidstoffer forventes det, at stofferne vil have de samme fysisk-kemiske egenskaber, som de pesticidstoffer, vi finder i dag, dvs. de vil være persistente og mobile. Den historiske forekomst af stoffer med sådanne egenskaber kan derfor være indikativ, således forstået, at de udpegede grundvandsdannende områder også i fremtiden vil være pesticidfølsomme. Den historiske udvaskning af pesticidstoffer bruges derfor i projektet som en proxy for områdernes iboende pesticidfølsomhed.

Projektets anden leverance har omfattet en større systematisk sammenligning af grundvands pesticidfølsomhed og nitratfølsomhed. Det slås fast, at der er væsentlige forskelle på geokemien for nitrat og pesticider, og at man derfor skal være meget forsigtig med at drage paralleller mellem nitratfølsomhed og pesticidfølsomhed.

Der er i projektet udarbejdet 35 faglige temaer som grundlag for vurderingen af, om der er forskel på pesticidpåvirkningen af grundvandet fra områder indenfor og udenfor NFI. De faglige temaer dækker bearbejdning af pesticidanalyserne, samt geologiske og hydrogeologiske temaer, som modelleret grundvandsdannelse, indvindingsoplande til de forskellige vandværker mm.

Der er som ventet fundet pesticidstoffer i grundvandet indenfor NFI og i grundvand dannet indenfor NFI. Dataanalysen viser ligeledes, at der er en påvirkning med pesticidstoffer i grundvand, dannet i områder udenfor NFI, idet pesticidstoffer forekommer i betydelig dybde, ned til 30-40 meter, både indenfor og udenfor NFI. Specielt ses det, at pesticidholdigt vand kan strømme igennem lerdæklagene og ned i den underliggende kalk i områder udenfor NFI. Det skal bemærkes, at i dette projekt er pesticidfølsomheden vurderet ud fra, om der er påvist pesticider, og ikke ud fra de konkrete koncentrationer. GEUS vurderer derfor, at brugen af NFI alene er en utilstrækkelig metode til udpegnings af pesticidfølsomme områder, da områder udenfor NFI også kan være følsomme overfor pesticider.

1. Baggrund

Denne rapport er udarbejdet i forbindelse med projektet ”*Prioritering - Undersøgelse af anvendelse af nitratfølsomme indvindingsområder (NFI) til brug for pesticidindsats*”, som er et initiativ under Partnerskabet for Bæredygtig Vandforsyning, repræsenteret ved Region Sjælland og Danske Vandværker. Partnerskabet består af repræsentanter fra myndigheder, landbrugsorganisationer, natur- og miljøorganisationer, interesseorganisationer, brancheorganisationer, virksomheder og vandværker, der alle har interesse i at bidrage til en bæredygtig vandforsyning.

I efteråret 2021 blev der nedsat en projektgruppe, bestående af repræsentanter fra Region Sjælland, Danske Vandværker, Køge Kommune, og GEUS. Det var projektgruppens opgave, at stå for den overordnede tilrettelæggelse, ledelse, koordinering og styring af demonstrationsprojektet.

1.1 Formål

Projektet har følgende formål:

1. ”Afkclare, om kommunerne i deres konkrete planlægning af indsatser for grundvandsbeskyttelse kan opnå en tilstrækkelig og effektiv grundvandsbeskyttelse over for pesticider på grundlag af den eksisterende sårbarhedszoner og deraf følgende arealudpegninger efter NFI.
 - a. Afklare, om der er forskel på pesticidfølsomheden af grundvandet indenfor NFI i projektområdet i forhold til resten af et grundvandsdannende opland. På baggrund af dette foretages der en vurdering af, om et pesticidfølsomt område kan sidestilles med det statsligt udpegede NFI-område, samt hvilke forhold, der taler for eller imod dette.
 - b. Der tages udgangspunkt i et afgrænset område i den vestlige del af Køge Kommune.
2. Komme med konkrete anbefalinger til Køge Kommune om brugen af NFI til tiltag/indsatser for anvendelse af pesticider samt konkrete anbefalinger til Region Sjællands prioriterede pesticidindsats, herunder at:
 - a. Afklare og formidle forskellen på opførsel af nitrat og pesticider til planlæggere i kommuner og regioner.
3. At vurdere mulighederne for at skalere projektets konklusion op, så resultaterne kan anvendes i andre kommuner og regioner, herunder foreslå, hvilke undersøgelser og vurderinger en opskalering vil forudsætte.”

1.2 Valg af metode

Opgaven er løst med udgangspunkt i de erfaringer, som GEUS har indhøstet ved vurderingen af grundvandets tilstand for pesticider til vandplan 3 (Thorling mfl., 2021). Der er derfor

taget udgangspunkt i de modeller for dataforberedelse og faglige vurderinger via en række faglige temaer og et dokumentationsskema, som blev udviklet der. Vi valgte at anvende samme faglige tilgang til denne undersøgelse, for effektivt at få det bedst mulige billede af pesticidbelastningen.

Køge Kommune blev valgt som projektområde, idet der her er såvel en betydelig påvirkning med pesticider i vandforsyningsboringerne, og Region Sjælland i dette område har gennemført omfattende undersøgelser af pesticidpunktkilder. Dette betyder, at der dels er en betydelig interesse hos Køge Kommune for at få et bedre grundlag for at kunne planlægge grundvandsbeskyttelse over for pesticidpåvirkning af indvindingsoplandene, dels at der er en stor datatæthed med pesticidanalyser fra de seneste år, hvor analyseprogrammerne på laboratorierne har omfattet de pesticidstoffer, der hyppigst optræder i grundvandet (Thorling mfl., 2023).

Pesticidstoffer defineres i dette projekt som aktivstoffer i plantebeskyttelsesmidler og biocidholdige produkter, herunder deres omdannelses-, nedbrydnings- og reaktionsprodukter som defineret i Grundvandsdirektivets bilag 1 om kvalitetskrav for grundvandet. I rapporten anvendes "pesticider" derfor som fællesbetegnelse for plantebeskyttelsesmidler og biocidholdige produkter.

Der er blevet taget udgangspunkt i pesticiddata fra de sidste 10 år, hvilket generelt vurderes at være en god indikator for risikoen for områdets pesticidfølsomhed. Ved en risikovurdering er det dog væsentligt at holde sig for øje, at den fremtidige risiko for påvirkning ikke er en én-til-én fremskrivning af koncentrationerne i dag.

De anvendte data, der ligger til grund for vurderingen af, om NFI er egnet til at udpege pesticidfølsomme områder, repræsenterer geologisk meget heterogene forhold. Data har en række forskellige bias, som diskuteres i kapitel 5. De er således ikke uden videre egnede til at indgå i numeriske beregninger af pesticidbelastningen. Dette skyldes især, at vandkvalitetsdata er indsamlet med forskellige formål i boringer med forskellig teknisk indretning, og at det på forhånd ikke vides, i hvilket omfang de er repræsentative for forskellige arealanvendelser og områder hhv. indenfor og udenfor NFI. Det er derfor et væsentligt aspekt af datafortolkningen at vurdere repræsentativiteten af de forskellige data.

1.3 Udpegning af OSD og NFI i Køge Kommune

I dette afsnit redegøres for, hvordan NFI er udpeget indenfor OSD i Køge Kommune. Generelt udpeges OSD og NFI i Danmark på baggrund af grundvandskortlægningen af vandressourcerne, som gennemføres af Miljøstyrelsen. Der kan være forskelle på, hvordan NFI er udpeget i forskellige områder, da grundvandskortlægninger har fundet sted gennem mange år og med forskelligt datagrundlag og metoder. Dette kan have betydning for opskalering af dette projekts resultater.

I 2018 blev der gennemført en samlet grundvandskortlægning for hele Køge Kommune. Med udgangspunkt i denne kortlægning er de nitrاتفølsomme indvindingsområder afgrænset. Af-snit 1.3 i denne rapport om udpegning af OSD og NFI er en forkortet udgave af beskrivelsen i rapporten fra grundvandskortlægningen (Miljøstyrelsen, 2018).

Grundvandsmagasinerne nitratsårbarhed i Køge Kommune

Ved vurdering af grundvandsmagasinerne nitratsårbarhed tages der udgangspunkt i det øverste primære grundvandsmagasin, hvorfra hovedparten af drikkevandet indvindes. I Køge Kommune består det primære grundvandsmagasin af grønsandskalk, danielkalk eller skrivekridt. De tre bjergarter er grupperet som et enkelt kalkmagasin, hvorfra indvinding til den almene vandforsyninger i Køge Kommune foregår.

Vurderingen af det primære magasinets sårbarhed bygger på zoneringsvejledningens principper for fastlæggelse af nitratsårbarhed, der bl.a. bygger på dæklagegenskaberne (lertykkelser) og vandkvaliteten (Miljøstyrelsen, 2000) og Naturstyrelsens notat om sårbarhedsvurdering og afgrænsning af nitrاتفølsomme indvindingsområder og indsatsområder (Naturstyrelsen, 2014), se Tabel 1.

Tabel 1. Kriterier for nitratsårbarhedszonering. Opstillet ud fra zoneringsvejledningen (Miljøstyrelsen, 2000).

Nitrat-sårbarhed	Egenskaber for dæklag og grundvandsmagasin	Grundvandskvalitet
Lille	Dæklag af fed grå ler eller glimmerler eller Dæklag med højt organisk indhold, evt. brunkul eller Tykkelse af reducerede (grå)sammenhængende lerdæklag > 15 m eller Reduceret magasinbjergart med indhold af organisk materiale, pyrit og evt. brunkul.	Grundvand fra methanzonen og fra jern- og sulfatzonen. Vandtype C og D
Nogen	Dæklag af oxideret sand med slirer af silt og ler eller Dæklag af reduceret, gråt sand eller gråt/gråsort sand med lignit eller pyrit eller Tykkelse af reducerede (grå), sammenhængende lerdæklag er 5 til 15 m eller Reduceret magasinbjergart.	Grundvand fra jern- og sulfatzonen. Vandtype C
Stor	Kun dæklag af oxideret, gulligt-gulbrunt sand og/eller ler eller Tykkelse af reducerede, sammenhængende lerdæklag < 5 m og Magasinbjergart uden større nitratreduktionspotentiale.	Grundvand fra ilt- og nitratzonerne. Vandtype A og B

Som udgangspunkt kan den reducerede lertykkelse beregnes på to forskellige måder:

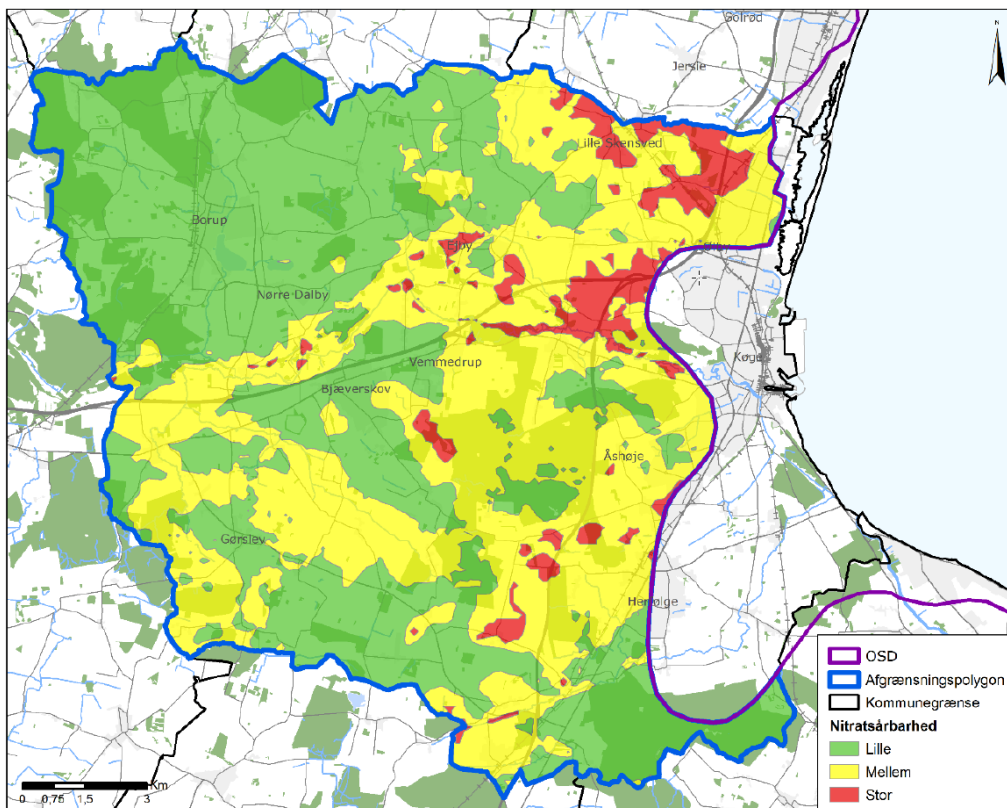
1. Den vertikale, samlede tykkelse af reduceret ler (2D)
2. Den samlede tykkelse af reduceret ler, beregnet langs partikelbaner (3D)

Lertykkelsen fra den geologiske model er samlede lertykkelser og inkluderer således også oxideret ler. Ved at tage udgangspunkt i kortet over dybden til redoxgrænsen kan der beregnes tykkelser af reduceret ler over toppen af kalkmagasinet. Dette giver den vertikale, samlede tykkelse af reduceret ler (2D lertykkelse).

Den samlede tykkelse af reduceret ler kan også beregnes langs partikelbaner (3D lertykkelse). Metoden benytter partikelbanesimuleringer, hvor partikler, placeret i de øverste modellag i den hydrologiske model lige under drænniveau, følges, indtil de når grundvandsmagasinet. Den reducerede lertykkelse er således den akkumulerede mængde ler under redoxgrænsen, som vandpartiklen bevæger sig igennem på sin vej fra terræn til top af grundvandsmagasinet.

Overordnet set passer den beregnede 3D reducerede ler godt med 2D reduceret ler. Den 3D reducerede ler viser flere steder en anelse mere sårbarhed end det, 2D lertykkelsen giver udtryk for. Sårbarhed, som er baseret på 2D reduceret ler, er dermed justeret efter 3D reduceret ler i områder, hvor 3D reduceret ler viser en større sårbarhed. De eneste steder, hvor der ikke er justeret efter 3D lertykkelse, er, hvor vandtypen giver udtryk for, at 2D sårbarhed passer bedst. For eksempel, hvis der er et område hvor 3D reduceret ler er 5-15 m, men 2D reduceret ler er større end 15 m, og vandtypen i borerer viser vandtype D, vil sårbarhed blive afgrænset som lille sårbarhed. Der er heller ikke justeret for sårbarhed i områder, hvor 3D reduceret ler viser under 15 m, men 2D reduceret ler viser mere en 30 m. Det vurderes, at alle områder med mere end 30 m reduceret ler er godt beskyttet, og de afgrænses som lille sårbarhed.

Figur 1 viser den resulterende nitratsårbarhed for kalkmagasinet i Køge Kommune. Kalkmagasinet fremstår i den østlige halvdel af Køge Kommune med stor og nogen sårbarhed, hvor kalkmagasinet er mest sårbart mod nordøst. Der ses primært lille sårbarhed i den nordvestlige del af kommunen, hvor det veksler mellem nogen og lille sårbarhed i den sydvestlige del af kommunen.

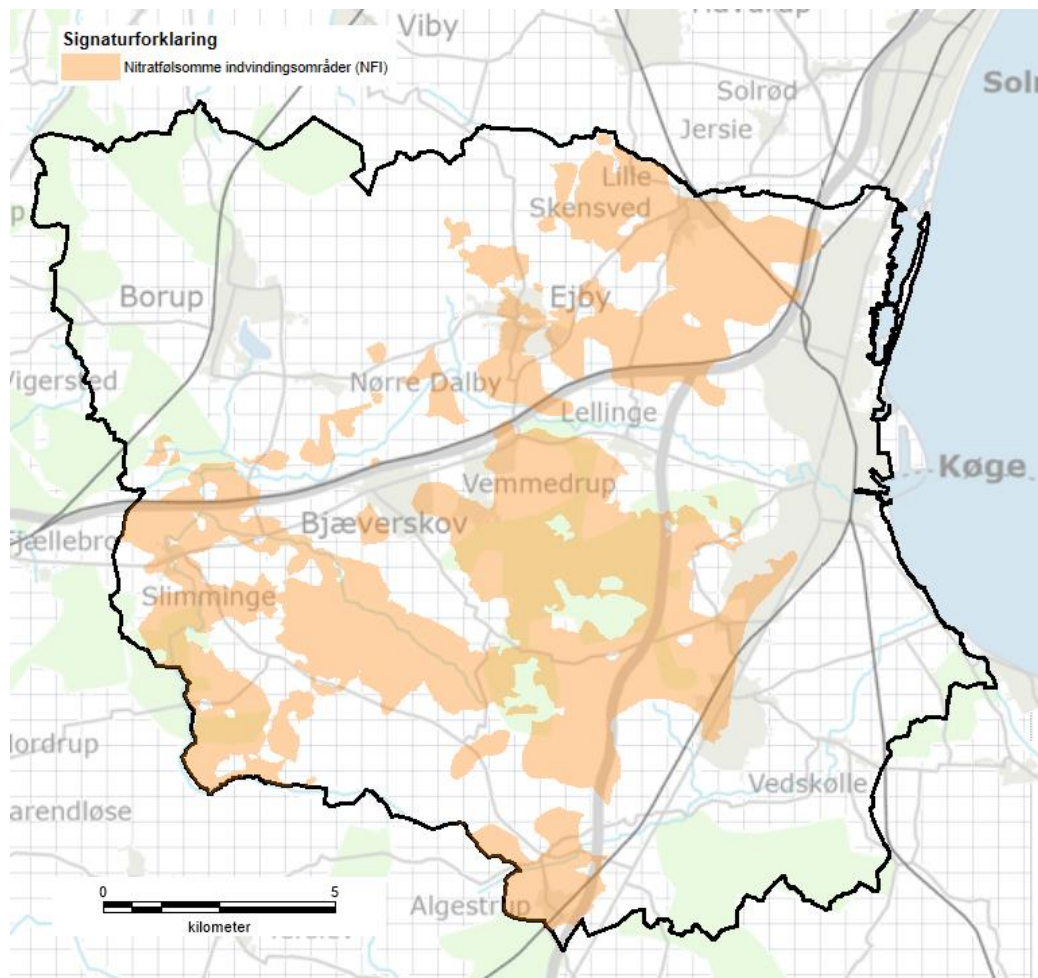


Figur 1. Sårbarhedszonering for nitrat i kalkmagasinet i Køge Kommune (Miljøstyrelsen, 2018).

Nitratfølsomme indvindingsområder i Køge Kommune.

Figur 2 viser den geografiske fordeling af NFI i Køge kommune. Nitratfølsomme indvindingsområder (NFI) er afgrænset med udgangspunkt i kortlægningen, hvor grundvandsmagasinerne er sårbare over for nitrat indenfor hhv. OSD og almene vandforsynings indvindingsomplande udenfor OSD.

Afgrænsningen af nitratfølsomme indvindingsområder tager udgangspunkt i Miljøstyrelsens zoneringsvejledning (Miljøstyrelsen, 2000) og Naturstyrelsens notat om sårbarhedsvurdering og afgrænsning af nitratfølsomme indvindingsområder og indsatsområder (Naturstyrelsen, 2014). Nitratfølsomme indvindingsområder afgrænses, hvor grundvandsmagasinet har stor nitratsårbarhed, og hvor der samtidig sker nogen eller stor grundvandsdannelse til magasinet. Hvor grundvandsmagasinet har nogen nitratsårbarhed, og der samtidig sker nogen eller stor grundvandsdannelse til magasinet, afgrænses som udgangspunkt nitratfølsomme indvindingsområder, men der foretages dog en konkret vurdering af behovet for afgrænsning.



Figur 2. NFI i Køge Kommune.

Der afgrænses ikke nitratfølsomme indvindingsområder, hvor grundvandsmagasinet har lille nitratsårbarhed, uanset størrelsen af grundvandsdannelsen. Principperne for afgrænsning af NFI fremgår af Tabel 2.

Tabel 2. Principperne for afgræsning af NFI i Køge Kommune.

Grundvandsdannelse	Lille sårbarhed	Nogen sårbarhed	Stor sårbarhed
Ingen eller lille	Ingen NFI	Ingen NFI	Ingen NFI
Nogen eller stor	Ingen NFI	Konkret vurdering	NFI

Grundvandsdannelsen fra terræn til det pågældende magasin er fastlagt ud fra beregninger med den hydrologiske model vha. partikelbanesimuleringer. Grænsen mellem ingen/lille og nogen/stor grundvandsdannelse er sat til 0 mm/år. Det betyder, at det kun er områder med nogen eller stor sårbarhed, der samtidigt har grundvandsdannelse mindre end eller lig med 0 mm/år, der kan udgå ved afgræsning af nitratfølsomme indvindingsområder. Det er primært den geologiske beskyttelse, dvs. tykkelsen af reduceret ler over magasinet, samt nogen til stor grundvandsdannelse, der styrer optegningen af NFI. I områder med nogen sårbarhed laves der en vurdering af, hvorvidt der skal afgrænses NFI, hvis boringer har et lavt og stabilt indhold af sulfat, jf. (Naturstyrelsen, 2014).

2. Dokumentation og møder

Projektmøder: Der har igennem hele projektet fra ideudvikling frem til afholdelse af workshoppen været afholdt regelmæssige projektmøder med deltagelse af GEUS, Region Sjælland, Køge Kommune og Danske Vandværker, hvor Danske Vandværker har forestået mødeledelse og referater. Møderne har primært haft som formål at igangsætte og vedligeholde fremdriften af projektet, afklare hængepartier, faglige udfordringer mm. Endelig har projektgruppen haft mulighed for at kommentere denne rapport, før den endelige version er udarbejdet.

Interne møder på GEUS: Interne møder på GEUS har fundet sted for at prioritere hvilke faglige temaer, der skulle udarbejdes og hvordan det skulle gøres, indenfor den korte tids-horisont der var til rådighed.

Workshop med præsentation af data og indledende fortolkning. Den 20. juni 2022 blev der afholdt en workshop med deltagelse af GEUS, Danske Vandværker, Region Sjælland, Køge Kommune og Miljøstyrelsen, hvor notat om begrebet pesticidfølsomhed blev præsenteret og diskuteret med udgangspunkt i det fremsendte udkast, se kapitel 4 og bilag 6. GEUS' konceptuelle forståelse for hhv. nitrat og pesticiders opførsel i grundvand blev fremlagt, se kapitel 5, idet dette danner grundlag for de efterfølgende vurderinger af de bearbejdede data. Endelig blev den indledende vurdering af NFI og pesticidfølsomheden i Køge Kommune præsenteret og diskuteret, se kapitel 7-10. Denne rapport sammenfatter GEUS' samlede vurdering i kapitel 8, mens den samlede konklusion for projektet findes i kapitel 9.

Skriftlig dokumentation. Som en del af dette projekt har GEUS udarbejdet et notat som behandler begrebet pesticidfølsomhed. Kapitel 4 giver et resume af notatet, mens selve notatet er vedlagt som bilag 6. Det endelige produkt for den konkrete vurdering i Køge Kommune udgøres af nærværende dokumentationsrapport, der beskriver, hvordan de forskellige datatyper er bearbejdet, og hvilken vægt de er tillagt i vurderingerne. Det såkaldte "dokumentationsark", udviklet til brug for tilstandsvurderingen er tilpasset denne opgave, og dokumenterer den metodiske tilgang for sammenstilling og vægtning af de forskellige datatyper og de fagligt fortolkede temaer. De faglige detaljer fremgår af bilag 4, herunder alle konkrete faglige temaer fra workshoppen. Data vist i bilag 4 er opdateret efter workshoppen ift. en efterfølgende erkendt analysefejl for dinoterb.

3. Datagrundlag

Datagrundlaget for dette projekt består dels af et udtræk fra Jupiter for vandkemi i Køge Kommune, som nærmere beskrevet nedenfor, dels af en lang række faglige temaer for hydrologi, geofysik og geologi mm, der er baseret på de faglige temaer fra tilstandsvurderingen for pesticider (VP3). Region Sjælland har gennemført en omfattende kortlægning af pesticid-punktkilder i området, og disse data giver en datatæthed, der er væsentlig større, end man kan forvente i Danmark generelt. Køge Kommunes har også indsamlet supplerende viden igennem indsatsplanarbejdet, ud over den viden der foreligger fra grundvandskortlægningen, se kapitel 1.3. Dette giver samlet set et stort og godt datasæt for vurderingerne. I rapporteringen fra tilstandsvurdering for pesticider er de faglige temaer detaljeret beskrevet (Thorling mfl., 2021). De faglige temaer præsenteres kort i dette kapitel.

Det har vist sig, at de først indberettede data for stoffet dinoterb fra punktkildeundersøgelser, var behæftet med fejlagtigt høje koncentrationer. GEUS modtog i oktober 2022 et revideret datasæt fra Region Sjælland. GEUS har efterfølgende tilrettet rapportens datasæt samt faglige temaer.

3.1 Pesticiddata.

Pesticidstofferne er fastlagt som de stoffer, der indgår i stofgruppen "Pesticider, nedbrydningsprodukter og beslægtede stoffer" i Jupiter-databasen ved GEUS. Datasættet er geografisk afgrænset til Køge Kommune. Prøverne skal være udtaget efter 1. januar 2012. De detaljerede udtrækskriterier og en detaljeret beskrivelse af metoden til dataaggregering findes i bilag 1.

Det rå datasæt indeholder 81.160 enkeltanalyser for 626 forskellige pesticidstoffer. Prøverne stammer hovedsageligt fra regionens punktkildeundersøgelser og vandforsyningsboringer. For hvert indtag med analyser er der fastlagt en datatype, der klassificerer de forskellige formål og bias for de indsamlede data, se afsnit 3.2. Data for pesticidstoffer er udtrukket 10. maj 2022 fra Jupiter.

Det rå dataudtræk er rensset for en række forskellige kendte fejltypen, se bilag 2, og efterfølgende aggregeret på indtagsniveau, så der for hvert indtag er én værdi for hvert stof, medianværdien, for den valgte periode. Der arbejdes kun videre med stoffer, der er målt i mere end ét indtag.

367 pesticidstoffer opfyldte disse kriterier, og heraf blev der udvalgt 4 betydende pesticidstoffer, der optræder særligt hyppigt:

- BAM, 2,6-dichlorbenzamid
- DPC, desphenylchloridazon
- DMS, N,N-dimethylsulfamid
- 1,2,4-Triazol

Derudover indgik følgende tre betydende stofgrupper (sum af stoffer i hver grundvandsprøve):

- Phenoxysyrer (12 stoffer inkl. 4 moderstoffer)
- Triaziner (20 stoffer inkl. 8 moderstoffer)
- Chloroacetanilider (8 stoffer inkl. 1 moderstoffer)

De individuelle stoffer i stofgrupperne fremgår af bilag 2.

Samlet set indeholder det rensede datasæt:

- 79.295 enkeltanalyser for pesticidstoffer (367 stoffer i alt)
- 461 indtag i 445 borer, heraf 447 indtag med mindst ét af de betydende stoffer/grupper
- 9 indtag/borer ligger udenfor OSD.

Aggregering af stofferne blev udført således:

Beregning af medianer, median af hele perioden 2012-2021

- for de 4 betydende enkeltstoffer på indtagsniveau (< DL anvendes 0)
- for sumværdier for stofgrupper på prøve- og indtagsniveau (< DL anvendes 0)

Beregning af maksimum i hvert indtag

- Maksimum af medianværdien for de betydende stoffer i et indtag.
- Hvis denne ikke findes, anvendes den højeste periodemedian koncentration for de øvrige stoffer til visning i GIS, som maksimumsværdi for indtaget.

Der arbejdes ikke med sumværdien for alle pesticidstoffer i en prøve, da der ikke var indtag med overskridelse af sumværdien uden, at der samtidig var en overskridelse for et af enkeltstofferne.

På grundlag af de aggregerede data blev der udarbejdet arbejdstabel med udvalgte metadata og medianer til brug for de faglige temaer. En oversigt fremgår af Tabel 3.

Tabel 3. De fire betydende stoffer og tre stofgrupper i det endelige aggregerede dataset.

**Pseudokoder; total – antal indtag analyseret for et specifikt stof(gruppe), >0,1 µg/l.*

STOF-KODE	STOFNAVN	Indtag				
		Total (n)	Fund (n)	>0,1 µg/l (n)	Fund (%)	>0,1 µg/l (%)
1655	N,N-Dimethylsulfamid - DMS	298	127	34	42,6	11,4
1448	Desphenylchloridazon- DPC	375	99	42	26,4	11,2
438	2,6-Dichlorbenzamid- BAM	446	116	59	26,0	13,2
748	1,2,4-Triazol	300	50	17	16,7	5,7
9991*	Sum phenoxysyrer	447	92	66	20,6	14,8
9992*	Sum triaziner	446	58	27	13	6,05
9993*	Sum chloroacetanilider	274	52	27	19,0	9,9

3.2 Begrebet datatyper

Pesticidanalyser fra grundvandet er indsamlet med mange forskellige formål, og med forskelligt undersøgelsesdesign og dermed bias. Derfor arbejder GEUS med en række forskellige datatyper, og i dette projekt er der til hvert indtag knyttet én datatype. Tabel 4 viser, hvordan antallet af indtag fordeler sig på de forskellige datatyper. Datatyperne og deres definition og tekniske afgrænsninger er præsenteret i datakildenotatet: 07-VA-2020-02, bilag 3, som er udarbejdet i forbindelse med Vandplan 3.

Figur 3 viser den geografiske fordeling for de anvendte datatyper i dette projekt. Det fremgår, at hovedparten af indtagene enten findes i vandforsyningsboringer (VF) eller stammer fra punktkildeundersøgelser (DEPOT). Derudover er der nogle få indtag fra grundvandskortlægningen (GKO) i det nordvestlige hjørne af Køge Kommune, nogle få GRUMO-indtag i det nordøstlige hjørne og endelig nogle få indtag med andre anvendelser (ANDET).

Tabel 4. Oversigt over fordelingen af datatyper i Køge Kommune for indtag med analyse for pesticidstoffer i perioden 2012-marts 2022. Data dækker både områder indenfor og uden for OSD.

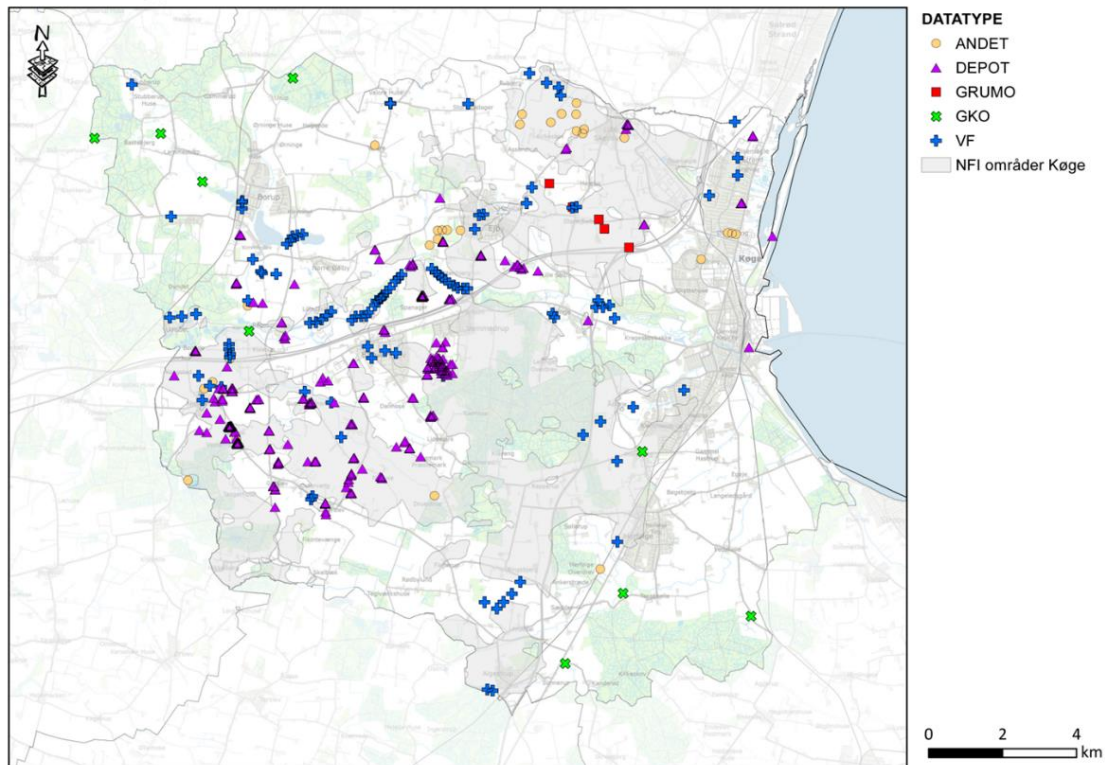
Datatype	Antal indtag
Punktkilder (DEPOT)	312
Vandforsynings (VF)	105
NOVANA, GRUMO	5
Grundvandskortlægning (GKO)	10
Andet	29
I alt	461

Datarepræsentativiteten for de enkelte datatyper afhænger blandt meget andet af indtagenes forskellige formål og strategi for analyseprogrammernes omfang og forskellige geografiske og dybdemæssige fordelinger af borerne. Dermed kan data fra de enkelte datatyper udvise større eller mindre bias i forhold til at give et retvisende billede af den samlede pesticidpåvirkning i kommunen. I datakildenotatet, bilag 3, redegøres for den repræsentativitet, der er tilknyttet de forskellige datatyper. Herunder gives en kortfattet oversigt med særligt henblik på de aspekter af repræsentativiteten, der har betydning i dette projekt.

Punktkilde data: Datatypen DEPOT repræsenterer data indsamlet i undersøgelsesboringer med relativt korte indtag (typisk 2 m, se Figur 14) omkring erkendte punktkildeforureninger. I Køge kommune er disse data hovedsageligt indsamlet af Region Sjælland. Pesticider og nedbrydningsprodukter er her ofte påvist i meget høje koncentrationer, og har langt større fundhyppigheder og koncentrationer end forventet generelt i grundvandsforekomsterne (bias mod høj andel med koncentrationer $>0,1 \mu\text{g/l}$). Ofte er der overskridelser for flere forskellige pesticider i samme indtag og en større andel af moderstoffer end i de øvrige datatyper. Region Sjælland er på nuværende tidspunkt i gang med at kortlægge hvilke af pesticidpunktkilderne, der udgør en væsentlig trussel for grundvandskvaliteten, og hvilke der ikke vurderes at udgøre en trussel og dermed ikke skal kortlægges. Regionens data repræsenterer overvejende brancher (landbrug, gartnerier, få trælastere), hvor der har været anvendt pesticider. Den rumlige udbredelse af pesticider fra punktkilder vurderes at være forholdsvis lille, med

en smal fane med en skønnet længde oftest mindre end 250 m, jf. tilstandsvurderingen for miljøfarlige organiske forurenende stoffer (Bjerg mfl., 2021). Data fra punktkilderne vurderes især at bidrage med viden om, i hvilket omfang pesticidstofferne kan brede sig i grundvandet og gennem dæklagene. Da der ikke pumpes særligt meget fra indtag, der kun anvendes til punktkildeundersøgelser, vurderes data at give en god repræsentativitet for den naturlige nedsivning af pesticidstoffer til den konkrete geologiske lagdeling, der hvor indtaget er placeret.

P-1: Datatyper



Figur 3. Datatyper for indtag med pesticidanalyser i Køge Kommune i perioden 2012-marts 2022. Datatypen DEPOT refererer til data fra punktkildeundersøgelser. VF -vandforsyningsboringer, og GKO-data fra grundvandskortlægningen.

Vandforsyning (VF): VF-datasættet repræsenterer påvirkningen af den del af grundvandet, der indvindes til drikkevand. Mange VF-indtag har især i områder med kalk, som ved Køge, lange indtag og blander vand fra flere dybder, hvorved terrænnært vand med relativt høje pesticidkoncentrationer kan opblandes med dybere vand med et forventeligt lavere indhold af pesticid. I det omfang, der er fundet pesticider, tillægges disse stor vægt, da vandforsyningsboringerne repræsenterer et stort volumen. Omvendt har fravær af fund over kravværdien på 0,1 µg/l, særligt for stoffer, der har indgået i analyseprogrammerne i mange år, lavere vægt. Dette hænger sammen med, at pesticider har indgået i boringskontrollen siden 1990'erne. Det kan derfor forventes, at en del drikkevandsboringer med overskridelser er taget ud af drift, hvorfor data fra VF-indtag sandsynligvis undervurderer udbredelsen af pesticider i grundvandet. Dette gælder især stoffer, der har været analyseret gennem længere tid, fx BAM, phenoxysyrerne, triazinerne og deres nedbrydningsprodukter og urenheder. Stoffer, som for nylig er sat på boringskontrollen fx DMS, DPC og 1,2,4-triazol, har ikke denne bias.

På grund af den store indvinding fra de lange indtag, er oplandet til vandforsyningsboringerne generelt stort, og pesticidindholdet i de enkelte indtag er derfor ikke repræsentativt for en lokal påvirkning med pesticider, men den samlede påvirkning for et stort område. Dette betyder, at påvirkningen af vandforsyningsboringer i mange tilfælde stammer fra såvel NFI-områder, som områder udenfor NFI.

Grundvandsovervågningen (GRUMO). Disse data giver det mest retvisende billede af koncentrationerne i grundvandet, idet stort set alle indtag er testet for de fire betydende pesticider 2,6-dichlorbenzamid (BAM), desphenylchloridazon (DPC) og *N,N*-dimethylsulfamid (DMS) og 1,2,4-triazol, og idet de korte indtag er rumligt og geografisk repræsentative. Belastning fra punktkilder og bebyggede områder er underrepræsenteret i GRUMO-data. Der er kun få GRUMO-indtag i Køge Kommune.

Grundvandskortlægning (GKO). De fleste GKO-indtag er ikke analyseret for de betydende pesticider DPC, DMS, og 1,2,4-triazol, idet de fleste prøver er udtaget, inden disse stoffer kom på boringskontrollens obligatoriske lister i drikkevandsbekendtgørelsen. Det vurderes derfor, at der er en underestimering af pesticidbelastningen i disse indtag. GKO-data tillægges derfor stor vægt, hvis der er fundet pesticider, men lille vægt hvis de betydende pesticider ikke er analyseret, og der ingen fund er. Der er kun få GKO-indtag i Køge Kommune.

Andet. Disse data kan stamme fra en lang række andre kilder såsom pejleboringer, vandforsyningsboringer ude af drift eller vandforsyningens egne undersøgelser, og der kan være behov for opslag i Jupiter i forbindelse med de konkrete vurderinger. Der er kun få indtag af typen Andet i Køge Kommune.

3.3 De faglige temaer.

Der er udarbejdet 35 faglige temaer som grundlag for vurderingen af, om der er forskel på pesticidpåvirkningen af grundvandet fra områder indenfor NFI og områder udenfor NFI, se bilag 4.

De faglige temaer dækker bearbejdning af pesticidanalyserne, i form af kort og dybdeprofiler og fordelingskurver, samt geologiske og hydrogeologiske temaer, som modelleret grundvandsdannelse, indvindingsoplande til de forskellige vandværker mm. De faglige temaer er gennemgået i kapitel 7. I rapporten fra tilstandsvurdering for pesticider er de metodiske principper for fremstilling af de faglige temaer detaljeret beskrevet (Thorling mfl., 2021). Til dette projekt er der udviklet et fagligt tema for de grundvandsdannede oplande til de lokale vandværker, og der er gennem de faglige temaer lavet en markering af, om data repræsenterer et NFI eller områder udenfor NFI.

De faglige temaer er i relevant omfang opdateret med nye data siden 2019.

4. Begrebet pesticidfølsomhed

4.1 Brugen af begreberne pesticidpåvirkning, pesticidfølsomhed og pesticidesårbarhed i denne rapport

I denne rapport anvendes begrebet pesticidpåvirkning om de områder, hvor der er en dokumenteret påvirkning af grundvandet med pesticider i de data, der er til rådighed i Køge Kommune. Der tales således om påvirkning, når der er fundet koncentrationer over detektionsgrænsen.

Begrebet pesticidfølsomhed anvendes derfor ikke i forbindelse med dette projekts konkrete vurderinger af risikoen for pesticidpåvirkning i det konkrete projektområde. Dette gælder særligt i forbindelse med gennemgang af de faglige temaer i kapitel 8.

Begrebet sårbarhed er udelukkende anvendt i relation til nitrat, i sammenhæng med nitratfølsomme indvindingsområder, NFI, som i kapitel 1.3. Begrebet pesticidesårbarhed er ikke brugt i denne rapport.

I kapitel 4 anvendes begrebet følsomhed i forbindelse med sammenligning af begrebet nitratfølsomhed med begrebet pesticidfølsomhed.

I kapitel 5-10 er begrebet pesticidfølsomhed anvendt, som en betegnelse for de iboende hydrogeologiske og geokemiske egenskaber i grundvandsmagasinerne, der kan give anledning til en påvirkning med pesticidstoffer. Dette må ikke forveksles med de udpegede sprøjtemiddelfølsomme områder (Naturstyrelsen, 2015). De sprøjtemiddelfølsomme områder er alene udpeget på sandjord, idet KUPA-projektet (<http://www.kupa.dk/>) alene gav et fagligt grundlag for udpegning på sandjord, mens der ikke var muligt af give et sådant for lerjord.

4.2 Notat om begrebets anvendelse i Danmark

De gennemgående faktorer i de tidligere studier har været nitrat/redox, dybde til grundvand, transporttid, forekomst af forstyrrede geologiske lag, forekomst af lerlag og infiltration/grundvandsdannelse. Her fremhæves Miljøstyrelsen zoneringsvejledning (2000), hvor det konkluderes, at kun for nitrat eksisterer der tilstrækkelig viden til en stofspecifik tilgang; for pesticidfølsomhed skal man derfor, i modsætning til nitratfølsomhed, generelt prioritere grundvandsdannende områder.

De fleste efterfølgende rapporter/studier bekræfter, at man på nuværende tidspunkt ikke kan udpege pesticidfølsomme områder i lerede områder ud fra geologiske- og fysiske/kemiske parametre (Henriksen m.fl., 2000; Gravesen m.fl., 2014; Miljøstyrelsen, 2017; CLAYFRAC, 2022; PESTPORE2, 2022). Der henvises til præsentationens opsummering mht. de enkelte studiers konklusioner (se bilag 6).

På trods af den nuværende restriktive godkendelsesordning vil der fortsat være risiko for udvaskning af pesticidstoffer til grundvandet, dog i betydeligt mindre grad end tidligere, hvor risikovurdering mht. til udvaskning var begrænset eller helt manglede. I scenarierne for eventuel fremtidig udvaskning af pesticidstoffer vil stofferne sandsynligvis have fysisk-kemiske egenskaber, der svarer til de pesticidstoffer, vi finder i dag, dvs. persistente og mobile, hvorfor nedbrydning og sorption er af begrænset betydning. Den historiske forekomst af stoffer med sådanne egenskaber kan derfor være indikativ for grundvandsdannende områder, der også i fremtiden vil være pesticidfølsomme. Den historiske udvaskning af pesticidstoffer bruges derfor i projektet som en proxy for områdernes iboende pesticidfølsomhed.

Pesticidfølsomme områder, i dette projekts optik, er derfor som minimum områder, hvor der er observeret udvaskning af pesticidstoffer, uanset anvendelsestidspunktet. Fund af pesticidstoffer i et indtag skyldes ikke altid pesticidanvendelse lige, hvor boringen er placeret, men derimod pesticidanvendelse, hvor vandet er infiltreret. I disse tilfælde er det infiltrationsområdet (de grundvandsdannede områder), der er pesticidfølsomt. I projektet kan vi ikke beskrive og teste pesticidfølsomheden i større naturområder, hvor der ikke har været anvendt pesticider, ligesom test af overlap mellem nitratfølsomme områder og pesticidfølsomme områder vil være begrænset til den del af grundvandet, der er dannet efter man begyndte at anvende plantebeskyttelsesmidler i landbruget, dvs. fra 50'erne og fremefter.

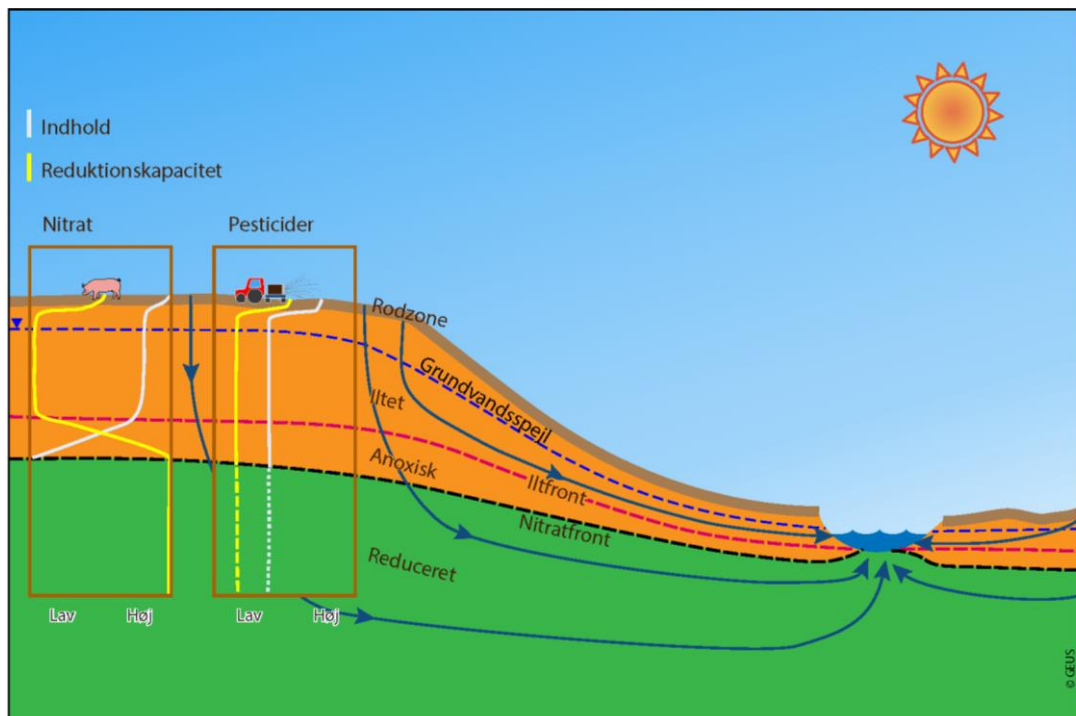
GEUS ser de historiske fund som mål for områdernes iboende pesticidfølsomhed. Hvorvidt koncentrationerne er over eller under 0,1 µg/l er for de enkelte stoffer et spørgsmål om risikohåndtering, dvs. regulering af dosis, udbringningstidspunkt mm. Mange af de stoffer, der risikerer at "slippe igennem" i notatets ni scenarier, se bilag 6, vil netop slippe igennem, fordi de ikke er erkendt og dermed ikke vurderet, eller fordi de bagvedliggende data for sorption, persistens, hydrologi m.m. ikke repræsenterer alle danske arealer.

5. Konceptuelle modeller for nitrat og pesticider

Der anvendes i denne rapport, som i forbindelse med vandplanarbejdet, den definition på en konceptuel model, som anvendes i CIS Guidance Document No. 26 (EU, 2010): "a means of describing and optionally quantifying systems, processes and their interactions". Oversat til dansk: "en metode til at beskrive og evt. kvantificere systemer, processer og deres indbyrdes vekselvirkning". I dette projekt arbejdes der alene med beskrivende (deskriptive) konceptuelle modeller.

Dette afsnit er baseret på, at der i dag er en relativt solid og velunderbygget konceptuel model for nitrat i grundvand, mens der fortsat er behov for en bedre forståelse af pesticiders udbredelse og omsætning i grundvand.

5.1 Omsætning og udvaskning af nitrat og pesticider



Figur 4. Konceptuel model for udvaskning og omsætning af nitrat og mobile persistente pesticidstoffer i grundvand. (Thorling mfl. 2023).

Figur 4 viser den helt overordnede konceptuelle model for udvaskning og nedbrydning af nitrat og pesticider, således som den er anvendt af GEUS gennem de sidste mere end 20 år. En lang række forskellige projekter af såvel videnskabelig karakter som mere forvaltningsorienterede opgaver ligger til grund for denne model.

Figuren viser med hvide kurver koncentrationen af hhv. nitrat og pesticider, mens de gule kurver viser reduktionskapaciteten/nedbrydningspotentialen med dybden. Det skal bemærkes, at der i denne figur ikke er taget højde for konkret geologi, og der er derfor ingen skala

på y-aksen. Bemærk, også, at figuren alene har gyldighed for grundvandsdannende områder. Grundvandskvaliteten i udstrømningsområder afhænger i sagens natur af grundvandet alder og redoxforhold. Der er heller ikke skala for reduktionskapaciteten, da det afhænger af jordtype og geologi. Særligt ler har en meget stor nitratreduktionskapacitet.

For nitrat er der en vis reduktionskapacitet i selve pløjelaget, 0-30 cm's dybde, hvor der er en høj koncentration af letomsætteligt organisk stof, der lokalt kan give anledning til denitrificerende forhold - især under vandlidende forhold. Herunder er reduktionskapaciteten lav, og i praksis ofte helt fraværende i den iltholdige zone af undergrunden. Ved overgangen til iltfrie forhold nedbrydes nitrat og ved nitratfronten er nitratindholdet i grundvandet reduceret til under < 1 mg/l. Under nitratfronten er der en meget høj reduktionskapacitet over for nitrat i sedimentet, og grundvandet beskrives som reduceret. (Hansen, mfl. 2018)

For pesticider forholder det sig meget anderledes. For det første er det en meget stor stofgruppe med yderst forskellige bio-geo-kemiske egenskaber, både hvad angår nedbrydelighed, og mobilitet. Det største nedbrydningspotentialer findes i markernes pløjelag, hvor der er en stor biologisk aktivitet, der sikrer mikrobiologisk nedbrydning af en stor del af den tilførte mængde af pesticider. Omfanget af nedbrydning afhænger af det enkelte pesticidstofs individuelle egenskaber, og der er stor forskel på, hvor nedbrydelige de enkelte stoffer er, og dermed hvor stor risiko der er for udvaskning fra overjorden, typisk 0-1 m u.t. I modsætning til nitrat indgår pesticidstofferne ikke altid i mikroorganismernes primære stofskifte. I stedet vil persistente pesticidstoffer ofte kun nedbrydes ved langsom cometabolisk omsætning, uden at mikroorganismene får udbytte af pesticidstofferne. Det skal bemærkes, at selv om nedbrydningspotentialer kan være højt i pløjelaget, kan der alligevel være risiko for, at pesticider "undslipper" til dybere lag via hydrologiske short-cuts i form af ormehuller og tørkesprækker.

Under den biologisk aktive overjord, er tilgængeligheden meget mindre for letomsætteligt organisk stof, der kan opretholde et rigt mikrobiologisk samfund, og generelt falder omsætningshastigheden markant i dybere lag under ca. 1 m u.t. I grundvandsmagasiner vil pesticider derfor som udgangspunkt være relativt stabile og kunne have halveringstider på flere årtier eller mere. I modsætning til nitrat er der således ikke en pesticidfront, men alene en tidshorisont for, hvor langt de mere persistente mobile stoffer er nået i strømmingen gennem grundvandet. Dette kan kompliceres af adsorption mm., der bevirker at pesticider oftest bevæger sig langsommere end grundvandet gennem magasinerne og i et vist omfang tilbageholdes i de lag, de strømmer igennem. Der er generelt meget begrænset viden om processerne herunder sorption og nedbrydning i selve grundvandsmagasinerne.

5.2 Sammenligning af pesticidfølsomhed og nitratfølsomhed

Dette projekt handler om, i hvilket omfang nitratfølsomme områder, NFI, alene kan anvendes til at forudsige, hvor der er risiko for pesticidudvaskning. De faglige grunde til, at dette ikke altid er tilfældet, er sammenfattet herunder og i Tabel 5.

- For nitrat findes der en nitratfront, hvor nitrat bliver essentielt for det mikrobiologiske liv i grundvandet, og hvor nitrat omsættes fuldstændigt. Mikrobiologien for pesticider er radikalt anderledes, fx kræver mange pesticider ilt eller nitrat for omsætning, hvorfor de (modsat nitrat) er stabile under reducerede forhold.
- Hvor der er en nogenlunde fastliggende nitratfront for nitrat, findes der IKKE en pesticidfront for mobile, persistente pesticider, her er der alene tale om en tidshorisont for påvirkningen.
- I det omfang, at pesticidkoncentrationen falder med strømningstiden, er der tale om en langsom proces med en kombination af fortynding, nedbrydning og tilbageholdelse.
- Der er meget stor forskel på koncentrationsniveauer for nitrat og pesticider. Det øverste grundvand under landbrugsarealer kan indeholde nitrat i koncentrationer >50-100 mg/l, hvorimod pesticidstoffernes koncentration ofte er <1 µg/l
- Nitrat og pesticider påvirker grundvandet, hvor grundvandet er hhv. tilpas iltet eller tilpas ungt til, at påvirkningen er nået frem. Det er således forskellige faktorer, der bestemmer omfanget af grundvand, der er påvirket.
- Det er i flere sammenhænge foreslået, at nitratfølsomme områder er pesticidfølsomme, se kapitel 4. Dette er formentlig også korrekt, idet der generelt er stor grundvandsdannelse i nitratfølsomme områder.
- Den omvendte påstand, at områder der ikke er nitratfølsomme, heller ikke er følsomme overfor pesticider, er der derimod ikke belæg for: Dels fordi sorptionen af pesticider under reducerede forhold, hvor nitrat nedbrydes, ikke systematisk kan forventes at være større end under iltede forhold, dels fordi pesticiderne netop ikke nedbrydes ved redoxfronten.
- Der er mulighed for udvaskning af pesticider også i områder udenfor nitratfølsomme områder, når der er en betydelig grundvandsdannelse, således som det også illustreres i dette projekt, se kapitel 8.
- For lerdæklag gælder specifikt, at mens de overfor nitrat udgør såvel en hydrologisk som en effektiv geokemisk barriere, udgør lerlagene alene en hydrologisk barriere overfor de mobile og persistente pesticider.

Tabel 1 viser nogle af de væsentligste forskelle på geokemien for nitrat og pesticider.

På baggrund af disse betragtninger vurderes det, at man som udgangspunkt kan forvente en påvirkning med pesticider under nitratfølsomme områder. Det kan imidlertid forventes, at der i områder udenfor NFI, også er en påvirkning med persistente og mobile pesticider, der hvor der er grundvandsdannelse og grundvand med en alder, der ikke overstiger 50-70 år (dvs. den periode hvor der er anvendt pesticider). I kapitel 8 testes denne overordnede konceptuelle model i forhold til de konkrete observationer i Køge Kommune.

Tabel 5. Sammenligning af geokemiske vilkår for nitrat og pesticider i grundvand.

Emne	Nitrat	Pesticider
Hvad	En kemisk kvælstofforbindelse, med velkendte egenskaber i miljøet.	Mange meget forskellige kemiske stoffer, med mange forskellige egenskaber, som for mange stoffer ikke er velbeskrevne.
Rumlig udbredelse	Der er kun nitrat over nitratfronten, Herefter nitratfrie forhold langs strømlinjen	Kun pesticider i grundvand dannet efter ca. 1950/60.
Øvre jordlag (0-1 m.u.t)	Denitrifikation, hvis vandlidende jord, ellers udvaskning af overskudskvælstof.	Afgørende for nedbrydning og nogle stoffer tilbageholdes effektivt ved sorption.
Reaktivitet i grundvand	Stabilt hvis iltet. Fuldstændig nedbrydning, hvis reduceret.	Meget lave nedbrydningsrater for de fleste mobile og persistente stoffer. Mange pesticider er stabile under reducerede forhold
Reducerede jordlag	Afgørende for omsætningen.	Oftest er nedbrydningsraten lavest i reduceret miljø, fx phenoxysyrer.
Udbredelse	Naturligt stof, findes i alt iltet grundvand, koncentrationerne afhænger af arealanvendelsen.	Miljøfremmede stoffer, forekomst afhænger af lokal anvendelse, og hvor langt grundvandets strømningsforhold og alder.
Iltede lerlag	Udgør en hydrologisk barriere.	Udgør en hydrologisk barriere og kan adsorbere nogle pesticider på metaloxider.
Reducerede lerlag	Udgør en hydrologisk og er en effektiv geokemisk barriere.	Udgør en hydrologisk barriere og adsorberer visse pesticider. Er ikke en geokemisk barriere som for nitrat.
Mikrobiologi	Anvendes som elektronacceptor i bakteriernes stofskifte ved redoxfronten.	Nogle pesticidstoffer bruges i mikroorganismernes stofskifte som kilde til energi (elektron donor) og kulstofkilde under iltede forhold, og muligvis som elektronacceptorer (reduktiv dehalogenering) under reducerede forhold. Persistente pesticidstoffer indgår dog oftest kun i co-metabolske processer.

6. Datarepræsentativitet

6.1 Begrebet repræsentativitet for grundvandsdata

Repræsentativitet er et statistisk begreb, som beskriver en større eller mindre stikprøves afspejling af hele populationen, i prøvetagningsteorien kaldet "LOTTEN" (Esbensen og Wagner, 2015).

Når der tales om repræsentativitet, skal de enkelte datasæt derfor forstås som stikprøver af en stor og ukendt "lot". Eksempelvis kan vandprøverne være stikprøver fra en lot, der består af alt grundvand i et grundvandsmagasin med de kvalitetsvariationer, det rummer. På samme måde er boringernes lagbeskrivelser fra jordprøver også stikprøver af en lot, der består af den samlede geologiske variation af alle de geologiske aflejringer, der kan træffes indenfor det relevante geologiske område.

Når man anvender begrebet repræsentativitet, er det nødvendigt i forvejen at vurdere, hvilke aspekter af den samlede kompleksitet man ønsker viden om: (a) alt grundvand, (b) det nitrat-holdige grundvand, (c) surt grundvand eller som her (d) omfanget af pesticidstoffer i grundvandet indenfor/ og udenfor et NFI-område.

Vurderingen af et datasæts repræsentativitet er baseret på eksisterende viden og systemforståelse for de regionale og lokale variationer i den danske geologi, hydrogeologi og geokemi (den konceptuelle model).

I dette projekt skal repræsentativiteten for pesticidmålingerne i de tilgængelige vandprøver med forskellig datatype vurderes. Dette sker med udgangspunkt i den overordnede konceptuelle models (som beskrevet i kapitel 5) implikationer for den forventede koncentrationsfordeling af pesticider. Vi vil fx som udgangspunkt forvente, at koncentrationerne af pesticider fra punktkilder er større end koncentrationer fra fladekilder. Punktkilderne kan lige som fladekilder, beskrive muligheden for transport af pesticider frem til det indtag, hvorfra pesticidstofferne er prøvetaget.

Repræsentativitet har i princippet kun noget med "designet" af datasættet at gøre, og har ikke direkte noget med stikprøvestørrelsen at gøre.

- Den systematiske fejl (bias) tilknyttet bestemte datatyper vil dominere uanset stikprøvestørrelsen, for hver datatype, der anvendes. Fx vil der, hvis der alene anvendes vandforsyningsboringer, være en underrepræsentation af de gammelkendte pesticidstoffer så som BAM, med høje koncentrationer, uanset hvor stor stikprøven er, idet der er taget mange vandforsyningsboringer ud af drift på grund af netop BAM. På samme måde vil data om dæklagsegenskaber fra skylleboringer underestimere lerindholdet, og data fra flere skylleboringer løser ikke problemet.
- Sikkerheden (konfidens) afhænger derimod af stikprøvens størrelse

- Man skal ved vurderingen af repræsentativitet have øje for de såkaldt ”skjulte variabler”, som fx geologi, arealanvendelse, grundvandets alder, redoxmiljøer, der er bestemmende for, hvordan populationen fordeler sig forskellige steder i rummet. Dette gøres i dette projekt ved at vælge en række temaer, som håndterer de aspekter, som kan have betydning for repræsentativiteten af data. Fx den bias, der introduceres, hvis hovedparten af prøverne er udtaget i indtag i en ådal med udstrømning, og der mangler data fra størstedelen af grundvandsmagasinet, hvor grundvandsdannelsen sker.

6.2 Datatæthed, datastruktur og repræsentativitet

Der skelnes mellem repræsentativiteten af de tilgængelige analyser af pesticidstoffer og sikkerheden for vurderingen. Dette hænger sammen med, at der i projektet opbygges en konkret konceptuel model for området. Heri indgår ikke kun vandanalyserne, men også en lang række andre data, som boringsoplysninger, geologiske modeller, modellerede strømningsforhold osv.

Den konceptuelle model, der støtter sig på alle tilgængelige datatyper, har således betydning for vurderingen af repræsentativiteten af de enkelte datatyper, idet den konceptuelle model udtaler sig om systemets samlede heterogenitet, som påvirker repræsentativiteten af de enkelte datatyper hver for sig.

Det er ikke muligt at opstille kvantitative kriterier for at vurdere repræsentativiteten af data, da fordelingen af de forskellige datatyper er umådeligt uensartet.

De forskellige datatyper har en forskellig rumlig dækningsgrad, som er en konsekvens af det design, som datatyperne indsamles efter. Dette har betydning for deres repræsentativitet og ikke mindst mulighederne for at interpolere mellem data.

- Vandanalyser stammer som hovedregel fra et ret begrænset rumfang af forekomsten, og kan derfor betragtes som punktmålinger. Undtaget herfra er dog analyser fra indvindingsboringer, der kan betragtes som volumenmoniterede.
- Boringsoplysninger er som regel vertikale linjemålinger, idet jordlagsbeskrivelserne stammer fra flere dybder.
- Geofysiske data er, ikke mindst for SkyTEM data, ofte fortolket således, at man opnår en rumlig beskrivelse af de elektriske modstandsforhold og dermed en indikation på den rumlige geologi. De geofysiske data har af den grund meget stor betydning for fortolkning af den rumlige geologi, og vil derfor have meget stor betydning for vurdering af repræsentativiteten af de indsamlede vandanalyser.
- Endelig er der 'Data' fra DK-modellen, som igen er baseret på en rumlig hydrogeologisk model for området, og hvor repræsentativiteten dels afhænger af modellens kvalitet og del af dens skala (fx 500x 500 m).

7. Metode

Formålet med dette projekt var at *"afklare, om der er forskel på pesticidfølsomheden af grundvandet indenfor NFI i projektområdet i forhold til resten af et grundvandsdannende opland"*. Der skulle derfor vælges en metode som indenfor projektets rammer kunne skabe overblik over hydrogeologien, indvindingsforhold og pesticidbelastning i Køge Kommune, og relatere pesticidpåvirkningen til den aktuelle afgrænsning af NFI.

Det blev i projektgruppen besluttet, at undersøgelsen skulle baseres på erfaringerne fra VP3 tilstandsvurdering for pesticider (Thorling, 2021), hvor der var udviklet en metode for på grundvandsforekomstniveau at få et overblik over pesticidpåvirkningens omfang.

Projektgruppen vurderede også, at den eksisterende pesticidbelastning er en god indikator på risikoen for fremtidig pesticidpåvirkning, se kapitel 4.1, idet der jf. diskussionen af pesticidfølsomhed i kapitel 4 og bilag 6, naturligvis skal tages højde for, at det alene vurderes, om der er en risiko for at en fremtidig påvirkning med pesticider, da de konkrete koncentrationer fra den fremtidige pesticidpåvirkning vil afhænge af den fremtidige risikohåndtering/regulering.

7.1 Beskrivelse af metode

Centralt i metoden er, at der udarbejdes en række faglige temaer, der beskriver forskellige aspekter af pesticidpåvirkningen og de hydrogeologiske forhold i området, og som skal danne grundlag for samtolkning på en workshop, se bilag 4. For at dokumentere, hvilken væsentlig information de forskellige faglige temaer bidrager med, er der udviklet et Dokumentationsark, se bilag 5, der sikrer en struktureret kommentering af de faglige temaer.

En væsentlig del af samtolkningen er at vurdere repræsentativitet af de forskellige typer af data, i forhold til at afspejle pesticidpåvirkningen indenfor og udenfor NFI. Denne metodiske tilgang er derfor ikke en regneøvelse i GIS, da det er vanskeligt, at kvantificere den bias, som de mange forskellige datatyper og faglige temaer, hver for sig har. I stedet foretages der en ekspertvurdering af hvert tema for sig, hvor der så vidt muligt tages højde for den bias, der er i data.

En beskrivelse af de anvendte datasæt og forudsætningerne for vurderingen af de faglige temaer er beskrevet i (Thorling, 2021). Her fremgår det præcist, hvilke data der er udtrukket af Jupiter, hvornår, og hvilken efterfølgende dataforberedelse, der er foretaget. I alle de faglige temaer er der så vidt muligt vist den mediankoncentrationen for det pesticidstof, der har den højeste koncentration på indtagsniveau (Max median), opdelt på punktkilder og øvrige datatyper.

Metoden bygger i udstrakt grad på metoder, begreber og erfaringer fra den gebyrfinansierede grundvandskortlægning (GKO). Der kan derfor i stort omfang henvises til de geovejledninger, der knytter sig til Grundvandskortlægningen, se www.geovejledning.dk. Data indsamlet i forbindelse med GKO og geologiske modeller fra GKO indgår ligeledes som et væsentligt

grundlag for opstilling af de konceptuelle modeller. Centralt i GKO er samtolkning af forskellige data, således som det fx er beskrevet i Hansen m. fl, 2016. Metoden lægger sig således op ad den danske tradition på dette område, hvor ekspertvurderingerne er synliggjort, og hvor man udnytter de meget store datamængder, der er til rådighed på grundvandsområdet bedst muligt sammen med DK-modellen og lokalt opstillede modeller.

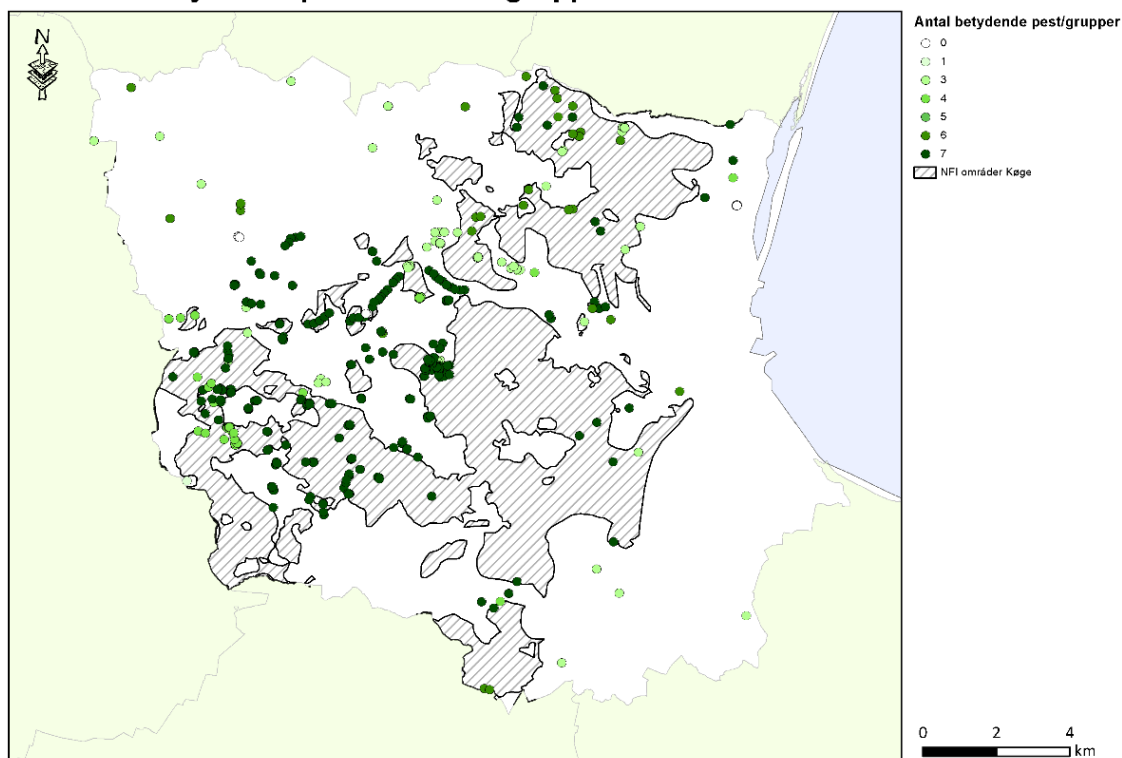
7.2 Pesticidtemaer

For at håndtere de mange faglige temaer så effektivt som muligt er der på alle figurer og kort anvendt en standard for signatur og farvevalg. På alle kort angiver en trekant (Δ), at der er tale om data fra punktkilder, mens cirkelsignatur (o) angiver data fra alle øvrige datatyper.

Pesticidtemaerne bygger på de aggregerede data. Der er særligt fokus på de såkaldte 'betydende pesticider' og udvalgte stofgrupper, der er fastsat ud fra det konkrete datasæt i Køge Kommune, se afsnit 3.1.

Figur 5 viser det faglige tema P3, der er et kort over antal betydende pesticider og stofgrupper i de enkelte indtag i Køge Kommune. Der var 4 betydende pesticider og 3 betydende stofgrupper, dvs. datakvalitet er højest, når der er målinger for alle 7 stoffer/stofgrupper. Den indledende vurdering af datakvaliteten og repræsentativiteten for de enkelte indtag, tager derfor udgangspunkt i dette faglige tema. Bemærk fx det lave antal stoffer mod nordvest.

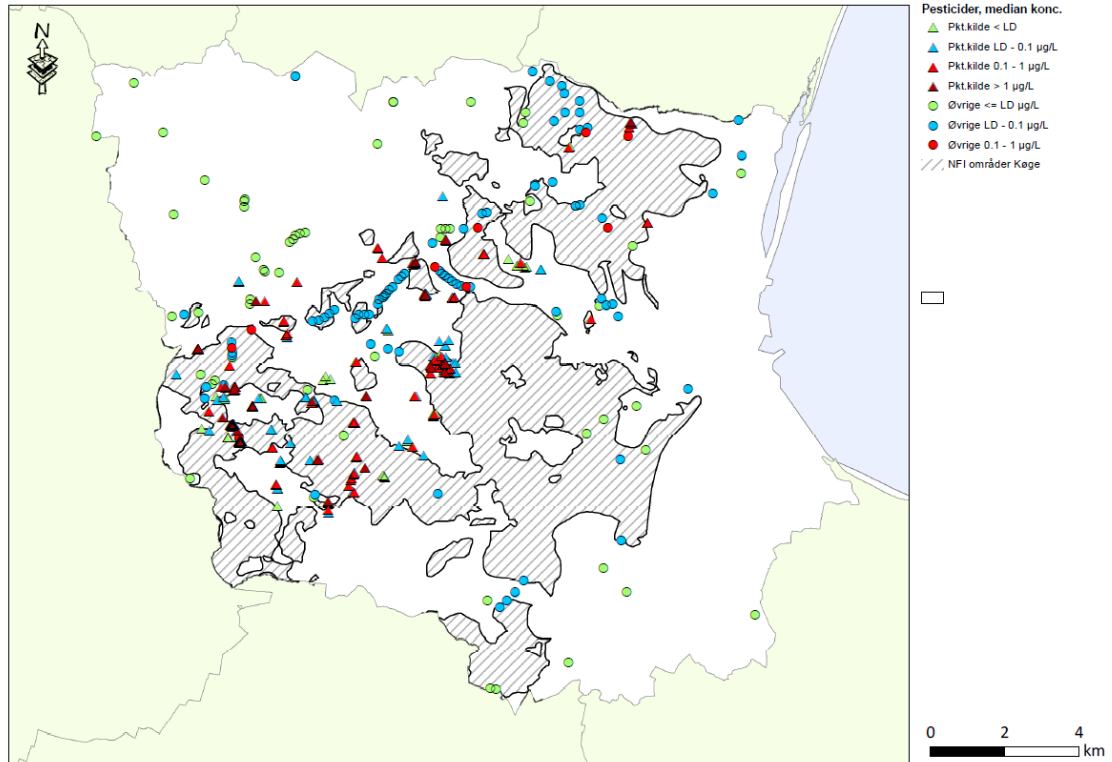
P-3: antal betydende pesticider/sumgrupper



Figur 5. Antal betydende pesticider/grupper, som indikator for analyseomfang og dermed repræsentativitet for indtag med pesticidanalyser i Køge Kommune i perioden 2012-2022. Fagligt tema P-3.

Figur 6, er en typisk kortfigur, som her viser et eksempel på max-medianen for et enkeltstof eller stofgruppe. Det fremgår, at grønne farver viser indtag uden fund, blå farve viser indtag med fund op til og med kravværdien på 0,1µg/l, mens værdier >0,1µg/l er vist med en rød farve. Overskrides kravværdien med faktor 10 eller mere er farven mørkerød. Figuren viser, at der er fund i langt hovedparten af indtagne i den centrale del af området. Den viser også, at der er få fund mod nordøst, hvor der er analyseret for relativt få stoffer, og hvor andre temaer viser, grundvandet ligger under tykke lerlag.

P4: Max median konc. stoffer/grupper eller max konc. af alle stoffer



Figur 6. Max median for stofgrupper eller enkeltstoffer i Køge Kommune, i perioden 2012-2022. Fagligt tema P-4.

7.3 Anvendt dokumentationsark for afprøvning af metode på udvalgte grundvandsforekomster

Proceduren og den samlede konklusion for vurderingen af NFI-områderne dokumenteres i et til dette formål udviklet dokumentationsark, se bilag 5. Dokumentationsarket indeholder en header med udvalgte faktaoplysninger om geologi i DK-modellen (DKM-geologi), antal indtag indenfor og udenfor NFI, og dybdeforhold.

Når skemaet følges, gennemgås efter tur de fire emner pesticiddata, antropogene forhold, geologi/geofysik og hydrologi, hvortil der igen er udarbejdet en række faglige temaer. Dernæst diskuteres på workshoppen, hvordan der kan foretages en samlet vurdering af de væsentligste forhold, der har betydning for pesticidpåvirkningen af grundvandet indenfor og

udenfor NFI, således som det er gennemgået i kapitel 8. Den kortfattede konklusion skrives efterfølgende ind i skemaet.

8. Gennemgang af de faglige temaer

De faglige temaer blev gennemgået på workshoppen 20. juni 2022, hvor deltagerne alle havde mulighed for at indgå i diskussionerne af, hvordan de forskellige temaer bidrager til en forståelse af forekomsten af pesticider i grundvandet i Køge Kommune, og dermed den vurderede pesticidfølsomhed indenfor og udenfor NFI. Alle faglige temaer og oversigten over de vigtigste kommentarer i dokumentationsarket kan findes i bilag 4 og 5.

BEMÆRK: Temaerne er nummereret fortløbende, men nogle temanumre indgår ikke i bilag 4, idet der under forarbejdet til workshoppen blev fremstillet en række temaer, som efterfølgende blev vurderet som unødvendige til brug for workshoppen. Disse temanumre mangler i materialet. Som før omtalt er de fleste af temaerne baseret på de faglige temaer, der blev udviklet til tilstandsvurderingen af pesticider i forbindelse med Vandplan 3, og i bilagene til rapporteringen herfra er alle temaerne beskrevet mht. datagrundlag, fagligt indhold mm (Thorling mfl., 2021). Dette gentages derfor ikke i denne rapport.

Efter gennemgang af temaerne på workshoppen sammenfattedes et af projekternes hovedformål: *'Afkclare, om der er forskel på pesticidfølsomheden af grundvandet indenfor NFI i projektområdet i forhold til resten af et grundvandsdannende opland. På baggrund af dette foretages der en vurdering af, om et pesticidfølsomt område kan sidestilles med det statsligt udpegede NFI-område, samt hvilke forhold, der taler for eller imod dette'*.

8.1 Oversigts-, geologiske og hydrologiske temaer

Figur 7 viser dokumentationsarkets hoved, hvor det fremgår, at der er i alt 452 indtag med pesticidanalyser til rådighed indenfor OSD-områderne i Køge Kommune, og at der er lige mange indtag i områderne indenfor og udenfor NFI for alle datatyperne. Det ses især, at mediandybden for dybden til top af indtag ligger fra 10-25 m u.t.

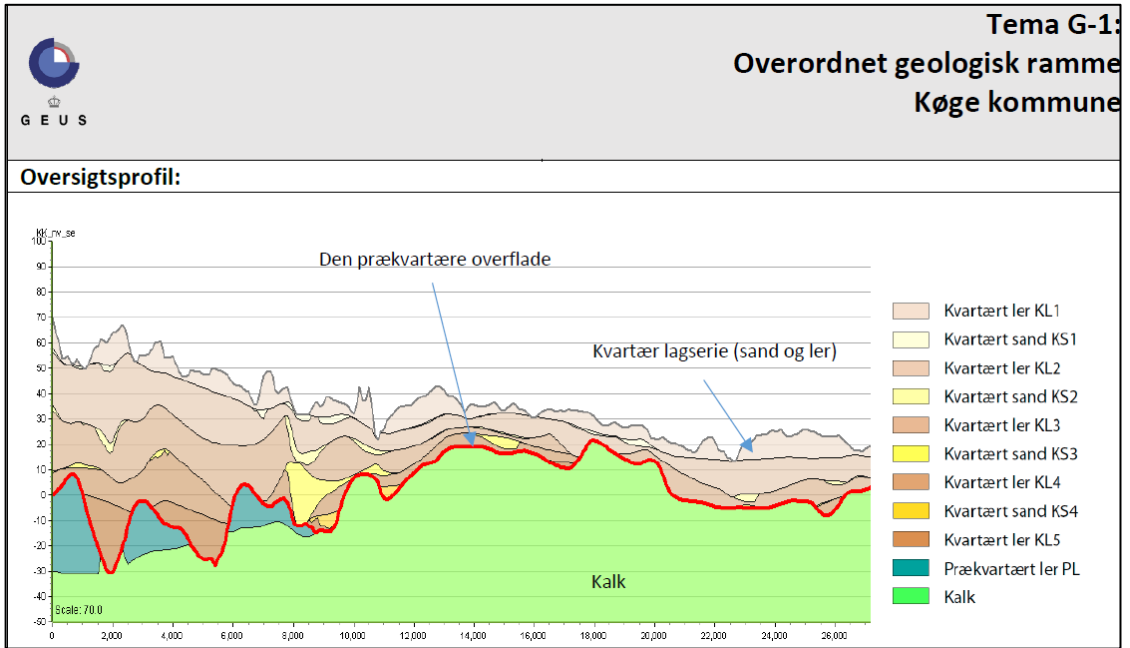
DATATYPER	NFI			Dybde u.t. til top af indtag	
	Indtag	inden for NFI	uden for NFI	Mediandybde (m)	Indtag u. dybde
fordelt på indtag					
Punktkilde:	307	171	136	11,0	1
VF:	105	38	67	18,0	0
ANDET:	25	12	13	15,8	0
GRUMO:	5	3	2	9,8	0
GKO:	10	2	8	24,0	0
indtag i alt	452	226	226		49

Figur 7. Dokumentationsarkets hoved, med nøgleoplysninger om datagrundlaget for pesticider. Opdeling på datatyper i form af antal indtag og mediandybden for de forskellige datatyper.

Figur 8 viser det udfyldte dokumentationsskema for den indledende oversigt over Køge Kommunes indvindingsforhold og geologi, samt udpegede OSD og NFI. En oversigt over geologien i området fremgår af Figur 9. Af disse temaer viste det sig efterfølgende, at tema O3 var særligt vigtigt for vurderingen af anvendeligheden af NFI som afgrænsning af pesticidfølsomme områder, se Figur 10.

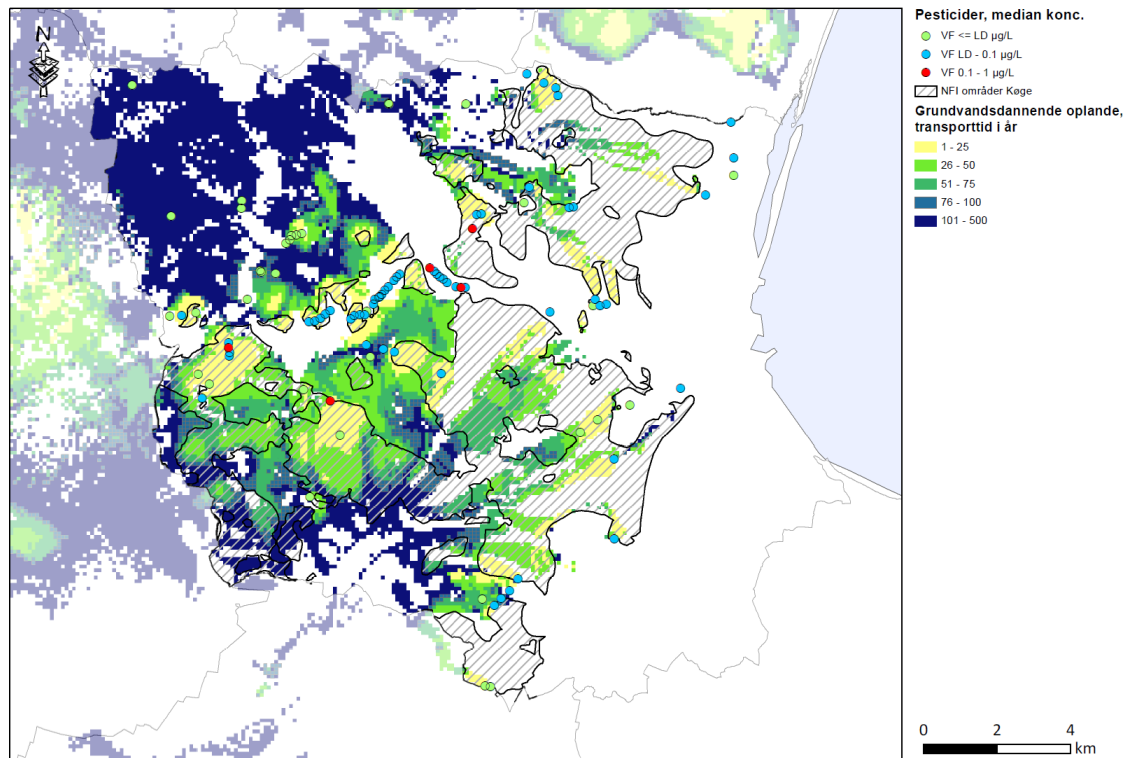
Oversigts-, geologiske og hydrologiske temaer	
Tema O-1:	NFI i Køge kommune (kort)
Kommentar:	<i>Køge kommune har NFI'er udpeget i et strøg fra vest og sydvest til øst og nordøst.</i>
Tema G-1:	Overordnet geologisk ramme
Kommentar:	<i>Den overordnede geologiske ramme i Køge kommune er skitset i dette profilsnit gennem den hydrostratigrafiske model fra DK-modellen fra NV til SØ. I store dele er kalkaflejringer beliggende terrænnært. Mod NV, hvor kalkoverfladen dykker lidt overlejres kalken dels af paleogent ler og op til 100 m tykke kvartære aflejringer. I de resterende dele af kommunen har de overlejrende kvartære lag overvejende tykkelser på 10 m til 30 m. De kvartære aflejringer er domineret af lerede aflejringer.</i>
Tema G-3:	Terræn 10 m grid
Kommentar:	<i>Længst mod NV, hvor terrænet er højest og op omkring 75 m højde, er det småkuperet, mens det ellers udgøres af en forholdsvis jævn flade beliggende omkring kote 30-40 m i den vestlige halvdel og mod øst skræner mod øst ned mod havniveau. Fladen gennemskæres af et større dalsystem og brydes mod sydvest af et syd-nord orienteret bakkestrøg</i>
Tema H-1:	Dybde til DK-modellag - Kalk
Kommentar:	<i>Dette tema viser dybden til kalkoverfladen, som det fremgår i DK-modellen. Mod NV finder man de største dybder til kalkoverfladen og derudover er der områder i den vestlige halvdel og mod syd, hvor kalkoverfladen ligger dybere end 20 m. I disse områder er der ikke udpeget NFI.</i>
Tema H-3:	Grundvandsdannelse til Kalk med indvindinger
Kommentar:	<i>Beregninger i DK-modellen når frem til, at grundvandsdannelse til kalken overvejende er lav til moderat. Områder med størst grundvandsdannelse findes både inden og uden for NFI. I områder omkring ådale og dele af kysten er der ingen eller opadrettet grundvandsstrømning. Der er mange store indvindinger, specielt i den nordlige halvdel, som påvirker grundvandsstrømningen.</i>
Tema O-2:	Indvindingsoplande med VF boringer (kort)
Kommentar:	<i>Dette tema viser indvindingsoplande hørende til vandforsyningsboringer i Køge kommune. VF er markeret med prikkerne. Der er indvindingsoplande, som dækker det meste af kommunen på nær mod sydøst og længst mod øst og de ligger både inden for og uden for NFI.</i>
Tema O-3:	Grundvandsdannende oplande med VF boringer (kort)
Kommentar:	<i>Når man ser på de grundvandsdannende oplande ligger de fleste områder med den korteste modelleret transporttid inden for NFI. Områder, hvor den modellerede transporttid er mellemlang sker grundvandsdannelsen både inden for og uden for NFI. Stort set alle områder med en lang modelleret transporttid ligger uden for NFI. Det er ikke muligt på dette grundlag at vurdere, om det vand som prøvetages i VF-indtag er infiltreret på araler inden for eller uden for NFI.</i>

Figur 8. Det udfyldte dokumentationsskema for oversigtstemaerne. De konkrete figurer fremgår af bilag 4.



Figur 9. Geologisk principskitse af geologien i Køge Kommune (NV til SØ), fagligt tema G-1. Det findes i bedre opløsning og med uddybende forklaring i bilag 4. N

O-3: Grundvandsdannende områder med VF boringer



Figur 10. Grundvandsdannelsen og vandforsyningsboringer angivet med en signatur, der viser pesticidindholdet: grøn- ingen fund, blå- fund $\leq 0,1 \mu\text{g/l}$ og rød- fund $> 0,1 \mu\text{g/l}$.

8.2 Pesticidtemaer

Temaerne P1-P12 og P31-32. Med i alt 14 faglige temaer er pesticiddata præsenteret på en lang række forskellige måder. Figur 11 viser det udfyldte dokumentationsskema for disse temaer. Her trækkes et par eksempler frem.

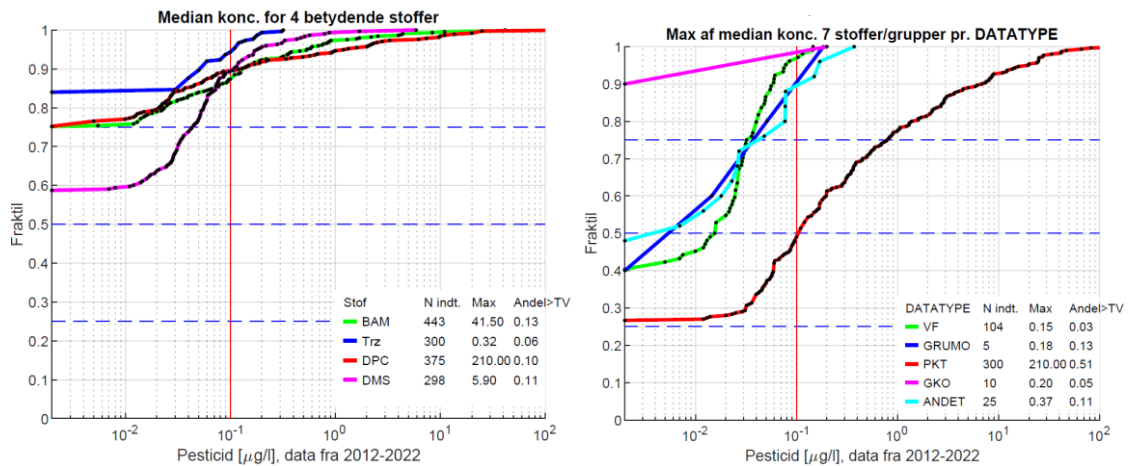
Pesticid temaer	
Tema P-1:	Datatyper i x,y (kort)
Kommentar:	<i>Vandforsyningsboringerne ligger i sær i ådale i lange rækker, med hovedparten centralt i området. De mange Punktkildetindtag ligger især i den centrale vestlige 1/5 af kommunen. Kun få andet og GRUMO indtag.</i>
Tema P-2:	Tabel for betydende pesticider/sumgrupper inden og uden for NFI, med fund og overskridelse (tabel)
Kommentar:	<i>Generelt god dækning med de betydende pesticider. Intet klart mønster VF anderledes end Punktkilde, formentlig idet VF har store oplande.</i>
Tema P-3:	Antal betydende pesticider/sumgrupper i x,y (kort)
Kommentar:	<i>Generelt god dækning med de betydende pesticider. Punktkilde og VF generelt 7 stoffer. Især GKO og andet har mindre god dækning betydende stoffer.</i>
Tema P-4:	Max median af konc. stoffer/grupper eller max konc. af alle stoffer i x,y (kort)
Kommentar:	<i>Mange fund og overskridelser i den centrale del af området. Mindst mod nordvest (forklaring følger nedenfor-formentligt gammelt vand). Overskridelser både indenfor og uden for NFI</i>
Tema P-5:	Fordelingskurver for alle pesticider (max median af konc. stoffer/grupper eller max konc. af alle stoffer) (plot)
Kommentar:	<i>Medianer af betydende forklarer hovedparten af pesticiderne. 50% overskridelser indenfor og 25 % overskridelser udenfor NFI. Betydende pesticider har alle > 5 % overskridelser og op til ca 40 % fund. 20 % fund af stofgrupperne. Punktkilde >> % fund og konc. end øvrige datatyper, hvor ca 50 % fund. GKO lav fund % med få betydende pest. Hovedpart af fund i kvartæret med ca. 75 % fund og 50 % overskridelser, men kalk dog 15 % overskridelser.</i>
Tema P-6:	Dybdeplot for alle pesticider (max median af konc. stoffer/grupper eller max konc. af alle stoffer) (plot)
Kommentar:	<i>Fund og overskridelser i alle dybder. Især i Punktkilde overskridelser ned til > 20 m.u.t viser pesticider kan trænge dybt ned ikke kun i OSD men også udenfor. Både gennem store lermægtigheder og i områder med lav grundvandsdannelse.</i>
Tema P-7:	Median konc. for desphenylchloridazon, DPC, i x,y (kort)
Kommentar:	<i>Kun få DPC fund i Punktkilde, og da høje koncentrationer. Mange fund i VF. Tabel viser ingen sammenhæng til NFI på Punktkilde og øvrige</i>
Tema P-8:	Fordelingskurver for desphenylchloridazon, DPC (plot)
Kommentar:	<i>Højeste koncentrationer i kvartæret men også ned i kalken. De højeste koncentrationer inden for NFI men også fund og overskridelser udenfor. Opdelte på datatyper ses omvendt fordeling VF og Punktkilde på indenfor /udenfor NFI</i>
Tema P-9:	Dybdeplot for desphenylchloridazon, DPC (plot)
Kommentar:	<i>samme som P-8. Der ses fund dybere end 22 m i VF uden for NFI.</i>
Tema P-10:	Median konc. for N,N-Dimethylsulfamid, DMS, i x,y (2 kort)
Kommentar:	<i>Høje fund% både inden og uden for NFI både VF og Punktkilde.</i>
Tema P-11:	Fordelingskurver for N,N-Dimethylsulfamid, DMS (plot)
Kommentar:	<i>40 % fund totalt, dog lidt højere hyppighed inden for NFI. Magasintyperne ikke meget forskellige. For alle geologier samme eller højere fundandele inden for NFI. Punktkildedatotypen næsten ens indenfor og udenfor</i>
Tema P-12:	Dybdeplot for N,N-Dimethylsulfamid, DMS (plot)
Kommentar:	<i>Dybdefordeling med fund og overskridelser ned til ca 20 m.u.t lille forskel på NFI og ikke NFI.</i>
Tema P-31:	Vandtyper i x,y (kort)
Kommentar:	<i>Vandtype C dominerer centralt i området, men også vandtype D især mod nordvest. Kun få redoxdata fra Punktkildeindtagene. Kunne være relevant at se på sammenhæng mellem redox og fundhyppigheder.</i>
Tema P-32:	Øverste redoxfront (kort)
Kommentar:	<i>Generelt højtliggende øvre redoxfront øger risiko for hurtig udvaskning til biologisk mindre aktivt miljø både i NFI og udenfor NFI. Ingen forskel på NFI og ikke NFI. Faktisk dybere udenfor.</i>

Figur 11. Det udfyldte dokumentationsskema for pesticidtemaerne. De konkrete figurer fremgår af bilag 4.

Pesticidtemaerne kan opdeles i to typer af temaer: Kort og fordelingskurver. Et oversigtskort over alle datatyperne og de fundne koncentrationer er allerede præsenteret i Figur 5 og Figur 6 i kapitel 7. Det fremgår, at der er fundet pesticidstoffer i hovedparten af indtagene, og at der er fund af pesticidstoffer både indenfor og udenfor OSD.

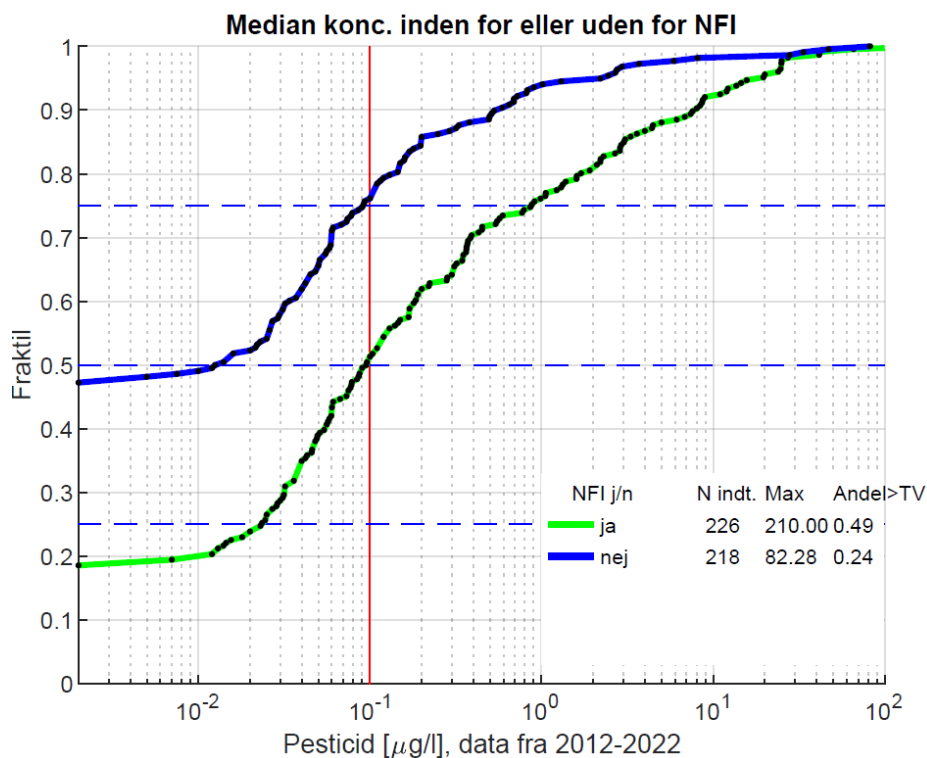
Fordelingskurverne er alle opbygget efter samme princip, x-aksen er logaritmisk fordi koncentrationerne går fra detektionsgrænseniveau ca. 0,01 µg/l til maksimumværdier omkring 250 µg/l. En rød lodret linje viser kravværdien på 0,1 µg/l. Y-aksen viser fraktilen, og her er med stiplede linjer vist 25, 50 og 75 % fraktilerne. I signaturfeltet er angivet, hvilken underopdeling af data, der er på den konkrete figur, antal indtag, der ligger til grund for hver kurve, andel over 0,01 µg/l (>TV), samt den maximale fundne værdi. Figurerne kan være underopdelt fx på datatyper eller specifikke stoffer.

Figur 12 viser et udsnit af det faglig Tema P5. Det fremgår, at alle betydende stoffer optræder i koncentrationer over kravværdien og med en mindre andel med meget høje koncentrationer. Det ses af Figur 12 til højre, at disse meget høje koncentrationer, som forventet, stammer fra punktkilder.



Figur 12. Udsnit af det faglige tema P5, se bilag 4. Til venstre fordelingskurver for de 4 betydende pesticider, til højre fordelingskurver for de forskellige datatyper.

Der er også lavet fordelingskurver, der viser, hvordan koncentrationerne fordeler sig indenfor og udenfor NFI-områderne, se Figur 13, hvor der er et udsnit af tema P5, hvor det fremgår, at pesticidstoffer optræder inden og udenfor NFI i koncentrationer over 0,1 µg/l, men at høje koncentrationer, over 0,1 µg/l, hyppigst forekommer indenfor NFI. Dette skyldes, at data udenfor NFI især er vandforsyningsboringer med lange indtag, der ligger i ådale, hvor der kan være opadrettet gradient. I bilag 4 ses de tilsvarende kurver og tendenser og så for de to hyppigst fundne enkeltstoffer DMS og DPC, hvor samme tendens kan iagttages.



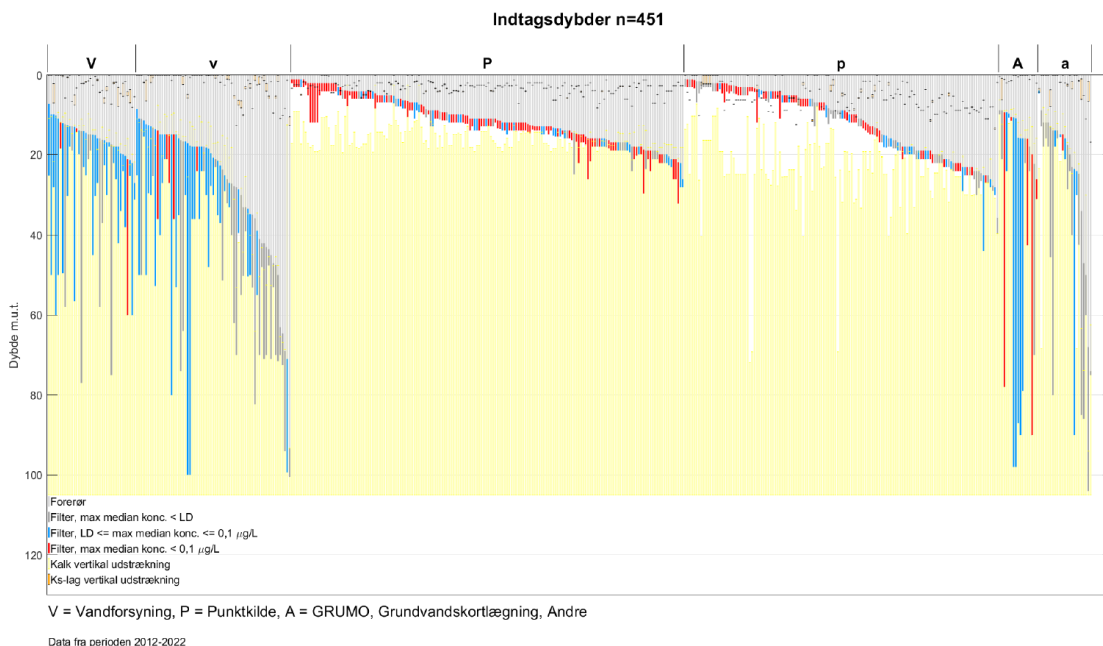
Figur 13. Udsnit af det faglige tema P5, se bilag 4. Figuren viser for alle stoffer fordelingen af koncentrationer for indtag indenfor NFI og udenfor NFI.

Figur 13 viser ved en sammenligning med Figur 12, at kurven for data inden for NFI ligner kurven for Figur 12 til højre for regionens punktkildedata. Dette hænger blandt andet sammen med at de fleste vandforsyningsboringer ligger uden for NFI, og at data fra punktkilderne udgør hovedparten af indtag inden for NFI (se også Figur 14).

Den dybdemæssige fordeling er illustreret i fordelingskurver som fx i tema P6. Figur 14 viser dybdefordelingen på indtagsniveau af pesticidstoffer i grundvandet i Køge. For hver boring er vist indtaget fra top til bund farvet med standardfarver. Grå: der er ikke påvist pesticider, blå: fund $\leq 0,1 \mu\text{g/l}$ og rød: $> 0,1 \mu\text{g/l}$. Data er opdelt så datatypen fremgår: V for vandforsyningsboringer, G for GRUMO, D for punktkilder, K for grundvandskortlægning og A for andet. Storebogstaver viser indtag indenfor NFI og små bogstaver indtag udenfor NFI. Bemærk, at indtagene i vandforsyningsboringerne er væsentligt længere end regionernes undersøgelsesboringer.

Det ses, at der både i vandforsyningsboringer og punktkildeundersøgelser er fundet pesticidstoffer i alle dybder, både indenfor og udenfor NFI. Det fremgår især, at der fra punktkildeundersøgelserne er fundet pesticidstoffer udenfor NFI i høje koncentrationer i alle dybder dvs. ned til ca. 30-40 m u.t.

P-6: Median konc. for indtagsdybde pr. datatype, inden og uden for NFI, Køge



Figur 14. Udsnit af det faglige tema P6, se bilag 4. Figuren viser den dybdemæssige fordeling af pesticider i grundvandet. De enkelte Indtag er farvet således det højest fundne pesticidstof er vist. Grå: ingen fund, Blå farver angiver fund $\leq 0,1 \mu\text{g/l}$ og rød: $> 0,1 \mu\text{g/l}$. Data er sorteret efter datatyper, og med storebogstaver er vist en given datatype indenfor NFI, med små bogstaver udenfor NFI.

Figur 14 var et af de faglige temaer, der tydeligst bidrog til forståelsen af, at der er en betydelig pesticidfølsomhed udenfor NFI. Vandforsyningsboringerne havde typisk opland både indenfor og udenfor NFI og bidrog derfor især med viden om, at der generelt er en betydelig påvirkning med pesticider i Køge Kommune. Data for punktkildeundersøgelser er hovedsageligt udtaget i korte indtag på typisk 2 m, uden indvinding, ud over den, der er knyttet til selve prøvetagningen, og kan derfor kan punktkildedata betragtes som en punktobservation af potentialet for pesticidudvaskning indenfor og udenfor NFI. De konkrete punktkilder i området vurderes også til lokalt at udgøre en risiko for pesticidpåvirkning, uanset om der er NFI eller ej.

8.3 Antropogene temaer

Temaerne A1 og A2. Figur 15 viser det udfyldte dokumentationsskema for disse temaer. Tema A1 viser arealanvendelsen opdelt på kategorierne, Landbrug (intensivt og ekstensivt), skov, natur, ferske vande, industri og tekniske anlæg, jernbane og bebygget. Det viser sig, at arealfordelingen indenfor og udenfor NFI er relativt ens, og ikke kan forklare forskelle på forekomsten af pesticider ift. zoneringsen. Hovedparten af boringerne fra såvel vandforsyninger og punktkildeundersøgelserne ligger i det åbne land. Der er kun få data fra byområder og skove. Tema A2 viser, at om end der er fundet mange punktkilder, udgør de kun en mindre

del af det samlede areal. Da mange af disse punktkilder ligger udenfor NFI, har disse undersøgelser stor betydning for den samlede forståelse af området, se afsnit 8.3.

Antropogene temaer	
Tema A-1:	Arealanvendelse (kort)
Kommentar:	<i>Der er ikke en væsentlig forskel på arealanvendelsen inden og uden for NFI. Hovedparten af pesticidmålepunkter er spredt ud over det åbne land, dernæst findes en del punkter i bebyggede områder, mens skovområder er ringe repræsenteret med målinger.</i>
Tema A-2:	Jordforurening, V1, V2 og lossepladser (kort)
Kommentar:	<i>Langt de fleste registrerede forurenede arealer med punktkilder ligger uden for NFI. Der er kun medtaget de V1/V2 arealer, som skønnes at have pesticidrelevans.</i>

Figur 15. Det udfyldte dokumentationsskema for de antropogene temaer. De konkrete figurer fremgår af bilag 4.

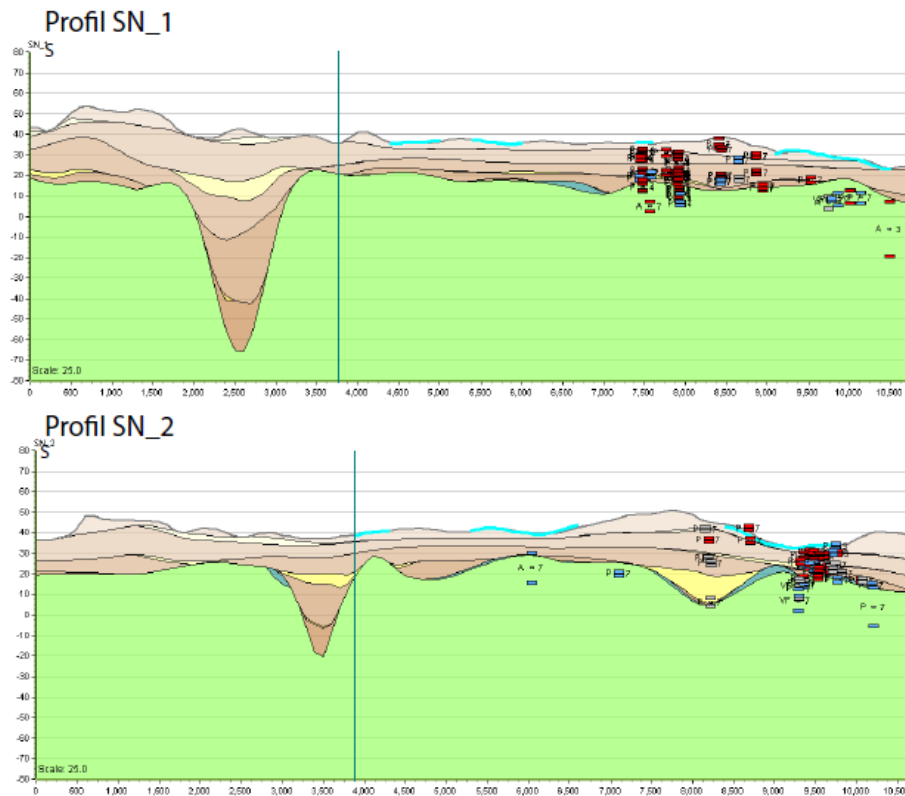
8.4 Geologiske temaer

Temaerne G2, G4 og G8. Figur 16 viser det udfyldte dokumentationsskema for disse temaer. Af særlig betydning er, som det fremgår af tema G2, at der udenfor NFI er nogle randmoræneområder, som i tilstandsvurderingen for pesticider (Thorling mfl. 2021) blev vurderet som særligt følsomme over for pesticider i sammenligning med øvrige områder med ler.

Geologiske/geofysiske temaer	
Tema G-2:	Geomorfologisk kort 1:200.000
Kommentar:	<i>Det morfologiske kort fra GEUS viser, at NFI overvejende ligger på bundmoræneflade, mens områder uden for NFI har en større variation i landskabstyper og den hyppigst forekomne sammen med bundmoræneflade er dødislandskab. Der findes nogle strøg med randmorænebakker, som overvejende ligger uden for NFI. Generelt anses områder med randmorænebakker for steder, hvor pesticider hurtigt kan sive ned til underliggende magasiner.</i>
Tema G-4:	Jordartskort 1:25.000
Kommentar:	<i>Moræneler er den klart dominerende jordart.</i>
Tema G-8:	Hydrostratigrafiske profiler med max median konc., datatyper og antal betydende pesticider
Kommentar:	<i>DK-modellens hydrostratigrafiske lag er lagt ind i Geoscene3D sammen med pesticidmålinger og oplysninger om NFI. Der tegnes V-Ø og N-S gående tværsnit. Der observeres fund og overskridelser i hovedparten af alle indtag, som er placeret i de kvartære lag i de øverste 30 m, hvis der er analyseret for mere end 3 af de betydende stoffer/grupper. Det er stort set kun i indtag i kalk overlejret af tykke kvartære lag, hvor der ikke er fund af pesticider, hvis der er analyseret for hovedparten af de betydende stoffer/grupper. Der ses ikke forskel på om indtag er inden for eller uden for NFI.</i>

Figur 16. Det udfyldte dokumentationsskema for de geologiske/geofysiske temaer. De konkrete figurer fremgår af bilag 4.

Figur 17 viser et udsnit af det faglige tema G8, hvor der er lavet et antal geologiske tværsnit gennem området, se bilag 4. Det fremgår af figuren, at der er fundet pesticidstoffer ned gennem de lerede dæklag, der ikke forhindrer strømning af stofferne ned til det underliggende kalkmagasin. Med blå markering på terrænen er vist områder indenfor NFI. Det fremgår tydeligt, at pesticiderne passerer gennem de godt 20 m lerede dæklag til den underliggende kalk i områder udenfor NFI. Det faglige tema G8, er således også et afgørende tema for systemforståelsen.



Figur 17. Udsnit af det faglige tema G8, se bilag 4. Figuren viser et geologisk tværsnit og den dybdemæssige fordeling af pesticider i grundvandet: Grå- ingen fund, blå- fund $\leq 0,1\mu\text{g/l}$ og rød- fund $> 0,1 \mu\text{g/l}$. Ved terræn er der en lyseblå linje der angiver beliggenheden af NFI.

8.5 Hydrologiske temaer

Temaerne H4 og H6. Figur 18 viser det udfyldte dokumentationsskema for disse temaer. Det fremgik tydeligt af tema H6, at udpegningen af NFI var knyttet til lertykkelsen over kalk.

Hydrologiske temaer (fra DK-model2019)	
Tema H-4:	Dybde til grundvandsspejl
Kommentar:	Grundvandsspejlet, modelleret i DK-modellen, er overvejende beliggende mindre end 5 m u.t. Hvor der er dybere til grundvandsspejlet er overvejende under højereliggende dele af terrænet.
Tema H-6:	Akkumuleret lertykkelse over Kalk
Kommentar:	Der er en meget tydelig sammenhæng mellem den akkumulerede lertykkelse over kalk og NFI, i der ikke er områder inden for NFI, hvor der er akkumulerede lertykkelser over 20 m (j.f.metoden til udpegning af NFI).

Figur 18. Det udfyldte dokumentationsskema for de hydrologiske temaer. De konkrete figurer fremgår af bilag 4.

9. Konklusion

Projektets resultater viser, at der er en påvirkning med pesticider i grundvand, der stammer fra såvel områder indenfor som udenfor NFI. GEUS vurderer derfor, at brugen af NFI alene er en utilstrækkelig metode til udpegning af pesticidfølsomme områder. Der er som ventet fundet pesticidstoffer i grundvandet indenfor NFI og i grundvand dannet indenfor NFI. Projektet viser, at pesticidstoffer registreres i betydelig dybde, ned til 30-40 meter, både indenfor og udenfor NFI. Specielt ses det, at pesticidstoffer kan strømme igennem lerdæklagene og ned i den underliggende kalk i områder udenfor NFI. Det skal bemærkes, at pesticidfølsomheden alene er vurderet ud fra, om der er påvist pesticider, og ikke ud fra de konkrete koncentrationer.

De grundvandsdannende områder ligger både indenfor og udenfor de statsligt udpegede NFI, således som beskrevet i kapitel 1.3. Hvor der er grundvandsdannende områder, kan persistente pesticidstoffer føres med vandstrømmen ned i de underliggende grundvandsmagasiner.

For områder svarende til Køge Kommune, kan det konkluderes, at vandforsyningsdata alene ikke er egnede til at vurdere, om NFI repræsenterer de områder, hvor der udvaskes pesticidstoffer, da vandet, der måles på, er infiltreret både indenfor og udenfor NFI. Detektion af pesticidstoffer i dette vand giver derfor udelukkende information om, hvorvidt grundvandet i området generelt er påvirket med pesticider. Konkret i Køge Kommune er de fleste indvindingsboringer påvirkede af pesticidstoffer, om end kun et mindre antal indvindingsboringer har indhold over drikkevandskvalitetskravet på 0,1 µg/l.

Regionernes data er egnede til at vise, at der udvaskes pesticider udenfor NFI, og i mange tilfælde vil de fundne koncentrationer være højere end fra anvendelsen i fx landbruget, lige som det kan være andre stoffer, der optræder (Roost mfl.,2022). Regionernes data har været særligt nyttige til at vise, at pesticiderne transporteres gennem lerdæklagene og det øvre grundvand ned til de dybereliggende magasiner.

Vurderingen af grundvandets følsomhed over for pesticidstoffer er baseret på grundvandsystemets hydrogeologi, med udgangspunkt i, hvor der i dag kan påvises en pesticidpåvirkning. Der er ikke taget højde for, at det i fremtiden kan forventes, at persistente og mobile pesticider kan have bredt sig yderligere i grundvandsmagasinerne.

Udgangspunktet for at vurdere den fremtidige risiko for en pesticidpåvirkning af grundvandet i Køge Kommune er dels knyttet til påvirkning fra den fremtidige tilsigtede anvendelse af godkendte produkter dels knyttet til risikoen for fremtidig påvirkning fra punktkilder.

Den fremtidige anvendelse af pesticider vurderes generelt at medføre en betydeligt mindre risiko, set i forhold til før implementering af den restriktive pesticidgodkendelse omkring år 2000. Som det fremgår af kapitel 4 og bilag 6, er det dog sandsynligt, at der også i fremtiden kan være en risiko for, udvaskning af persistente og mobile pesticidstoffer fra godkendte plantebeskyttelsesmidler og biocidprodukter. Det er ikke muligt at kvantificere denne risiko indenfor dette projekt.

10. anbefalinger

10.1 Brugen af NFI til indsatser og tiltag i Køge Kommune

Det anbefales, at NFI ikke anvendes alene som det afgørende kortgrundlag til at afgrænse områder med risiko for pesticidpåvirkning i fremtiden, da det med tydelighed er demonstreret i dette projekt, at dæklagene over kalken også er gennemtrængelige for pesticidstoffer udenfor NFI.

Indenfor Køge Kommune kunne det være interessant at arbejde videre med den konkrete udbredelse af pesticider i grundvandet, og dermed potentialet for fremtidig pesticidpåvirkning, ved at inddrage resultaterne fra den hydrologiske model. Det antydes af fagligt tema O3 (grundvandsdannende oplande til indvindingsboringer), at der kan være en sammenhæng mellem pesticidfølsomhed og grundvandets opholdstid og dermed grundvandets aldersfordeling. Dette skal forstås således, at grundvand, der har en alder, hvor pesticider endnu ikke er nået frem, i fremtiden kan risikere at blive påvirket med pesticider. I den sammenhæng kan det være væsentligt at vurdere, hvilke områder, giver det største bidrag i forhold til den samlede masse af pesticider, der påvirker indvindingen.

Det er ikke muligt at sige konkret hvilke pesticider, der vil kunne give udfordringer i fremtiden, men det vil være interessant at arbejde med en fremskrivning af konsekvensen af den nuværende påvirkning. Dette afhænger i høj grad af de stofspecifikke egenskaber. Enkelte pesticidstoffer bevæger sig som en puls fra det tidspunkt, hvor de blev anvendt, og igennem grundvandet, med nogenlunde samme hastighed som vandet. Mange pesticidstoffer bevæger sig dog langsommere end grundvandet på grund af sorption. Nogle pesticidstoffer nedbrydes langsomt og vil efter årtier været nået ned på koncentrationer under detektionsgrænsen. Andre pesticidstoffer frigives over årtier fra moderstoffer, der er bundet hårdt til overjorden, og der vil derfor ikke være tale om en egentlig puls, men alene, at fronten af denne påvirkning afhænger af grundvandets alder.

10.2 Muligheder for at opskalere projektets konklusioner.

På baggrunden af nærværende projekt vil arbejdsgruppen vurdere om og i givet fald, hvad der vil være relevant at arbejde videre med for at kunne målrette indsatsen for grundvandsbeskyttelse. Projektets resultater og det videre arbejde bør specielt ses i relation til Miljøstyrelsens igangværende projekt, 'Analyse af pesticidforureninger', der gennemføres i et samarbejde med GEUS og DTU, hvor det skal forsøges at forfine den konceptuelle model for pesticider jf. Figur 4.

Der er behov for at arbejde videre med sammenligningen af grundvandets følsomhed overfor nitrat og pesticider, for at præcisere forskellene på stoffernes transport og nedbrydelighed i grundvand. I dette projekt har vi fokuseret på at beskrive baggrunden for, at NFI er brugt til også at beskytte grundvandet mod pesticider, og lave de første sammenstillinger af nitrat og

pesticidfølsomhed. Da forståelsen af pesticidfølsomhed imidlertid ikke er så moden som forståelsen af nitratfølsomheden, er der behov for at arbejde videre med dette.

Der er behov for at gennemføre et lignende projekt under andre geologiske forhold, fx i Jylland og på Fyn, for at se, om der også i andre områder kan ses en væsentlig følsomhed over for pesticidstoffer udenfor NFI. Det er i denne sammenhæng usikkert om NFI-områderne er udpeget efter helt de samme kriterier i de forskellige dele af Danmark, da grundvandskortlægningen og udpegning af bl.a. NFI har fundet sted over en lang periode siden 2000, og der i samme periode er sket en væsentlig vidensopbygning i samme periode.

Den umiddelbare forventning er, at den generelle konklusion om, at nitratfølsomhed og pesticidfølsomhed er væsentligt forskellige, kan fastholdes.

Det anbefales, at regionerne prioriterer områder med væsentlig grundvandsdannelse til eksisterende vandforsyninger højt i kortlægningen af pesticidpunktkilder.

11. Litteratur

Hansen, B. og Thorling, L., 2018: Kemisk grundvandskortlægning. Geo-vejledning 2018/2. http://www.geovejledning.dk/2018_2/

Hansen, B. Sonnenborg, T.O., Møller, I., Bernth, J.D., Høyer, A., Rasmussen, P., Sandersen, P.B.E., Jørgensen, F., 2016: Nitrate vulnerability assessment of aquifers. Environ. Earth Science vol. 75, 999. DOI 10.1007/s12665-016-5767-2

Højberg, A.H., Stisen, S., Olsen, M., Troldborg, L., Uglebjerg, T.B. & Jørgensen, L.F., 2015. DK-model2014 - Model opdatering og kalibrering. GEUS- rapport 2015/8, København.

Jakobsen, P.R. , 2013: Morfologisk kort over Sjælland, øerne og Bornholm/Fyn.

Sandersen, P.B.E., Jørgensen, F., Kallesøe, A.J. & Møller, I., 2018: Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering. Geo-vejledning 2018/1. GEUS Særudgivelse.

Miljøstyrelsen, 2000: Vejledning fra miljøstyrelsen nr. 3, 2000. Zonering, Detailkortlægning af arealer til beskyttelse af grundvandsressourcen. <https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2000/87-7944-132-7/pdf/87-7944-133-5.pdf>

Miljøstyrelsen, 2018: Grundvandskortlægning i Køge Kommune. rapport, oktober 2018.

Naturstyrelsen, 2014: Nitratsårbarhed og afgrænsning af NFI og IO. Rapport , maj 2014.

Naturstyrelsen, 2015: Indsatsområder inden for sprøjtemiddelfølsomme indvindingsområder, feb. 2015.

Roost, S., Tsitonaki K., Nielsen, A.K., Bjerg, P.L., Mosthaf, K., Fjordbøge, A.S., Johnsen A.R. & Thorling, L., 2022: Skelnen mellem pesticidkilder. Miljøprojekt 2200 fra Miljøstyrelsen. [link til rapport](#)

Thorling, L. og Hansen, M., 2018: Datakilder, der kan anvendes ved vurdering af grundvandet tilstand for nitrat. Notat: 23. marts. 2018. rev. 8. maj 2018. Leverance 1. (Findes som bilag i Thorling mfl. 2021).

Thorling, L., Nilsson, B., Møller, I., Troldborg, L. og Sandersen, P., (2020): Metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden fsva. Nitrat". Slutrapportering". GEUS-rapport 2020/4. [link til rapport](#)

Thorling, L., Nilsson, B., Møller, I., Bollmann, U.E., Johnsen, A.R., og Troldborg, L., 2021: Udvikling af metode og gennemførelse af vurderinger for de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for pesticider. GEUS-rapport 2021/15. [rapport link](#), og [bilag link](#)

Thorling, L., Ditlefsen, C., Ernstsén, V., Hansen, B., Johnsen, A.R., & Troldborg, L. 2021: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2019. Teknisk rapport, GEUS 2021a. [link til rapport](#)

Thorling, L., Albers, C.N., Hansen, B., Johnsen, A.R., Kazmierczak, J., Mortensen, M.H. & Troldborg, L., 2023: Grundvand. Status og udvikling 1989–2021. Teknisk rapport, GEUS 2023.

Vigtige Links:

GRUMO: <https://www.geus.dk/vandressourcer/overvaagningsprogrammer/grundvandsovervaagning/>

VAP: <http://pesticidvarsling.dk/>

Vandplanerne: <https://mst.dk/natur-vand/vandmiljoe/vandomraadeplaner/>

Adgang til data i Jupiter: geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-bo-ringsdatabase-jupiter/adgang-til-data/

KUPA, Koncept for udpegning af pesticidfølsomme arealer: <https://www.kupa.dk>

Bilag

Bilag 1. Beskrivelse af dataudtræk for pesticidstoffer, NFI-Køge.

Bilag 2: Dataforberedelse og aggregering af pesticidstoffer.

Bilag 3. Datakildenotatet.

Bilag 4. Faglige temaer workshop 20.juli 2022.

Bilag 5. Dokumentationsark workshop 20.juli 2022.

Bilag 6. Notat om begrebet pesticidfølsomhed

Bilag 1. Beskrivelse af dataudtræk for pesticidstoffer, NFI-Køge

Formål

Der skal til brug for Vurderingen af pesticidsårbarheden inden og uden for FNI i Køge produceres et datasæt for pesticider fra området sammen med relevante metadata. Dette består af:

1. Rådata for pesticider
2. Opdeling af indtag efter datatyper.
3. Tilknytning af relevante metadata på indtagsniveau som redoxvandtype, indtagsdybder osv.

Afgrænsning af data og metadata er fastlagt nedenfor.

1. Rådata for pesticider stoffer

Datatyper fastlægges som til vandplan 3, jf. datakildenotatet.

Søgekriterier:

- Pesticider omfatter alle stoffer i stofgruppe 50, pesticider i Jupiter.
- Periode: årene 2012-ff, begge inklusive.
- Geografisk afgrænsning til Køge kommune. Sorteres på kommune knyttet til alle boringer.
- Attribut ud for mængde må ikke være "!", "A", ">" eller "0".
- Analysens kvalitetssikringsfelt må ikke være 4, 5, 6, 8, 12, 13,14 eller 15 (betyder "afvist").
- Prøvens status skal være blank, 2, 4, 6, 8, 10 eller 14 (betyder "godkendt").
- Hvis et givet indtag er ombygget i perioden, skal der kun anvendes data for den del af perioden der ligger efter ombygningen. Dette kan identificeres, hvis der er indtag med forskellig indtag top bund men med samme boringsindtags-nr., brug start/slut data på filteret).
- Hvis boringen er en brønd, forkastes data, genbrug algoritme fra vandplanerne.
- Dubletter forkastes (analyser samme prøveID, og samme resultat for alle parametre).

Der skal der udtrækkes og evt. sorteres på disse felter:

- Anlæg
 - Anlægstype (hedder det virksomhedstype?- anvendes til at identificere VV)
- Boring
 - BORID
 - DGU nr.
 - Boringsdybde
 - X-UTM32EUREF89
 - Y-UTM32EUREF89
 - Terrænkote (z-koordinat)
 - BOR_FORMAAL (gerne lang tekst)
 - BOR_ANVENDELSE
 - Kommune

- Indtag
 - Grundvandsforekomst
 - Magasin
 - Indtags nr.
 - GRUMO nr. (8 cifret)
 - Indtagsbund (m u.t.)
 - Indtagstop (m u.t.)
 - Anvendelse
 - Bjergart (kalk, ler, sand osv) Gerne som det er i GRUMO udtrækket
- Prøve
 - Dataejer
 - Projekt
 - PrøveID
 - Prøveår
 - Prøve dato
 - Attribut (kolonne overskrift –'att-stofkode')
 - Mængde (kolonne overskrift –'stofkode-navn')

Format på udtrækket

- Filnavnet skal indeholde denne tekst: Pesticider-koge-raadata-dato
- Dokumenttype: Excel
- Alle tomme felter skal være tomme og ikke udfyldt med fx "--"
- Bedst hvis alle stoffer fra samme prøve er i samme række som i GRUMO-udtrækket.
- Alle resultater under detektionsgrænsen angives med negative værdier for detektionsgrænsen

2. Datatyper på indtagniveau.

Alle indtag skal tilskrives én datatype. Dette skal gøres efter de samme principper som i GRUMO- udtrækket 2022, snak BPJ. Vi har behov for at det er på indtagniveau til dette projekt. Derudover vil vi gerne skelne mellem regionens data og andre depotdata, idet regionen er med i projektet. Vi ønsker også indtag der kun er anvendt til gebyrkortlægning identificeret, da de som oftest vil have høje kvalitet. Dette betyder ift. GRUMO -udtrækket at vi underopdeler depot -kategorien og andet-kategorien.

Der laves en "koblingslisterliste", hvor alle indtag med analyser er tildelt en datatype.

- Indtaget anses for at være "VF" (Vandforsyningsboring), hvis
 - Indvindingsanlæggets virksomhedstype i perioden 2013-2019 var "V01", "V02" eller "M42"
 - Og boringens anvendelse (sekundært formål) i perioden 2012-2021 var "V" eller "VV".
- Ellers er indtaget "GRUMO", når der er et tilknyttet GRUMO-nummer.
- Ellers er indtaget "DEPOT", hvis mindst en prøves projekt indikerer dette eller hvis dataejer er Region. Der skelnes mellem Depot (regionsdata= region er dataejer) og Depot (øvrige).
- Ellers er indtaget "Grundvandskortlægning", hvis prøveformål kun er GEBKOR.
- Ellers er indtaget som værende af datatypen "ANDET".

Denne opdeling kræver at der søges på disse niveauer:

- Anlæg

- Anlægstype
- Boring
 - Formål
 - GRUMO nr.
 - Anvendelse
- Prøve
 - Projekt
 - Dataejer

3. Redoxvandtyper på indtagsniveau.

På indtagsniveau beregnes redoxvandtype for hvert indtag, efter samme principper som til vandplanerne.

3.1 Etablering af datasæt

Der leveres en datafil med dette indhold:

Periode: 2000-2021

Kolonner i udtrækket, hvor hver række repræsenterer eet indtag:

- BORID
- DGU nr.
- X-UTM32EUREF89
- Y-UTM32EUREF89
- Indtag nr.
- Prøvedato (for seneste analyse med sammenhørende værdier for nitrat, sulfat, ilt og jern)
- Nitrat (seneste værdi)
- Sulfat (seneste værdi)
- Jern (seneste værdi)
- Ilt (seneste værdi)
- Nitrat (middelværdi i perioden)
- Sulfat (middelværdi i perioden)
- Jern (middelværdi i perioden)
- Ilt (middelværdi i perioden)
- Redoxvandtype, Beregnet værdi baseret på seneste værdi med sammenhørende værdier: se næste afsnit. Samme algoritme som i vandplan 3.

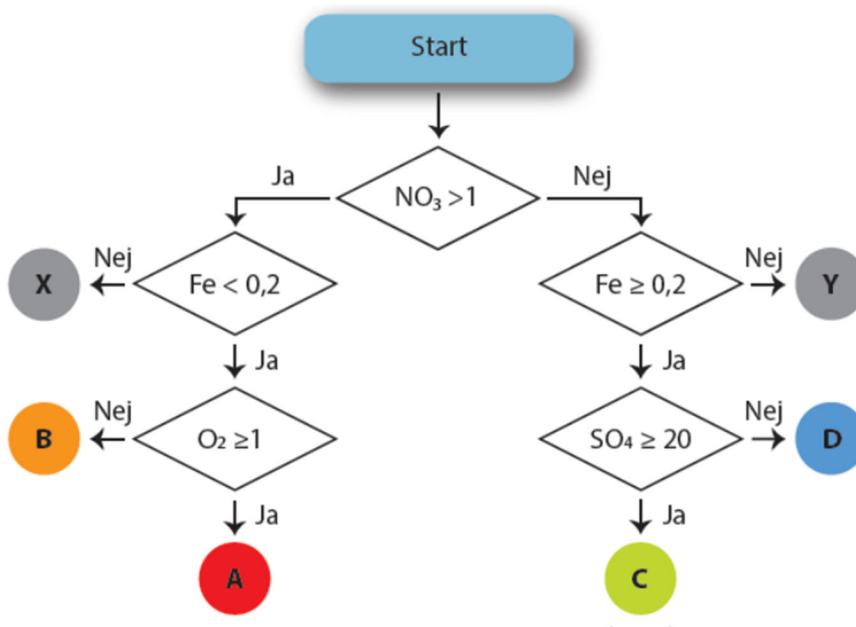
Andre forhold

- Attribut ud for mængde må ikke være "!", "A", ">" eller "0".
- Analysens kvalitetssikringsfelt må ikke være 4, 5, 6, 8, 12, 13,14 eller 15 (betyder "afvist").
- Prøvens status skal være blank, 2, 4, 6, 8, 10 eller 14 (betyder "godkendt").
- Hvis et givet indtag er ombygget i perioden, skal der kun anvendes data for den del af perioden der ligger efter ombygningen. Dette kan identificeres, hvis der er indtag med forskellig indtag top bund men med samme boringsindtags-nr., brug start/slut data på filteret).
- Hvis boringen er en brønd, forkastes data, genbrug algoritme VP3.
- Dubletter forkastes (analyser samme prøveID, og resultat for alle parametre).

3.2 Beregninger redoxvandtyper

Redoxvandtyper beregnes efter algoritmen i figur 1.

Redoxvandtypen beregnes på basis af seneste analyse med samtidige værdier for nitrat, ilt, jern og sulfat. Hvis dette ikke er muligt beregnes det på basis af gennemsnitskoncentrationen for perioden 2000-2021.



Figur 1. Algoritme for beregning af redoxvandtyper (Hansen og Thorling, Geovejledning 6, 2018).

Bilag 2. Dataforberedelse og aggregering af pesticidstoffer Køge.

Data-preparation documentation

24/6-2022/DV

This document presents the data-processing for the project NFI-Pest (Køge municipality).

Input data (all original files were .xlsx and were converted to csv to be imported in R):

- “Pesticider-koge-raadata-10052022.csv” (downloaded from Jupiter by CTT) – includes all samples analyzed for any pesticide for all well-intakes in Køge municipality in the past 10 years (2012-2022, incl. both years); includes a lot of different meta-data for the wells, intakes, and samples.
- “Pesticider-koge-datatyper-10052022.csv” (downloaded from Jupiter, CTT) – includes for each well-screen (n=461) the type of well (DATATYPE), e.g. "VF", "GRUMO", "ANDET", "DEPOT", "Grundvandskortlægning";
- “wells_koge_NFI.csv” – prepared in QGIS, where all wells from Køge municipality (n=445, Figure 1) were classified based on their location (inside/outside NFI area and inside/outside NFI+100m)

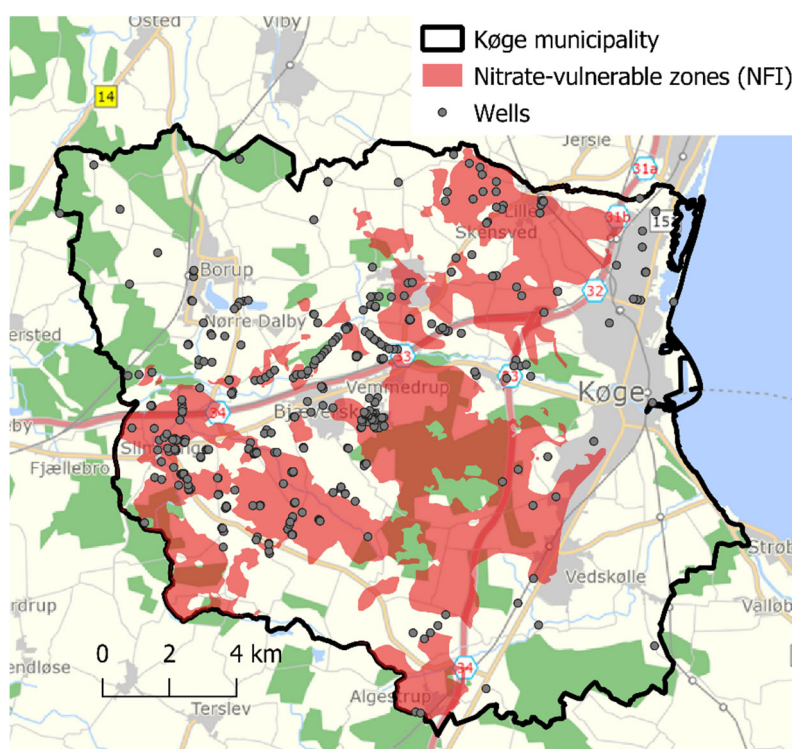


Figure 1 Location of the wells included in the input data (points) and the extend of the nitrate-vulnerable zones (NFI areas) (red transparent polygons); the background map is Natur of Friluftskort from Kortforsyningen

Data-processing

The datatype and NFI tables were joined to the pesticides data by BORID and INDTAGSNR.

Data-cleaning steps:

1. Select only the relevant variables (columns): BORID, DGUNR, INDTAGSNR, INDTAG_BUND, INDTAG_TOP, BORINGSDYBDE, XUTM32EUREF89, YUTM32EUREF89, TERRAENKOTE, DATATYPE, GVFOREKOM, INDTAGSLITHOLOGI, STOFKODE, STOFNAVN, PROEVEID, PROEVE_AAR, PROEVEDATO, ATTRIBUT, MAENGDE, BRØND, UDELADES_GRUNDET_OMBYG_D, NFI, NFI_100m, ANLAEGID, ANLAEGSNAVN, VIRKSOMHEDSTYPE. The content of each column is provided in relation to the output files (see Table 1).
2. Exclude samples taken before the new intake was made (removes all samples with a date in the field UDELADES_GRUNDET_OMBYG_D)
3. There were no wells marked as “brønd”, so excluding them was not relevant.
4. Zero and negative concentrations ($MAENGDE \leq 0$) were excluded, as these are reporting errors. There were 28 such samples analysed for captan (n=28), parathion (n=9), dinoseb (n=1), chlorthiamid (n=9).
5. All units were in $\mu\text{g/l}$, so no action was needed.
6. The ATTRIBUTE field had either “ ” of “<” values, so no action was needed.
7. **Samples below the limit of detection (< LOD) with LOD > 0.05 $\mu\text{g/l}$ were to be excluded from the dataset, except for formaldehyde.** In total there were 1673 analyses with LOD > 0.05 $\mu\text{g/l}$, from which 164 were for formaldehyde, so in total 1509 analyses <LOD with LOD > 0.05 $\mu\text{g/l}$ were excluded from the dataset. There were few samples with very high LODs for formaldehyde, e.g. LOD = 10 $\mu\text{g/l}$ (n=150), LOD = 25 $\mu\text{g/l}$ (n=2), LOD = 100 $\mu\text{g/l}$ (n=1). These were kept in the dataset.
8. **Substitution with 0 was used for all analyses below LOD (ATTRIBUT = “<”).** A new field is added to the table (“substitute”), equal to the MAENGDE field when ATTRIBUT is empty (“ ”), if the ATTRIBUT = “<”, then the substitute field was equal to 0. “substitute” field was used for the aggregation (see further).
9. **All pesticides (parameters, STOFKODE) which were analyzed only at one well-screen were excluded from the dataset.** This was done to avoid noise from a single well screened for many old parent compounds. Initially there were 626 different pesticides included in the dataset (based on STOFKODE), after this step 367 were left in the dataset. Thus, 259 pesticides were only analyzed at one well in the period, so all their analyses were excluded from the dataset.

With this the data-cleaning step was completed. The “clean” dataset was exported from R and saved in the file: “**clean_data_analyses_367pest_20220524.xlsx**”. The table includes 79295 analyses (1079 unique samples based on PROEVEID) for 367 compounds. The samples belong to 461 well screens (445 wells).

Table 1 Content of the clean dataset (“**clean_data_analyses_367pest_20220524.xlsx**”)

Column name	Explanation
BORID	Identification number of the wells (numeric) – used for processing
DGUNR	Identification number of the wells (text) – can be used as a label and for search online in Jupiter
INDTAGSNR	Identification number of the well-screen. It is used together with BORID for identifying individual well-screens.
INDTAG_BUND	Depth to bottom of well-screen (in meters below ground surface)
INDTAG_TOP	Depth to top of well-screen (in meters below ground surface)
BORINGSDYBDE	Depth of well, drilling depth (in meters below ground surface)
XUTM32EUREF89	X coordinate in UTM 32 EUREF 89 projection
YUTM32EUREF89	Y coordinate in UTM 32 EUREF 89 projection
TERRAENKOTE	Elevation (in m from sea level)
DATATYPE	Well-screen type, includes the following categories: "VF", "GRUMO", "ANDET", "DEPOT", "Grundvandskortlægning"

Column name	Explanation
GVFOREKOM	Groundwater body (DK-model), note that the link between wells and groundwater bodies was not updated for this project, so some of the new wells may not be linked.
INDTAGSLITHOLOGI	Dominating lithology within the screen depth. Text field.
STOFKODE	Identification number for the chemical compounds, here pesticides. Stan codes are used
STOFNAVN	Name of the chemical compound (in Danish)
PROVEID	Identification number for a sample
PROVE_AAR	Sampling year
PROVEDATO	Sampling date
ATTRIBUT	Attribute field, has the values " " (empty) and "<" (text format)
MAENGDE	Concentration; if ATTRIBUT is empty – it is the detected concentration, if ATTRIBUT is "<" it is the limit of detection
NFI	Indication if the well is within NFI area. If it is in the NFI area it has value 1, if it is outside the NFI area it has the value 0 (1/0 : true/false)
NFI_100m	Indication if the well is within 100 m of NFI area (or in NFI area). Similar to NFI (1/0 : true/false); some wells are very close to the NFI area, but not at the polygon border, so 100 m buffer was used.
ANLAEGID	Identification number of the waterworks (or other water production facility)
ANLAEGSNAVN	Name of the water production facility
VIRKSOMHEDSTYPE	Type of company/production facility
substitute	Field to be used in the aggregation at intake level. It is equal to MAENGDE when ATTRIBUT is empty and equal to 0 when ATTRIBUT is "<"

Aggregated dataset for GIS themes

The aggregation is based on **median of the “substitute”** field from Table 1 over the study period. This results in one representative concentration for each parameter and each well-screen. For the three sum-parameters (Table 2), the sum was calculated based on the sample number (PROVEID) after which the median for each well-screen was calculated.

The dataset for the GIS themes does not include all 367 compounds, but only the five significant ones that had the highest percentage of well screens with a detection. In addition, three more parameters were added to the dataset, which represent the sum of detected compounds from a specific class pesticides. See more details in Table 2 - Table 5.

*Table 2 The significant pesticides included in the aggregated dataset; * these numbers were given as part of this project, they are not official STAN codes; total – the number of well-screens analysed for a specific compounds; det. – detected (ATTRIBUT = “ ”), exc. – exceeding 0.1 µg/l*

STOFKODE	STOFNAVN	Well-screens (intakes)				
		Total (n)	Det. (n)	Exc. (n)	Det. (%)	Exc. (%)
1655	N,N-Dimethylsulfamid (DMS)	298	127	34	42.62	11.41
839	Dinoterb	196	75	34	38.27	17.35
1448	Desphenyl chloridazon	375	99	42	26.4	11.2
438	2,6-Dichlorbenzamid	446	116	59	26.01	13.23
748	1,2,4-Triazol	300	50	17	16.67	5.67
9991*	Sum phenoxyalcanoic acids	447	92	66	20.58	14.77
9992*	Sum triazines	446	58	27	13	6.05

STOFKODE	STOFNAVN	Well-screens (intakes)				
		Total (n)	Det. (n)	Exc. (n)	Det. (%)	Exc. (%)
9993*	Sum dimethachlor/metabolites	274	52	27	18.98	9.85

Table 3 Sum of phenoxyacetic acids includes the following compounds that had been analysed at more than one well-screen; total – the number of well-screens analysed for a specific compounds; det. – detected (ATTRIBUT = “”), exc. – exceeding 0.1 µg/l

STOFKODE	STOFNAVN	Well-screens (intakes)				
		Total (n)	Det. (n)	Exc. (n)	Det. (%)	Exc. (%)
88	4-CPP	446	60	48	13.45	10.76
89	2-CPP	91	24	9	26.37	9.89
90	2CPA, 2-Chlorphenoxy-eddikesyre	9	0	0	0	0
91	2C6MPP	232	7	4	3.02	1.72
551	2-(2,6-dichlorphenoxy)propionsyre	352	20	10	5.68	2.84
552	2,4,5-T	208	0	0	0	0
841	Dichlorprop	447	50	34	11.19	7.61
842	MCPA	444	27	13	6.08	2.93
843	Mechlorprop	447	67	45	14.99	10.07
919	4-CPA	10	0	0	0	0
920	2,6-DCPA	176	0	0	0	0
1168	2,4-D	419	4	1	0.95	0.24

Table 4 Sum of triazines includes the following compounds that had been analysed at more than one well-screen; total – the number of well-screens analysed for a specific compounds; det. – detected (ATTRIBUT = “”), exc. – exceeding 0.1 µg/l

STOFKODE	STOFNAVN	Well-screens (intakes)				
		Total (n)	Det. (n)	Exc. (n)	Det. (%)	Exc. (%)
97	DEIA	349	10	3	2.87	0.86
98	Terbuthylazin-desethyl	444	11	6	2.48	1.35
128	Simazin, hydroxy	347	5	2	1.44	0.58
590	Atrazin, desethyl-	446	13	5	2.91	1.12
591	Atrazin, desisopropyl-	446	27	7	6.05	1.57
592	Atrazin, hydroxy-	444	30	6	6.76	1.35
622	Cyanazin	200	0	0	0	0
718	Prometryn	236	0	0	0	0
722	Propazin	177	0	0	0	0
734	Terbuthylazin	354	6	4	1.69	1.13
735	Terbutryn	177	0	0	0	0
830	Terbuthylazin, hydroxy-	250	0	0	0	0
846	Atrazin	446	19	9	4.26	2.02
847	Simazin	446	20	10	4.48	2.24
1238	Desethyl-hydroxyatrazin	348	4	1	1.15	0.29
1239	Deisopropyl-hydroxyatrazin	348	2	0	0.57	0
1240	Didealkyl-hydroxyatrazin	349	4	1	1.15	0.29
1485	2-Hydroxy-desethyl-terbuthylazin	206	0	0	0	0
1908	Cyromazin	195	0	0	0	0
2076	Hydroxypropazin	177	0	0	0	0

Table 5 Sum of dimethachlor and its metabolites includes the following compounds that had been analyzed at more than one well-screen; total – the number of well-screens analysed for a specific compounds; det. – detected (ATTRIBUT = “”), exc. – exceeding 0.1 µg/l

STOFKODE	STOFNAVN	Well-screens (intakes)				
		Total (n)	Det. (n)	Exc. (n)	Det. (%)	Exc. (%)
645	Dimethachlor	213	3	2	1.41	0.94
1667	Dimethachlor ESA	274	39	15	14.23	5.47
1668	Dimethachlor OA	274	24	13	8.76	4.74
1727	(2,6-dimethyl-phenylcarbamoyl)-methansulfonsyre	241	39	11	16.18	4.56
1855	Dimethachlor metabolit, SYN 530561	21	1	0	4.76	0
1935	Dimethachlor-metabolit SYN 528702	196	0	0	0	0
2382	Dimethachlor metabolit CGA 373464	207	0	0	0	0
2383	[(2,6-Dimethylphenyl)(2-sulfoacetyl)amino]eddikesyre	230	16	6	6.96	2.61

Next to the eight parameters (5 significant pesticides and 3 sums of groups of pesticides), another two fields were added to the table.

The first one included the count of how many of the 8 parameters were analyzed at a specific well-screen. For example, if a well was analyzed for DMS, dinoterb, and sum of triazines (these are not NA), then the field gets a value 3, because 3 out of the 8 parameters are available.

The second one includes the maximum pesticides concentration (based on the substitute) within the period at each well-screen. For this calculation, all 367 compounds were used. The maximum field represents a single sample (not a median). It was added to the dataset in case there are well-screens that had detected pesticides that were not covered by the 8 parameters.

After all calculations were done for each well-screen, the datasets were joined together and the meta-data for each well were also joined (the joins were done by BORID and INDTAGSID).

With this the data-aggregation step was completed. The “aggregated” dataset for GIS themes was exported from R and saved in the file: “**aggregated_20220524.xlsx**”. The table includes 461 well screens (445 wells) and 24 variables.

Table 6 Content of the aggregated dataset (“aggregated_20220524.xlsx”)

Column name	Explanation
BORID	Identification number of the wells (numeric) – used for processing
DGUNR	Identification number of the wells (text) – can be used as a label and for search online in Jupiter
INDTAGSNR	Identification number of the well-screen. It is used together with BORID for identifying individual well-screens.
INDTAG_BUND	Depth to bottom of well-screen (in meters below ground surface)
INDTAG_TOP	Depth to top of well-screen (in meters below ground surface)
BORINGSDYBDE	Depth of well, drilling depth (in meters below ground surface)
XUTM32EUREF89	X coordinate in UTM 32 EUREF 89 projection
YUTM32EUREF89	Y coordinate in UTM 32 EUREF 89 projection
TERRAENKOTE	Elevation (in m from sea level)
DATATYPE	Well-screen type, includes the following categories: "VF", "GRUMO", "ANDET", "DEPOT", "Grundvandskortlægning"

<i>Column name</i>	<i>Explanation</i>
GVFOREKOM	Groundwater body (DK-model), note that the link between wells and groundwater bodies was not updated for this project, so some of the new wells may not be linked.
INDTAGSLITHOLOGI	Dominating lithology within the screen depth. Text field.
NFI	Indication if the well is within NFI area. If it is in the NFI area it has value 1, if it is outside the NFI area it has the value 0 (1/0 : true/false)
NFI_100m	Indication if the well is within 100 m of NFI area (or in NFI area). Similar to NFI (1/0 : true/false); some wells are very close to the NFI area, but not at the polygon border, so 100 m buffer was used.
438_2,6-Dichlorbenzamid	Median concentration of Dichlorbenzamid ($\mu\text{g/l}$) over the period 2012-2022, where analyses < LOD = 0
748_1,2,4-Triazol	Median concentration of 1,2,4-Triazol ($\mu\text{g/l}$) over the period 2012-2022, where analyses < LOD = 0
1448_Desphenyl chloridazon	Median concentration of Desphenyl chloridazon ($\mu\text{g/l}$) over the period 2012-2022, where analyses < LOD = 0
1655_N,N-Dimethylsulfamid (DMS)	Median concentration of N,N-Dimethylsulfamid ($\mu\text{g/l}$) over the period 2012-2022, where analyses < LOD = 0
839_Dinoterb	Median concentration of Dinoterb ($\mu\text{g/l}$) over the period 2012-2022, where analyses < LOD = 0
median_sum_phenoxi	Median concentration of the sum of phenoxyalcanoic acids in $\mu\text{g/l}$ (see Table 3 for which compounds are included in the sum) over the period 2012-2022. Sum was calculated on sample ID (PROVEID), where the substitute was used (analyses < LOD = 0)
median_sum_triazines	Median concentration of the sum of triazines in $\mu\text{g/l}$ (see Table 4 for which compounds are included in the sum) over the period 2012-2022. Sum was calculated on sample ID (PROVEID), where the substitute was used (analyses < LOD = 0)
median_sum_dimetachlor	Median concentration of the sum of triazines in $\mu\text{g/l}$ (see Table 5 for which compounds are included in the sum) over the period 2012-2022. Sum was calculated on sample ID (PROVEID), where the substitute was used (analyses < LOD = 0)
n	Number of parameters (out of the 8 included here) analyzed for each well-screen. It does not matter if it was detected or not, as long as it was measured – it is counted. Same as in VP
max_367stof	The maximum concentration measured at the well-screen in the period, based on the list with 367 compounds. The max concentration is based on a single sample, where < LOD = 0.

Overview table

The overview table provides a summary on the number and percent well-screens with a detection (ATTRIBUT = “”) or an exceedance of 0.1 $\mu\text{g/l}$ for each parameter (367 compounds + 3 sum-parameters). The overview is done for all well-screens and by type of well-screen ("VF", "GRUMO", "ANDET", "DEPOT", "Grundvandskortlægning"). The well-screen is counted as “with detection” if at least one sample for the specific parameter was detected (not < LOD). Similarly the well-screen is counted as “with exceedance” if at least one sample for the specific parameter was exceeding the 0.1 $\mu\text{g/l}$ concentration.

The overview table was exported from R and saved in the file: “**overview_table_367pest_20220524.xlsx**”

Bilag 3:

Datakildenotatet:

GEUS-notat 07-VA-2020-2.

Datakilder i form af vandanalyser, der anvendes ved vurdering af grundvandets til stand i forbindelse med vandområdeplanerne 2021-2027

Til: Miljøstyrelsen

Fra: Lærke Thorling og Anders Risbjerg Johnsen

Kopi til:

Fortroligt: Nej

Dato: 11. december 2020

GEUS-NOTAT nr.: 07-VA-2020-02

J.nr. GEUS: 218-0061/62

Emne: Datakilder i form af vandanalyser, der anvendes ved vurdering af grundvandets tilstand i forbindelse med vandområdeplanerne 2021-2027

Problemstilling

Nærværende notat redegør for anvendeligheden af vandkemiske analysedata i Jupiter i vurderingen af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand. Herunder beskrives karakter og anvendelighed af data fra de forskellige datatyper, dvs. indtag tilknyttet GRUMO, vandindvindingsboringer etc. – og den mulige fastlæggelse af begrebet datatyper med udgangspunkt i de forskellige kodestier i Jupiter.

Det er forudsat, at data anvendes med den kvalitet, hvormed de foreligger i Jupiter på tidspunktet for dataudtrækket. Der anvendes kun data, der er indlæst i Jupiter. Det betyder, at der er et stort set fuldstændigt datasæt for Grundvandsovervågningen, GRUMO og vandværkernes boringskontrol, VF. Derimod er der fortsat data fra regionernes undersøgelser af punktkilder, der ikke er indlæst i Jupiter, og derfor ikke indgår i vurderingen. Samtidig er der en del data fra regionerne, der er indlæst på en sådan måde, at de ikke kan kobles til en grundvandsforekomst. Regionernes data er diskuteret i GEUS-notat 06-VA-20-1.

Nærværende notat belyser anvendeligheden af data gennem:

1. *En beskrivelse af de forskellige kilder til de analyser for de tre stofgrupper: pesticider, organiske MFS og sporstoffer i Jupiter, der anvendes til tilstandsvurderingen af grundvandsforekomsterne.*
2. *En redegørelse for repræsentativitet og eventuelle bias forbundet med hver type datakilde for disse stofgrupper.*
3. *En redegørelse for hvordan hver type datakilde teknisk set afgrænses i udtræk fra Jupiter gennem anvendelse af de metadata, der er knyttet til analyser, boringer og anlæg, herunder en diskussion af de væsentligste usikkerheder, der er knyttet til udtræksprocedurerne.*
4. *En redegørelse for den nødvendige dataforberedelse, før der kan laves dataudtræk til tilstandsvurderingen.*
5. *En anbefaling af hvilke datatyper, der bør indgå i tilstandsvurderingen for grundvandsforekomsterne.*

Man skal i forbindelse med tildeling af en specifik datatype til et indtag være opmærksom på, at mange boringer over tid anvendes til flere forskellige (til tider samtidige) formål, fx drikkevand og markvanding, pejleboring og drikkevandsboring eller forureningsundersøgelse og drikkevandsforsyning. Der præsenteres her en revideret metode til opdeling i datakilder, som lægger sig tæt op ad den metode, der anvendes til opdeling i datatyper i forbindelse med de årlige standardiserede dataudtræk fra Jupiter (Thorling mfl., 2019, bilag 8) til rapportering af grundvandsovervågningen, men som dog er tilpasset behovene for datatyper i tilknytning til vandplanarbejdet.

GEUS har tidligere vurderet, at de bedst egnede kodelister til at karakterisere de forskellige datakilder er knyttet til de enkelte vandprøver og ikke til de enkelte boringsindtag, idet kodning på boringsindtag med den foreliggende datastruktur og datakvalitet i Jupiter ikke vurderedes at give en tilstrækkelig sikker afgrænsning af datakilderne (Thorling og Hansen 2018). Disse datatyper blev anvendt til tilstandsvurderingerne for nitrat i 2019.

Grundlæggende krav til udtrækket.

Miljøstyrelsen (MST) ønsker, at alle indvindingsboringer, uanset om det er almene anlæg eller mindre private husholdningsboringer, så vidt muligt tildeles datatypen Vandforsyningsboring (VF). Dernæst skal alle NOVANA indtag (GRUMO) kunne identificeres, uanset om de har andre anvendelser. Endelig skal egentlige forureningsboringer med hhv. dataejer Region eller 'øvrige' så vidt muligt kunne identificeres og adskilles fra andre boringer. Datatypen LOOP indgår ikke i dette notat, da der ikke er udtaget prøver for de relevante stofgrupper i perioden 2013-2019.

1. Datakilder

Tabel 1 angiver de typer af datakilder (typer af boringsindtag i forhold til etablerings- og/eller anvendelsesformål), der skal tilknyttes hvert boringsindtag, som indgår i tilstandsvurderingerne for de stofgrupper, der er omfattet af dette notat. Datatyperne er fastlagt af MST, mens GEUS i afsnit 3, diskuterer de tekniske muligheder for at afgrænse datatyperne fra hinanden.

Tabel 1: Overordnet beskrivelse af datakilder (typer af boringsindtag), der kan anvendes til tilstandsvurdering af grundvandsforekomster for pesticider, MFS og sporstoffer.

Datakilde	Beskrivelse af boringer og prøverne herfra
Vandforsyningsboringer, VF	<p>Indtag tilknyttet indvinding af drikkevand.</p> <p>I Drikkevandsbekendtgørelsen er der krav om kontrol af kvaliteten af det grundvand, som de almene vandforsyninger indvinder. Denne såkaldte boringskontrol udføres af vandforsyningerne. Hyppigheden af kontrollen afhænger af den indvundne vandmængde med en prøvetagningshyppighed fra hvert 3. år til hvert 5. år på almene vandværker. Ud over boringskontrollen, indberettes der også en betragtelig mængde af andre vandanalyser fra vandværksboringerne, der er udtaget på vandværkernes eget initiativ.</p> <p>Analyseprogrammerne i drikkevandsbekendtgørelsen omfatter en række obligatoriske stoffer for såvel pesticider og sporstoffer, og en række anbefalinger for hvilke</p>

	<p>øvrige MFS, der skal analyseres. Mange almene vandforsyninger gennemfører omfattende analyseprogrammer i indvindingsboringerne ud over de obligatoriske parametre, hvorfor der er et omfattende datamateriale til rådighed fra denne datatype. Data fra boringskontrollen kvalitetssikres af kommunerne, hvorefter de indberettede data er tilgængelige i Jupiter-databasen.</p> <p>Ikke-almene indvindinger til drikkevand (mindre private anlæg der forsyner fra 1 til 9 ejendomme) har en mere uregelmæssig prøvetagning og indberetning, og data fra disse indtag kan indgå i det omfang de foreligger. Det hører imidlertid absolut til undtagelserne, at sådanne boringer analyseres for MFS.</p>
GRUMO-indtag	<p>Grundvandsovervågningen er en del af det nationale overvågningsprogram for vand og natur, NOVANA. Overvågningen finder sted i særlige overvågningsboringer, der er designet til at kunne give dybdespecifikke grundvandsprøver fra de såkaldte GRUMO-indtag. GRUMO-indtagene er derfor typisk 1 m lange. Prøvetagningshyppigheden i de enkelte indtag varierer, men alle indtag prøvetages mindst én gang i løbet af en seksårig programperiode. Stationsnettet har løbende udviklet sig efter de politisk prioriterede overvågningsbehov.</p> <p>Data fra Grundvandsovervågningen kvalitetssikres af MST. Alle data er tilgængelige i Jupiter-databasen. Data fra aktive indvindingsboringer med prøveformål GRUMO optræder ikke efter 2007.</p>
Depot-indtag (regionsdata)	<p>Regionernes kortlægning og overvågning af forurenede grunde finder sted på lokaliteter, hvor der er en begrundet mistanke om, at punktfureningskilder kan påvirke grundvandets kvalitet. Undersøgelserne finder sted i såvel særlige undersøgelsesboringer, etableret med det formål at undersøge en konkret forureningsrisiko, som i andre typer boringer, herunder vandforsyningsboringer. En del af regionernes boringer mangler oplysninger om indtaget, hvorfor der skal laves et bedste bud på placeringen af indtaget før en tilknytning til grundvandsforekomster kan gennemføres.</p> <p>Regionernes undersøgelser i vandforsyningsboringer indgår i dette projekt som datakilden vandforsyningsboringer, VF.</p> <p>Regioner er dataejer for egne data.</p> <p>Regionernes data er i forbindelse med vandplan 2021-2027 i stort omfang overført til Jupiter, men der er endnu kun begrænset erfaring med deres anvendelse, se i øvrigt GEUS-notat 06-VA-20-01.</p>
Depot-indtag (øvrige)	<p>Kommuner og virksomheder indsamler grundvandsprøver til overvågning og kortlægning af grundvandsforureninger, ud over hvad der er dækket af regionernes indsats. Dette kan fx være overvågning af lufthavne, aktive fyldpladser, eller konkret sagsrelaterede undersøgelser.</p> <p>Øvrige jordforureningsundersøgelser i vandforsyningsboringer indgår i dette projekt som datakilden vandforsyningsboringer, VF.</p> <p>Vandprøver fra forureningsundersøgelser i henhold til jordforureningsloven kvalitetssikres af dataejereren, som kan være kommuner, virksomheder mm.</p>

	Data optræder kun sporadisk i Jupiter, da der ikke er indberetningspligt på denne datatype.
Indtag fra grundvandskortlægningen, GEBKOR	<p>Grundvandskortlægningen har til formål at kortlægge grundvandsmagasinernes udstrækning og beskyttelse inden for områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD) og i indvindingsoplande uden for OSD. Langt de fleste borerer er etableret i perioden 2000-2015. Mange af disse borerer har indtag til relativt stor dybde, idet man ønskede at kortlægge geologien i magasinerne i kortlægningsområdet. Der er typisk udtaget vandprøver fra indtag i flere dybder fra disse kortlægningsboringer.</p> <p>Kortlægningsboringer har ikke regelmæssig prøvetagning, idet formålet er kortlægning og ikke overvågning. Der er typisk blot udtaget få prøver fra hvert indtag. Der anvendes koden 'GEBKOR' i feltet 'prøveprojekt' i Jupiter. Data fra grundvandskortlægningen kvalitetssikres af MST. Alle data er tilgængelige i Jupiter-databasen.</p>
Andre indtag	<p>Andre kemidata i Jupiter-databasen er fx data fra vandforsyningsboringer ude af drift og pejleboringer. Boringerne kan stamme fra vandforsyningernes egne undersøgelser. Langt hovedparten af de øvrige kemiske analyser, der er tilgængelige i Jupiter, stammer fra indtag på lukkede vandværker og fra vandværkernes egne undersøgelser af vandressourcerne.</p> <p>Data fra indtag i "andre borerer" kvalitetssikres af dataejeren.</p>

2. Repræsentativitet

Alle datatyper i Tabel 1 vurderes at være egnede til at indgå i tilstandsvurderingen til vandområdeplanerne 2021-2027. I Tabel 2 er de forskellige datakilders generelle repræsentativitet på landsplan diskuteret for hhv. pesticider, sporstoffer og organiske MFS.

I forbindelse med en diskussion af boringsindtagenes repræsentativitet er det vigtigt at være opmærksom på, at der i et geografisk område ikke nødvendigvis er en sammenhæng imellem andelen af påvirket grundvand målt i m³ (volumen) i en grundvandsforekomst og andelen af det overliggende areal målt i m² (projektions-arealet) i forhold til grundvandsforekomstens samlede projektionsareal. Man kan derfor IKKE afgøre repræsentativitet ved at se på, om der er en arealmæssig jævn fordeling af indtag, da den dybdemæssige fordeling og fordeling i forskellige geokemiske miljøer er mindst lige så vigtig.

Tabel 2: Datakildernes repræsentativitet på landsplan for hhv. pesticider, MFS og sporstoffer.

Datakilde	Repræsentativitet
Vandforsyningsboringer, VF	Vandforsyningsboringer er etableret og anvendes med det formål at indvinde vand, der så vidt muligt har en kvalitet der ikke nødvendiggør avanceret vandbehandling. Der er især i de seneste 25-30 år lukket en del vandforsyningsboringer pga. indhold af nitrat eller BAM og i de seneste år ligeledes pga. indhold af DEIA, desphenylchloridazon (DPC) eller N,N-dimethylsulfamid (DMS). Lukning af vandforsyningsboringer pga. organiske mikroforureninger fra punktkilder, sker i mindre omfang.

	<p>Dog er der især omkring de større byer igennem tiden lukket en del boringer pga. klorerede opløsningsmidler og/eller nedbrydningsprodukter heraf. Nye indvindingsboringer etableres i dag, så vidt muligt, hvor risikoen for punktkilder er mindst. Boringer med indhold af uorganiske stoffer i et omfang der ikke kan fjernes med almindelig vandbehandling lukkes også, fx F, As eller metan.</p> <p>Vandværksboringerne/boringskontroldata vil pga. ovennævnte lukning af påvirkede vandforsyningsboringer, og målrettet etablering af nye boringer i områder med lav risiko for forureninger, eller etablering i dybere lag give en relativt mindre hyppighed af forekomsten af miljøfremmede stoffer, herunder pesticider. Dertil kommer, at også sporstoffer, der ikke nemt fjernes i vandbehandlingen, vil optræde relativt sjældent, set i forhold til stoffernes generelle udbredelse. Det kan generelt forventes, at vandforsyningsboringer har indtag i de mindre påvirkede dele af en given grundvandsforekomst, og her særligt i dele, hvor en mindre andel af grundvandet overskrider drikkevandskvalitetskravene.</p>
GRUMO-indtag	<p>GEUS har tidligere vurderet repræsentativiteten af data i grundvandsovervågningsrapporten i notatet: GRUMO 1989-2013 rapportens repræsentativitet med hensyn til forekomsten af nitrat i det danske grundvand (Hansen mfl. 2014). I dette notat blev det konkluderet:</p> <p>”På baggrund af den eksisterende viden (indsamlet i GRUMO siden år 1990), og GEUS’ generelle geokemiske viden om grundvandets kemiske forhold i Danmark, er det GEUS’ vurdering, at selvom der således ikke kan gives en sådan stringent, geostatistisk vurdering af repræsentativiteten, er datagrundlaget (i GRUMO) tilstrækkeligt til at give et generelt billede af grundvandets indhold af nitrat. Med hensyn til landets geografiske og geologiske forhold, er stationsnettet, sammen med oplysninger fra vandværksboringer, tilnærmelsesvist jævnt fordelt i landet. Med hensyn til dybde, er der også en rimelig dækning, idet der er medtaget indtag fra dybder ned til 100 meter, hvor langt hovedparten af landets grundvandsmagasiner findes.”</p> <p>GRUMO stationsnettet er etableret med det formål især at overvåge fladekilder i det åbne land, så derfor vil disse data især være repræsentative for diffuse kilder til pesticider og miljøfremmede stoffer.</p> <p>I byområder vil punktkilder dog kunne spille en vis rolle også for repræsentativiteten af data, idet grundvand med præg af punktkilder netop er repræsentativt for grundvand under byer.</p> <p>GRUMO stationsnettet kan forventes at give et retvisende billede af forekomsten af sporstoffer i grundvandet, blandt andet fordi arbejdet med overvågningen er målrettet til at kunne anvendes til at etablere det nødvendige vidensgrundlag for de naturlige baggrundsværdier for sporstoffer.</p>
Depot-indtag (regionsdata)	<p>I forbindelse med regionernes forureningsundersøgelser er der ofte analyseret for forskellige MFS, herunder sporstoffer. Boringerne er udført</p>

	<p>og analyseret baseret på en konkret mistanke om forurening, og det betyder, at der kan forventes en væsentlig overrepræsentation af boringsindtag med indhold af MFS. Desuden er forureningsboringer typisk udført, så kun det allerøverste, mest forurenede grundvand prøvetages.</p> <p>De korte forureningsboringer er i sagens natur kun repræsentative for det øverste grundvand, og det kan være vanskeligt at vurdere hvor dybt påvirkningen rækker i tilstandsvurderinger for MFS.</p> <p>Data fra korte forureningsboringer kan som udgangspunkt anvendes i vurderingerne. Såfremt analyser viser indhold af et eller flere MFS i koncentrationer over tærskelværdier, kan andre data indgå i vurdering af udbredelsen af MFS i den givne grundvandsforekomst.</p> <p>Boringerne er ofte kun analyseret for de parametre der er mistanke om, så derfor vil repræsentativiteten for de forskellige stoffer variere.</p> <p>Denne boringstype er nødvendig hvis påvirkninger fra punktkilder skal indgå i tilstandsvurderingen.</p>
<p>Depot-indtag (øvrige)</p>	<p>Depot-indtag ”øvrige” dækker over en datatype, der er snævert knyttet til de konkrete forureninger, eller forureningsrisici, som fx vurderes at være i forbindelse med en virksomhed. Data er derfor generelt ikke repræsentative for andet end den konkrete arealanvendelse der overvåges/kortlægges. I det omfang der er påvist forureninger, fx ved en flyveplads, er det dog væsentlige data i forhold til at få en dækkende beskrivelse af den humane påvirkning af grundvandet i en grundvandsforekomst.</p>
<p>Indtag fra grundvandskortlægningen, GEB-KOR</p>	<p>Grundvandskortlægningens boringer er især udført for at kortlægge hydrogeologien og vandkvaliteten i områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD) og i indvindingsoplande uden for OSD.</p> <p>Data giver et repræsentativt billede af de grundvandskemiske forhold i de undersøgte drikkevandsområder. Kortlægningsboringerne blev udført for at bidrage til at afgøre, om områderne skulle udpeges som indsatsområder i forhold til nitrat, og ikke for at lede efter nogen bestemt vandkvalitet.</p> <p>Det begrænsede antal kortlægningsboringer medfører, at det samlede datasæt fra disse boringer ikke nødvendigvis er repræsentativt for hele landet, da de kun er udført i forbindelse med grundvandskortlægningen.</p> <p>Data giver dog et væsentligt supplement til tilstandsvurderingerne, der hvor de optræder.</p> <p>Boringerne er som hovedregel analyseret for pesticider, og til tider sporstoffer som arsen, men derimod kun undtagelsesvis for andre MFS.</p>
<p>Andre indtag</p>	<p>Andre indtag kan fx være vandforsyningsboringer, der ikke længere anvendes til indvindingsformål. Data fra denne datatype vil ofte, men ikke altid, kunne vise en uønsket human påvirkning. I forhold til pesticider og MFS, herunder sporstoffer, er det således vigtigt, at vandværkernes egne overvågningsboringer, der ikke anvendes til vandforsyningsformål, inddrages, idet de netop giver information om de forureninger, som data fra vandværkernes indvindingsboringer ikke medtager.</p>

3. Teknisk afgrænsning af datasæt og den dertil knyttede usikkerhed

Periode:

MST ønsker data fra perioden 2013-2019 (begge år inkl.) til tilstandsvurderingerne.

Ønskede felter i udtrækket

Der skal for stofgrupperne pesticider, MFS-organiske og sporstoffer produceres et udtræk fra Jupiter, der kan anvendes til at vurdere tilstanden af de danske grundvandsforekomster. Disse rådatasæt aggregeres efterfølgende for at kunne anvendes i tilstandsvurderingerne som beskrevet i Grundvandsdirektivet.

Alle data i det færdige datasæt skal kunne knyttes til de nedenfor angivne parametre. Hvis der ikke kan ske en sammenknytning for alle disse felter, vil en analyse ikke indgå i datasættet.

Selve udtrækket skal have mindst disse felter:

- Anlæg
 - Anlægstype (anvendes til at identificere VV)
- Boring
 - BORID
 - DGU nr.
 - Boringsdybde
 - X-UTM32EUREF89
 - Y-UTM32EUREF89
 - Terrænkote (z-koordinat)
 - Formål
 - Anvendelse
- Indtag
 - Grundvandsforekomst
 - Indtags nr.
 - Indtagsbund (m u.t.)
 - Indtagstop (m u.t.)
 - Anvendelse
- Prøve
 - Dataejer
 - Projekt
 - PrøveID
 - Prøveår
 - Prøve dato
 - Attribut (kolonne overskrift –'att-stofkode')
 - Mængde (kolonne overskrift –'stofkode-navn')
 - Stofgruppe (hvis flere værdier, vises undergruppen)

Afgrænsning af datatyper:

Der skal etableres en algoritme for at definere feltet ”datatype” på indtagsniveau. Ved aggregering af data skal dette felt indgå som et af de centrale metadata. Der anvendes oplysninger på prøveniveau, indtagsniveau, boringsniveau og anlægsniveau. Som udgangspunkt anvendes en justeret version af den metode, der er anvendt til GRUMO-udtrækket (Thorling mfl. 2019, bilag 8).

Der er en række udfordringer ved opdeling af indtag efter datakilde. Dette skyldes, at en del indtag er anvendt til flere formål og har skiftet formål undervejs. Hvis der opdeles på prøveniveau, kan der være andre årsager til, at en vandprøve er udtaget, end boringens/indtagets overordnede formål. Fx kan der være taget GRUMO-prøver i indvindingsboringer, eller tidligere kortlægningsindtag kan være blevet til GRUMO-indtag. Feltet ’projekt’ på prøveniveau er således ikke entydigt, når der skal etableres datatyper på indtagsniveau.

Boringer og indtag kan skifte anvendelse og dermed datatype hen over en periode. Det kan fx være et vandværk, der er lukket i dag, men som var aktivt i en del af perioden, og hvor boringerne nu anvendes til andre formål, fx markvanding. Datatyper skal derfor etableres for en given periode, hvor anvendelserne skal prioriteres i forhold til hinanden.

Tildeling af ”datatype” på borings-indtags-niveau skal opbygges således, at opdelingen af indtagene i datatyper bliver entydig, og at der i tilfælde af flere muligheder, er et hierarki for tildeling datatype. I dette projekt ønsker MST, at alle indtag, der er anvendt til vandforsyningsformål i perioden 2013-2019, karakteriseres som tilhørende datatypen Vandforsyning,

På baggrund heraf anbefaler GEUS, at nedenstående metode anvendes til at fastlægge datatyper. De anbefalede kriterier er modificeret fra GRUMO-udtrækket til at opdele i datatype. Det sker indledningsvis på indtagsniveau.

Metode til at etablere ”koblingsliste”, hvor alle indtag med analyser er tildelt en datatype efter nedenstående hierarki:

- Indtaget anses for at være ”VF” (Vandforsyningsboring), hvis:
 - Indvindingsanlæggets virksomhedstype på et tidspunkt i perioden 2013-2019 har været ”V01”, ”V02” eller ”M42”
 - Og boringens anvendelse (sekundært formål) i perioden 2013-2019 var ”V” eller ”VV”.
- Ellers er indtaget ”GRUMO”, når der er et tilknyttet GRUMO-nummer.
- Ellers er indtaget ”DEPOT”, hvis mindst en prøves projekt indikerer dette, eller hvis dataejer er Region. Der skelnes mellem Depot (regionsdata = region er dataejer) og Depot (øvrige).
- Ellers er indtaget ”Grundvandskortlægning”, hvis prøveformål kun er GEBKOR.
- Ellers er indtaget som værende af datatypen ”ANDET”.

Denne opdeling kræver at der søges på disse niveauer:

- Anlæg
 - Anlægstype
- Boring
 - Formål
 - GRUMO nr.
 - Anvendelse
- Prøve
 - Projekt

Fastlæggelsen af typer af datakilder efter metoden er sammenfattet i Tabel 3 herunder.

Tabel 3. Fastlæggelse af typen af datakilder (typer af boringsindtag), ud fra brug af prøveformål "projekt", m.m. på de prøver der er udtaget i de forskellige indtag.

Datakilde	Identifikation af datakilden
Vandværksboringer, VF	Indtagene er knyttet til anlæg med virksomhedstypen "V01", "V02" eller "M42" og boringens anvendelse (sekundært formål) har på et tidspunkt i perioden 2013-2019 været "V" eller "VV"
GRUMO-indtag	GRUMO-indtag har tilknyttet et GRUMO nr. til boring-sindtaget.
Depot/punktkilde indtag	Indtaget har datatypen Depot, hvis mindst en prøves projekt indikerer dette eller hvis dataejer er Region. Der skelnes mellem Depot (regionsdata = region er dataejer) og Depot (øvrige).
Grundvandskortlægnings-Boringer, GKO	Alle prøver i denne kategori har projekt mærket med Gebyrkortlægning.
Andre boringer	De af periodens vandanalyser, som ikke er fra et af ovenstående typer indtag, placeres i kategorien andre boringer.

Frasortering af indtag der ligger i en brønd

En boring kan oprettes som en brønd med formål = 'C', mens anvendelsen vil afspejle, hvad vandet bruges til. For at være på den sikre side i forhold til ikke at benytte data fra brønde, som kan være forurenede med overfladevand, fravælges alle indtag fra boringer med formål 'C'.

Der kan også forekomme boringer etableret i bunden af en brønd. En indberetning om en boring i bunden af en eksisterende brønd vil nu om dage udløse et nyt DGU nr., men det kan også risikeres, at det ikke sker/er sket. Disse boringer vil kunne give repræsentative prøver fra grundvandet i det omfang de er korrekt udført og afsluttet ved terræn. Det er således ikke givet på forhånd, at data fra boringer i en brønd er uegnede til at indgå i tilstandsvurderingen. For fuldstændighedens skyld oprettes der derfor et bemærkningsfelt i tilknytning til hvert indtag, hvor der angives, om indtaget vurderes at stamme fra en boring i en brønd.

Frasortering af prøver og analyseresultater i øvrigt.

Med udgangspunkt i GRUMO-udtrækkenes metodik fravælges resultater ud fra disse kriterier

- Attribut ud for mængde må ikke være "!", "A", ">" eller "0".
- Analysens kvalitetssikringsfelt må ikke være 4, 5, 6, 8, 12, 13, 14 eller 15 (betyder "afvist")
- Prøvens status skal være blank, 2, 4, 6, 8, 10 eller 14 (betyder "godkendt" eller indlæst før eller i forbindelse med strukturreformen)
- Hvis et givet indtag er ombygget i perioden, skal der kun anvendes data for den del af perioden der ligger efter ombygningen. Dette identificeres hvis der er prøver med forskellig værdi for indtag top eller -bund, men med samme boringsindtags-ID.

4. anbefalinger

På baggrund af ovenstående anbefales det, at:

1. Der anvendes denne reviderede rutine for tildeling af datatype, idet der med indlæsning af regionernes data i Jupiter er et ønske fra MST om at kunne identificere disse under tilstandsvurderingen.
2. Det anbefales også, at anvende denne justerede metode fordi den sikrer en større overensstemmelse med den måde, hvorpå indtagene tildeles en datatype i forbindelse med grundvandsovervågningen.
3. Alle vandanalyser der kan knyttes til et indtag i en boring med en tilhørende grundvandsforekomst anvendes i tilstandsvurderingen, idet man ved hjælp af datatypen har mulighed for at tage højde for de forskellige datasæts repræsentativitet.
4. Alle boringer, hvorfra der indvindes vand, betragtes som vandforsyningsboringer, idet der ikke i direktivet skelnes imellem almene og ikke-almene anlæg.
5. Hvis der foreligger oplysninger om, at en prøve er fra en brønd, anvendes data ikke, da der er risiko for, at prøverne er forurenet med overfladevand.

Litteraturhenvisninger:

Drikkevandsbekendtgørelsen. Gældende BEK nr. 524 af 01/05/2019

Hansen B. & Larsen F. mfl. 2014 notat om repræsentativitet. (Link til notat kommer)

Thorling, L., Ditlefsen, C., Ernstsén, V., Hansen, B., Johnsen, A.R., & Troldborg, L., 2019: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2018. Teknisk rapport, GEUS 2019.

Thorling, L. og Hansen, M., 2018: Datakilder, der kan anvendes ved vurdering af grundvands tilstand for nitrat. Notat af 23. marts. 2018. rev. 8. maj 2018

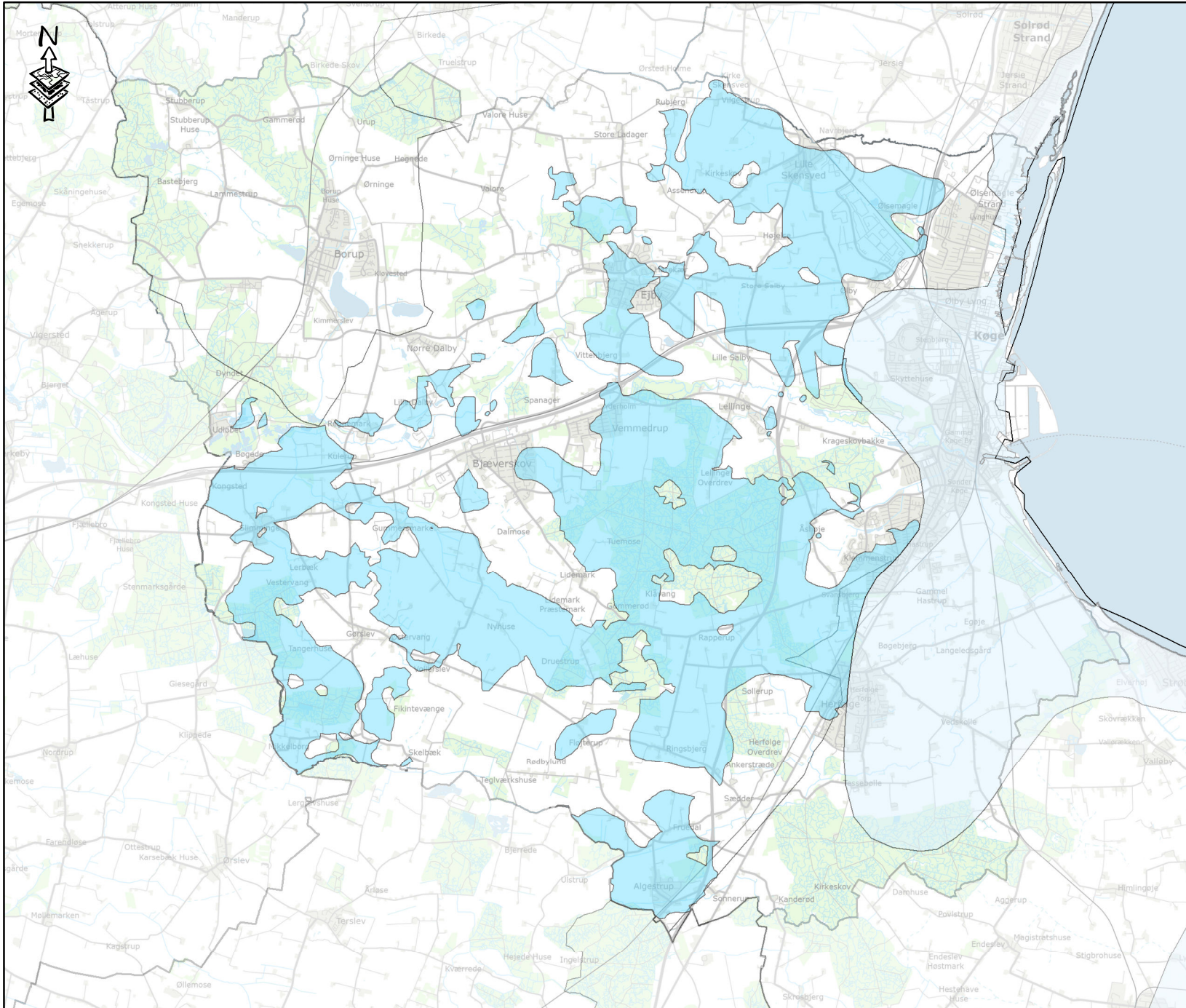
GEUS-notat 06-VA-18-02: Afdækning af sammenhænge mellem almene vandforsyninger og grundvandsforekomster under "kontrakt om metode for vurdering af de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand og nye vurderinger af tilstanden fsva. nitrat".

GEUS-notat 06-VA-20-01: Revision af indtagsskobling til grundvandsforekomster.

Bilag 4.

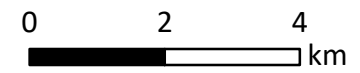
Faglige temaer workshop 20.juli 2022.

O-1: NFI og OSD i Køge kommune



NFI områder Køge
Drikkevandsinteresser

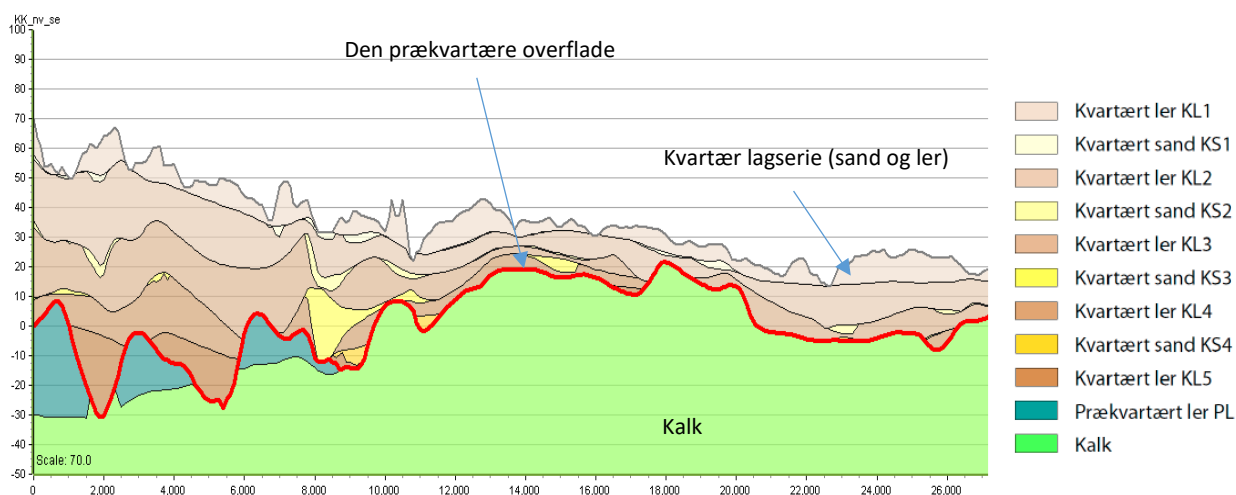
- OD
- OSD





Tema G-1: Overordnet geologisk ramme Køge kommune

Oversigtsprofil:



Figur 1: Udvalgt NV-SØ profil gennem Køge kommune (hydrostratigrafisk model) /1/.

Kort beskrivelse af geologiske forhold:

Prækvartære aflejringer

- De prækvartære aflejringer består af kalk (skrivekridt, Lellinge Grønsand og Bryozokalk) /1, 2/.
- Kalk er repræsenteret ved kalklaget i FOHM modellen. Forekomsten udgøres af både Danienskalk og Skrivekridt /1, 2/
- Prækvartæroverfladen varierer fra kote ca. -60 m og op til kote ca. 20 m. Overfladen er påvirket af kvartær erosion og formodede forkastninger /1, 2/.

Kvartære aflejringer

- Området er karakteriseret ved et bundmorænelandskab, stedvist med dødspreg. Der ses randmorænestrøg, erosionsdale, issøflader og åsdannelser /2, 4/. Mægtighederne af de kvartære aflejringer varierer fra op til 100 m tykkelse mod nordvest til under 10 m tykkelse centralt og mod øst.
- Den kvartære lagserie består overvejende moræneler og sandede smeltevandaflejringer /2, 4/.

Begravede dale

- Der er kortlagt to begravede dale i området. Dalene er udfyldt med sandede og lerede kvartære aflejringer, og er nederoderet i såvel den kvartære som den prækvartære lagserie /3/.

Deformationer af lagserien

- Dybere forkastningsplaner har påvirket den prækvartære lagserie /2/.
- Der forventes glacialtektoniske deformationer i den kvartære lagserie, hvor den kvartære lagserie er tykkest, da flere isoverskridelser har påvirket aflejringerne her. I områder, hvor den kvartære dække er tyndt vurderes det, at moræneleret til dels vil være opsprækket /2, 4/.

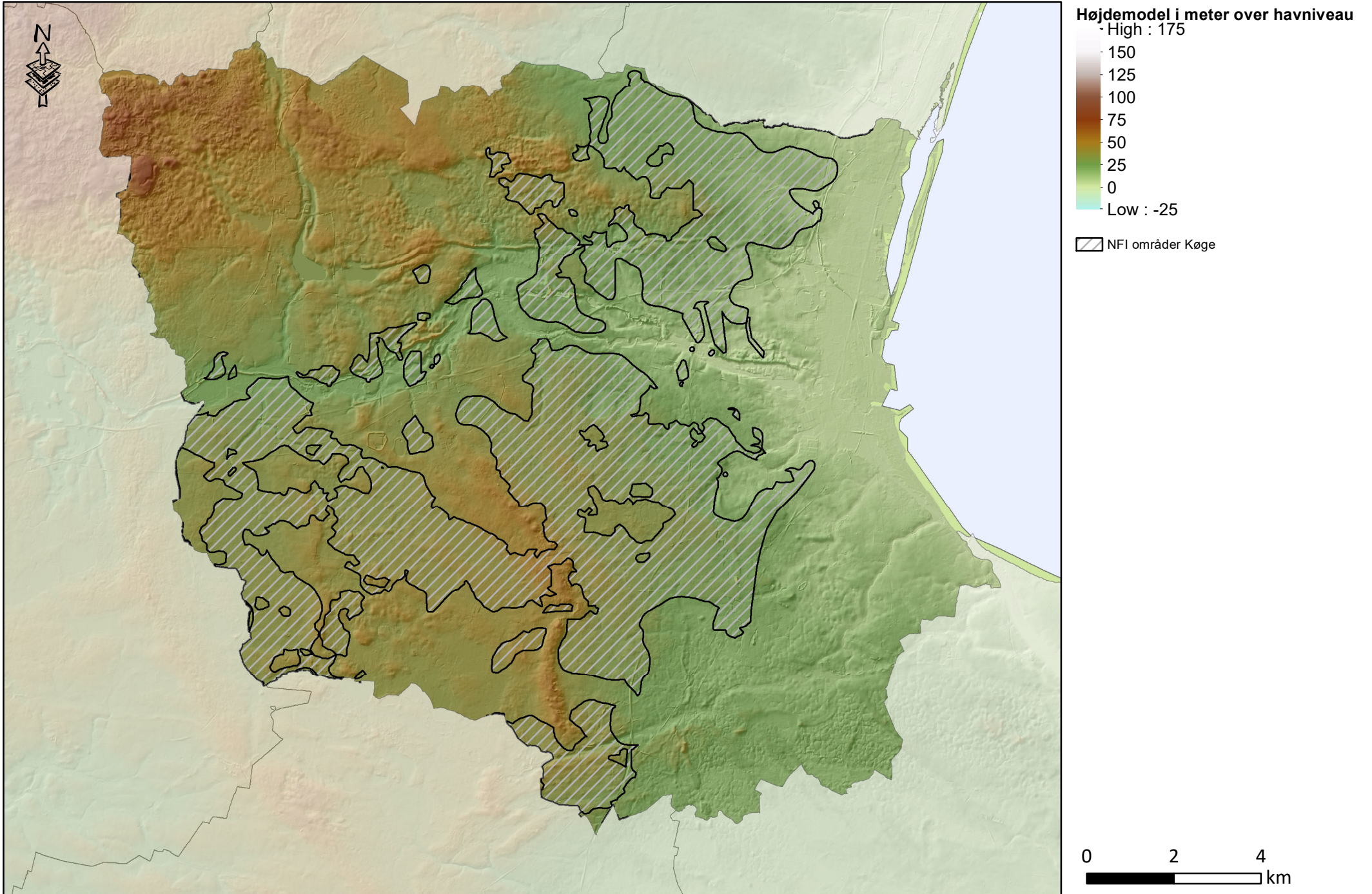
Referencer:

- /1/ Miljøstyrelsen, 2019: FOHM-model for Sjælland. Hydrostratigrafisk model.
 /2/ Roskilde Amt, 2005: Indsatsområde Køge Syd. Hovedrapport.
 /3/ Sandersen, P.B.E. & Jørgensen (2016). Kortlægning af begravede dale i Danmark. Opdatering 2010-2015. GEUS, Særudgivelse, bind 1 og 2. (www.begravededale.dk)
 /4/ GEUS, 2018: Geomorfologisk kort over Sjælland og øerne, version 2

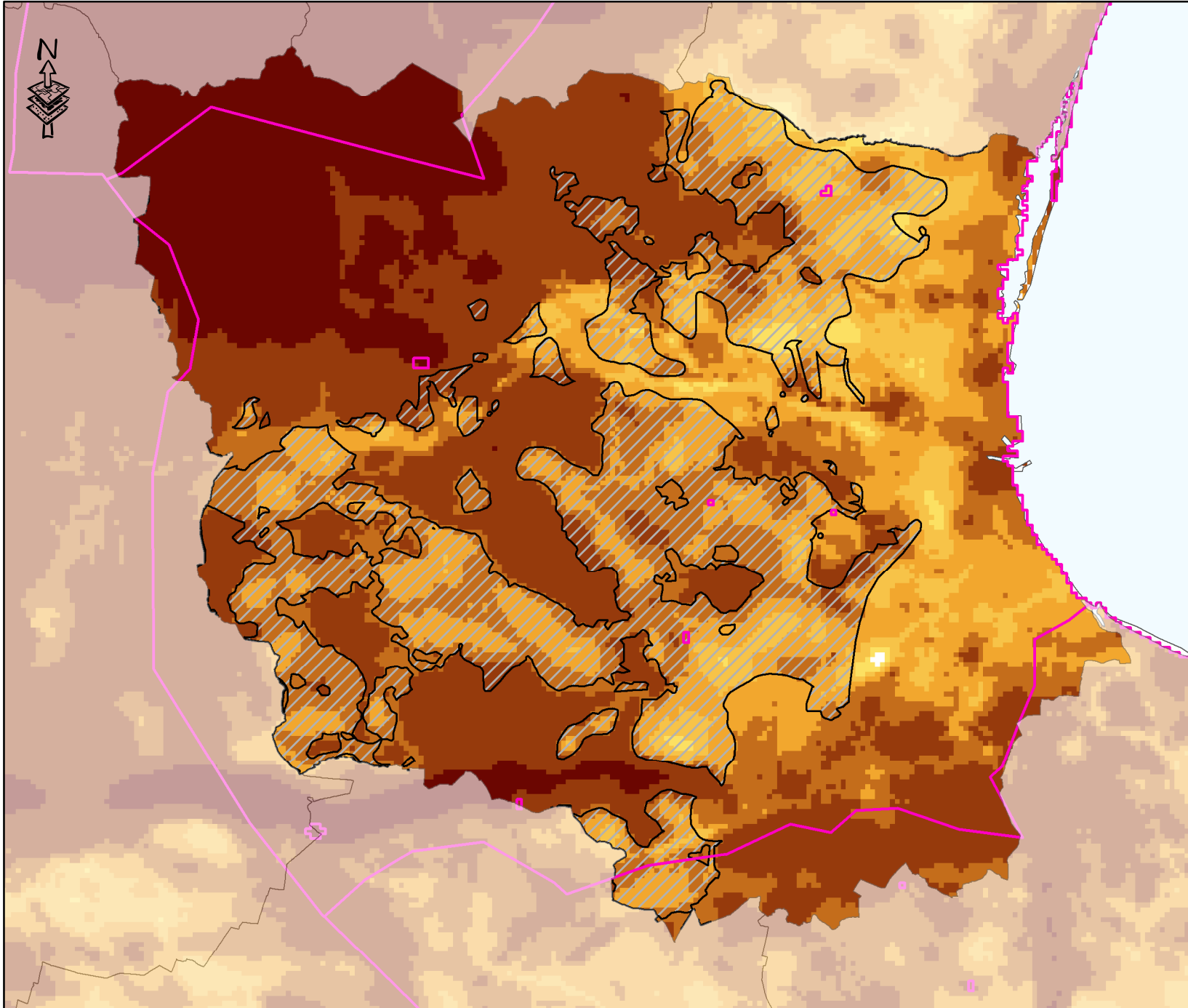
Udført af: MHM/ILM

Dato: 08.09.2020/15.06.2022

G-3: Terræn 10 m grid



H-1: Dybde til DK-modellag - kalk

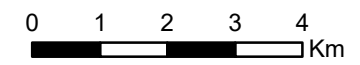


Magasinudbredelse

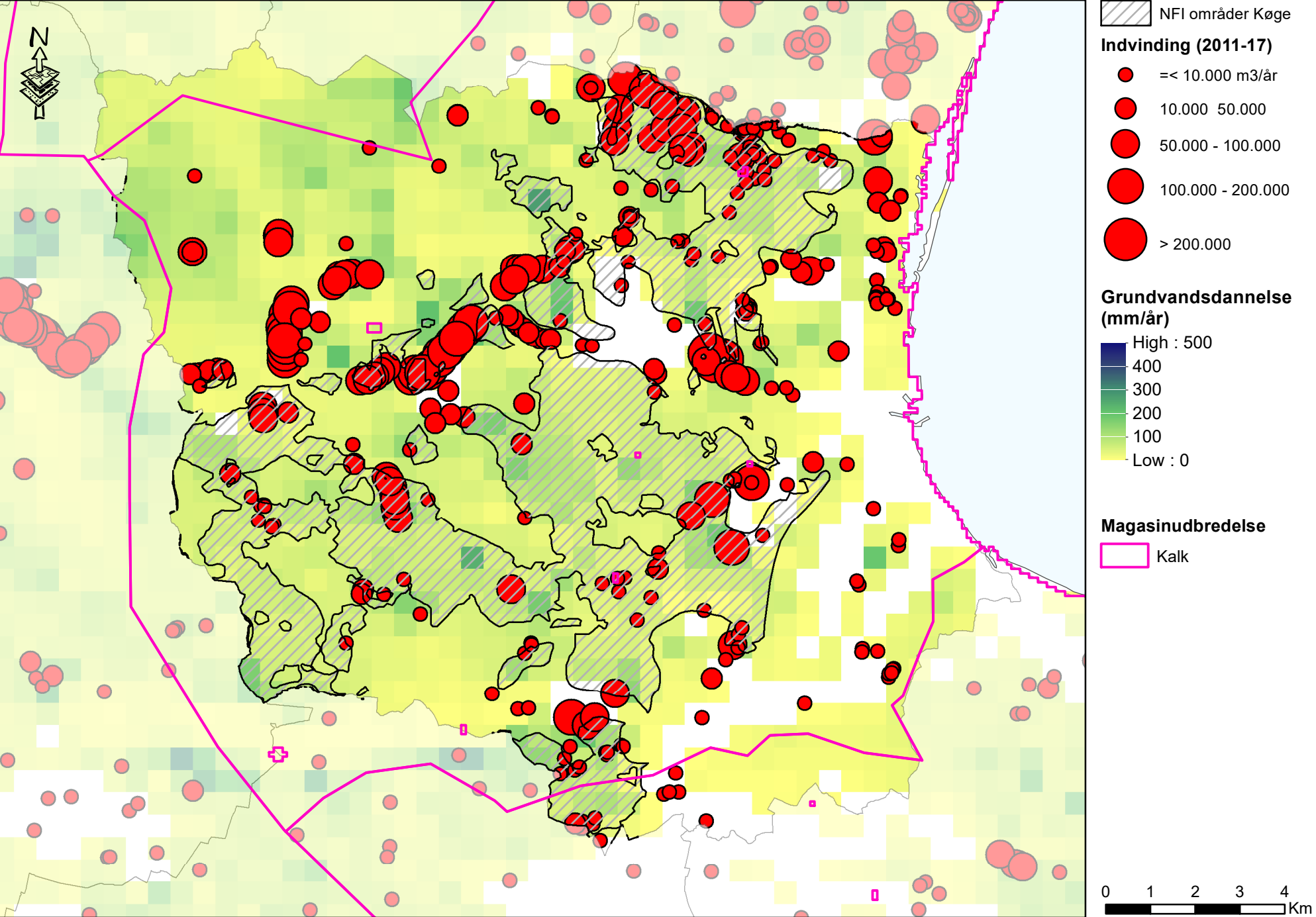
- Kalk
- NFI områder Køge

Dybde meter under terræn

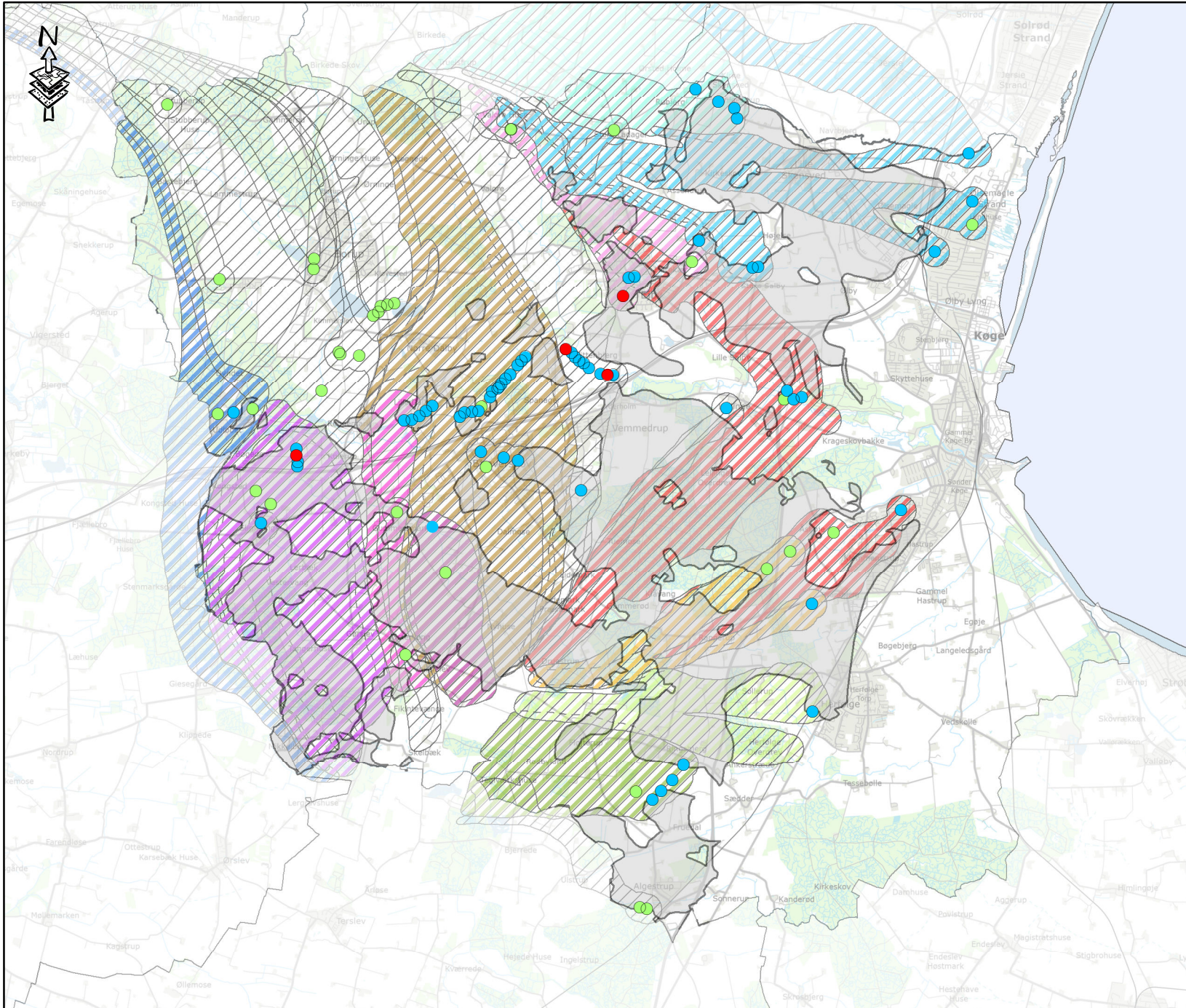
- <= 1 mut
- 1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 50
- > 50



H-3: Grundvandsdannelse og indvindinger - Kalk



O-2: Indvindingsoplande Køge kommune med VF boringer



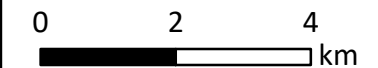
Pesticider, median konc.

- VF ≤ LD µg/L
- VF LD - 0.1 µg/L
- VF 0.1 - 1 µg/L

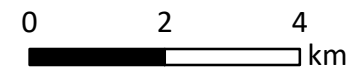
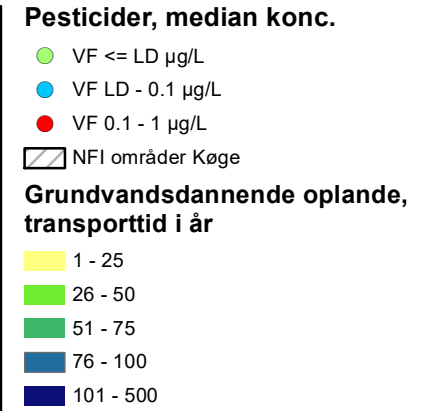
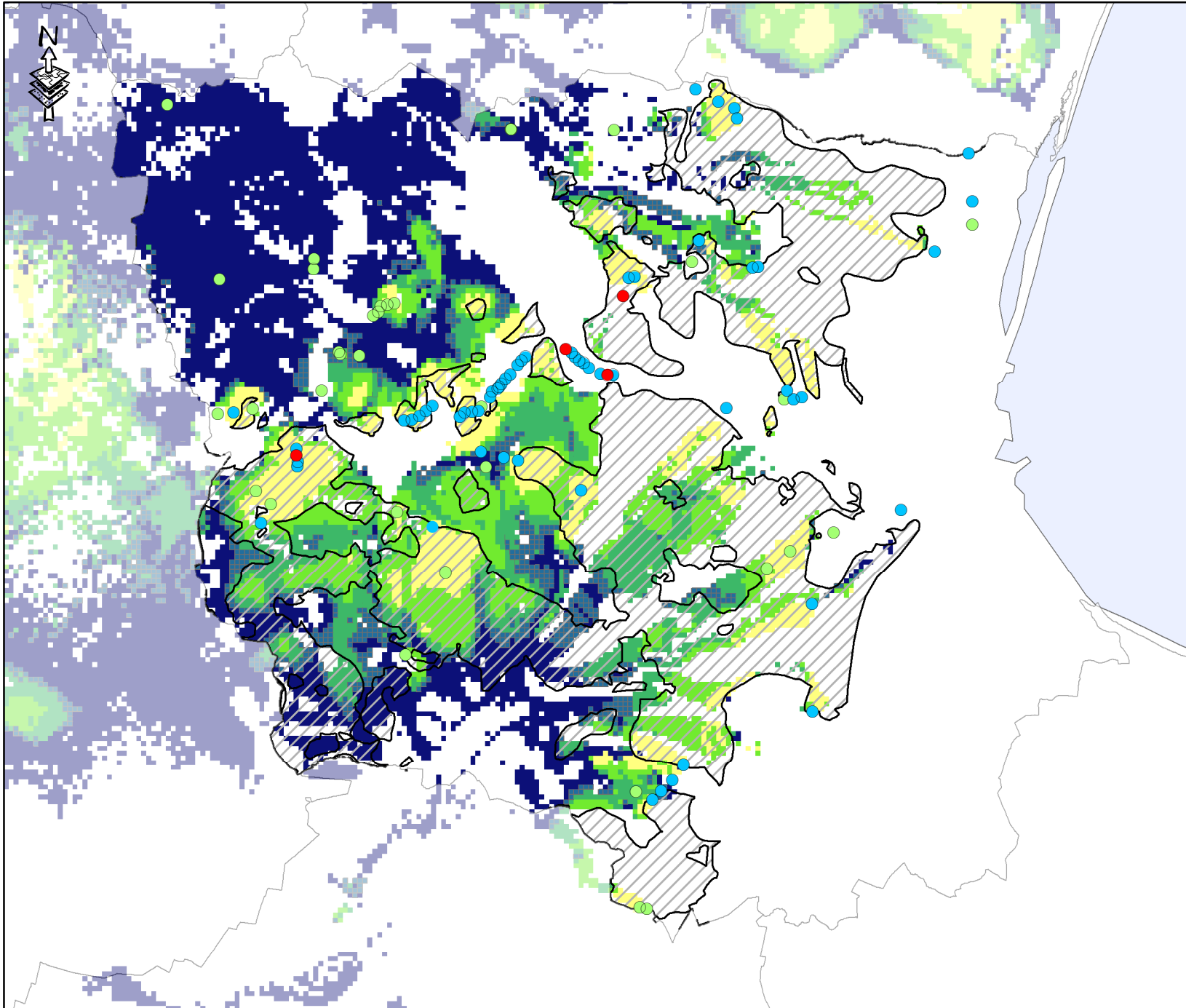
■ NFI områder Køge

Anlæg

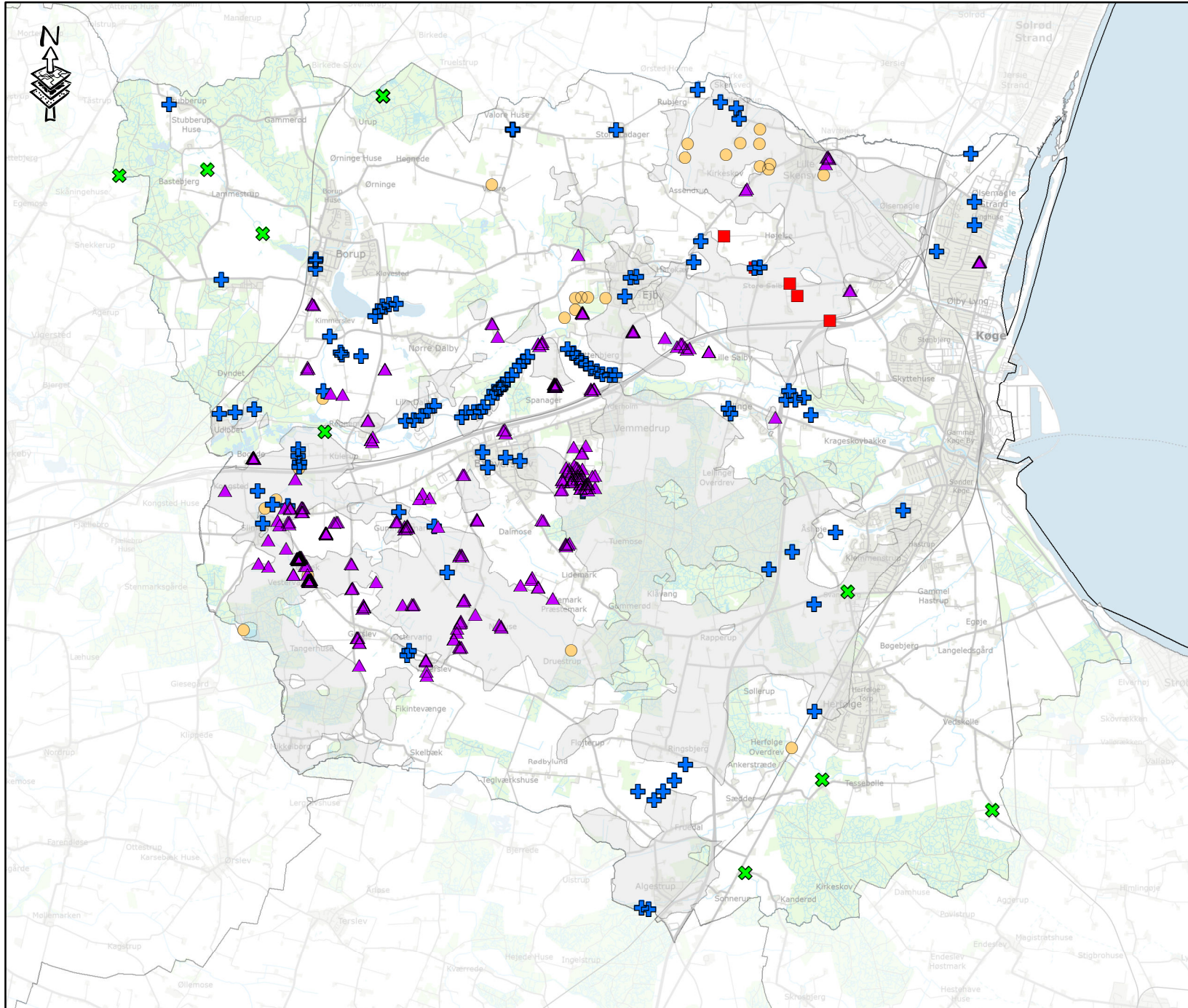
- Almsgaard_klp
- Bjæverskov_VV
- Borup_Vv
- Ejby_Vandværk
- Fruedal_Vv
- Fruedal_Vv - Herfølge kpl
- Gummersmarke-Kule Vv
- Gummersmarke_klp
- Højstrupgaards_Vv
- Kimmerslev_klp
- Koege_Vv
- Koege_Vv - Åshøje kpl
- Ladager_Vv
- Lellinge_Vv
- Lyngen Vv
- Nr. Dalby_klp
- Nr. Dalby - Kimmerslev Vv
- Ravneshave_klp
- Skensved Vv
- Slimminge_Vv
- Slimminge_klp
- Spanager_klp
- Stubberup_Vv
- Svenstrup_klp
- Tureby Algestrup Vv
- Viby Dal - Hønske ValoreVv
- Volderslev-Gørslev Vv



O-3: Grundvandsdannende områder med VF boringer



P-1: Datatyper



DATATYPE

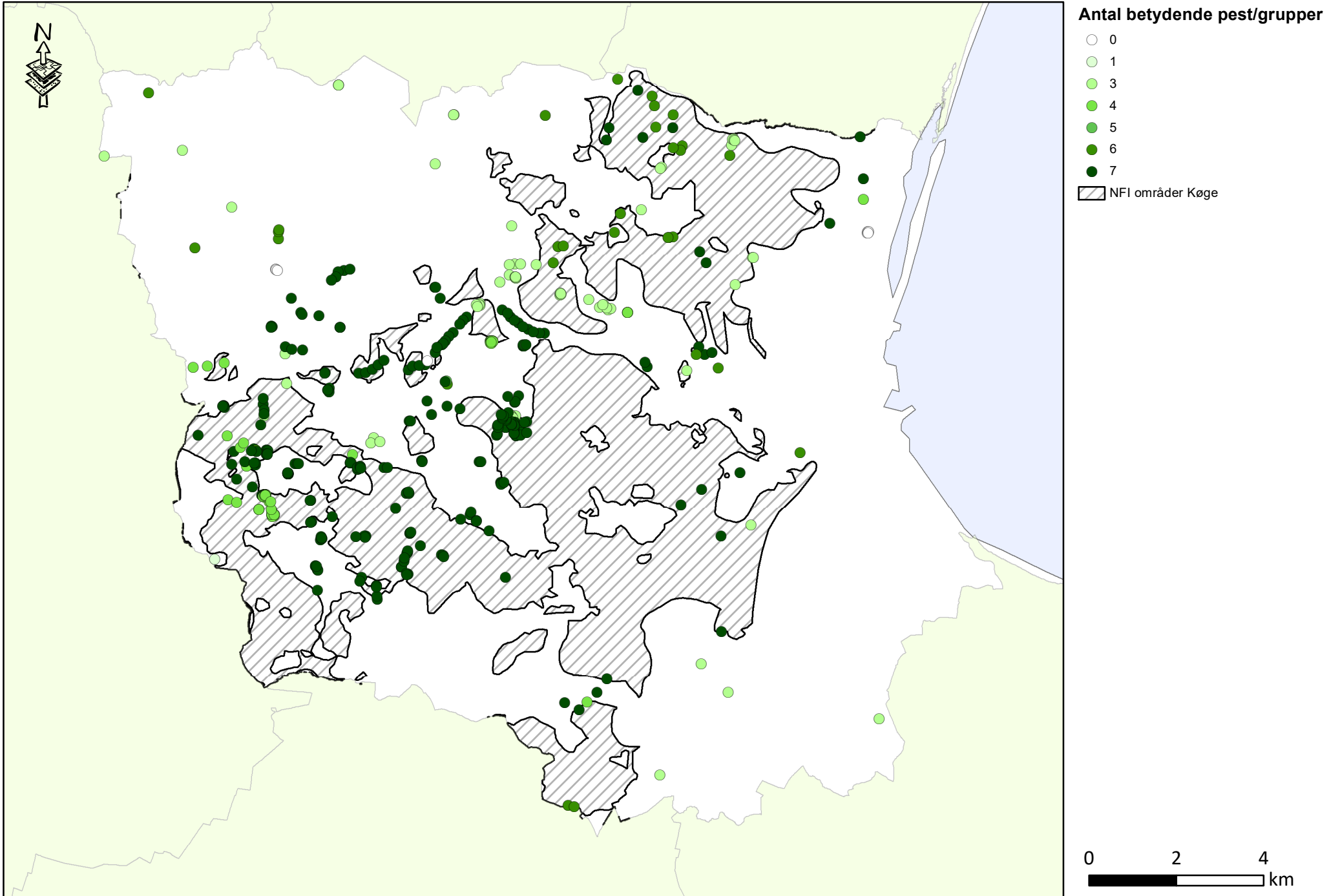
- ANDET
- ▲ Pkt.kilde
- GRUMO
- ✕ GKO
- + VF
- NFI områder Køge



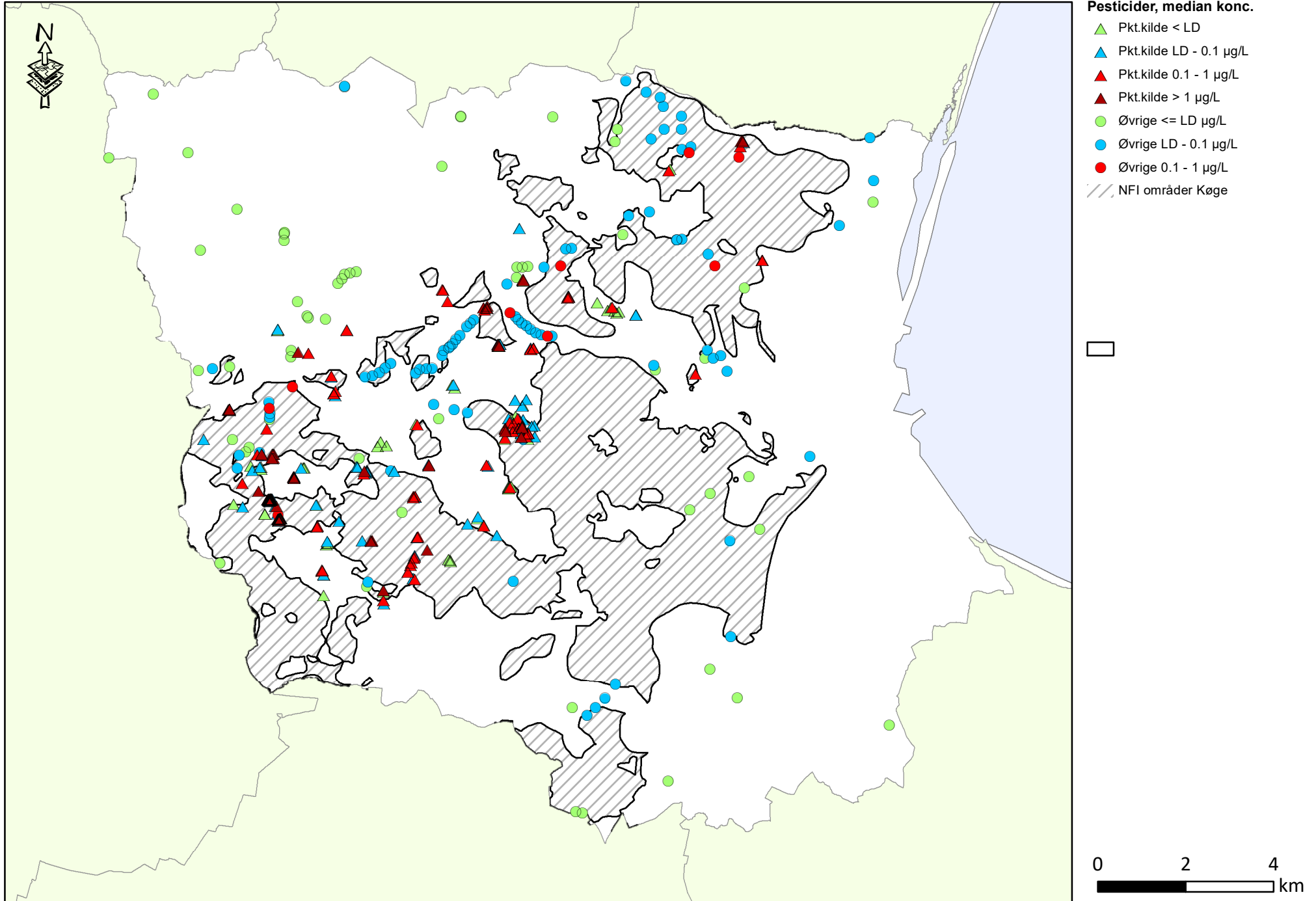
P-2: Tabel for antal betydende pesticider/grupper inden og uden for NFI med fund og overskrid.

STOFNAVN	DATATYPE	Antal indtag			Fund (%)		Overskridelser (%)	
		NFI ja	NFI nej	<i>I alt</i>	NFI ja	NFI nej	NFI ja	NFI nej
2,6-Dichlorbenzamid (BAM)	DEPOT	171	129	300	32.8	25.6	20.5	16.3
	VF	38	66	104	34.2	10.6	2.6	0
	Øvrige	17	22	39	35.3	4.5	5.9	4.5
Desphenyl chloridazon (DPC)	DEPOT	151	105	256	36.4	4.8	23.2	3.8
	VF	38	64	102	26.3	42.2	0	4.7
	Other	13	4	17	7.7	25.0	0	0
N,N-Dimethylsulfamid (DMS)	DEPOT	99	89	188	48.5	32.6	18.2	12.4
	VF	35	59	94	54.3	33.9	5.7	1.7
	Other	12	4	16	66.7	75.0	16.7	0
1,2,4-Triazol	DEPOT	99	91	190	23.2	27.5	9.1	8.8
	VF	35	59	94	2.9	0	0	0
	Other	12	4	16	8.3	0	0	0
Phenoxyracer	DEPOT	171	129	300	38.0	11.6	30.4	8.5
	VF	38	66	104	13.2	3.0	0	0
	Other	17	23	40	11.8	4.3	5.9	0.0
Triaziner	DEPOT	171	129	300	19.9	16.3	9.4	7.8
	VF	38	66	104	5.3	1.5	2.6	0
	Other	17	22	39	0	0	0	0
Dimethachlor (+ metaboliter)	DEPOT	100	91	191	16.0	20.9	11.0	14.3
	VF	26	47	73	34.6	8.5	7.7	0
	Other	7	3	10	42.9	33.3	14.3	0

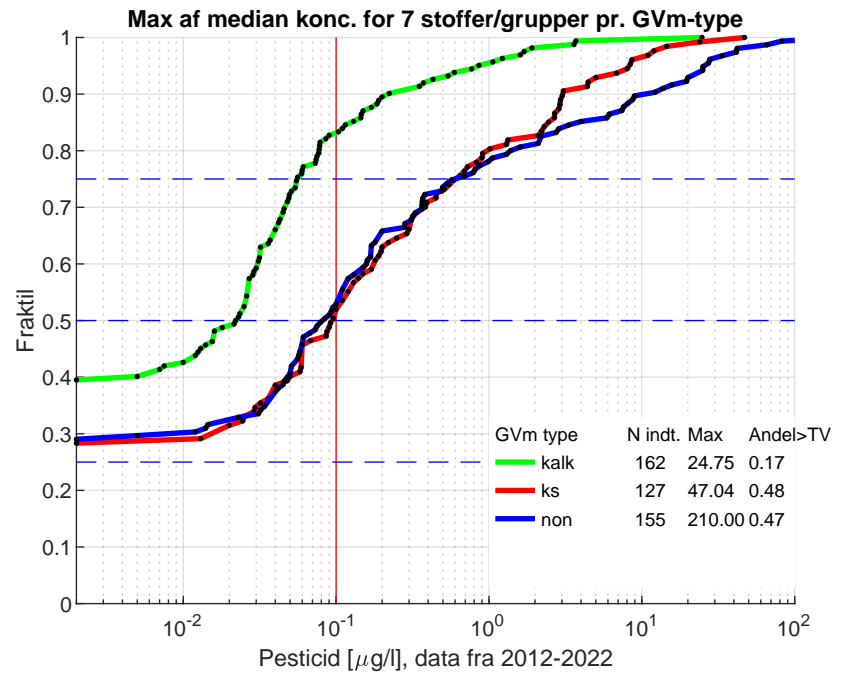
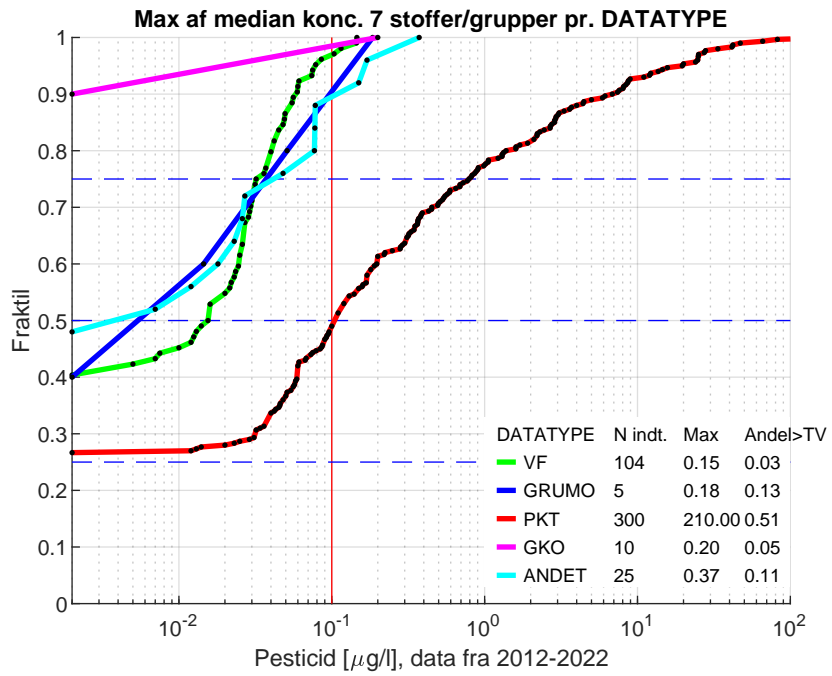
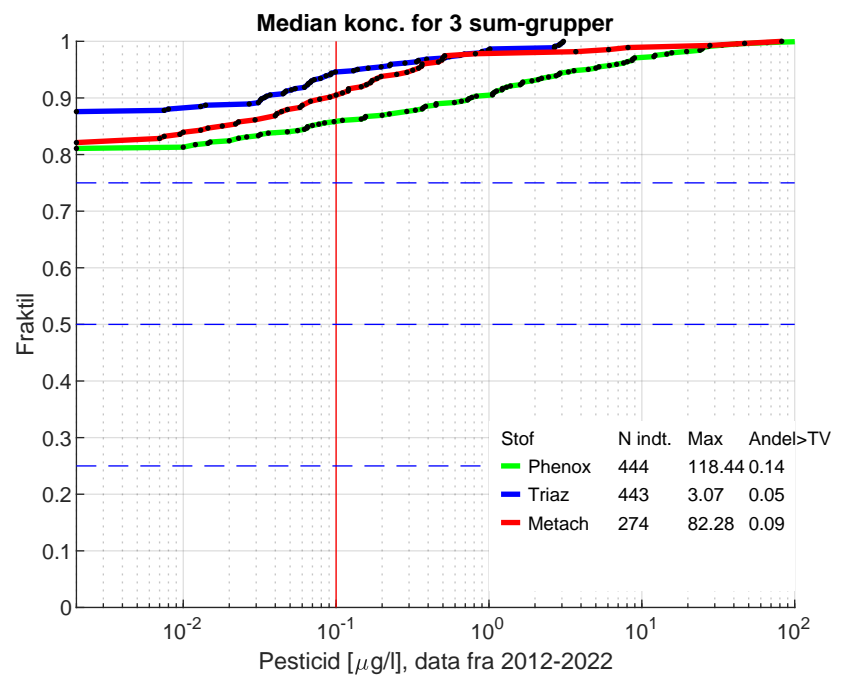
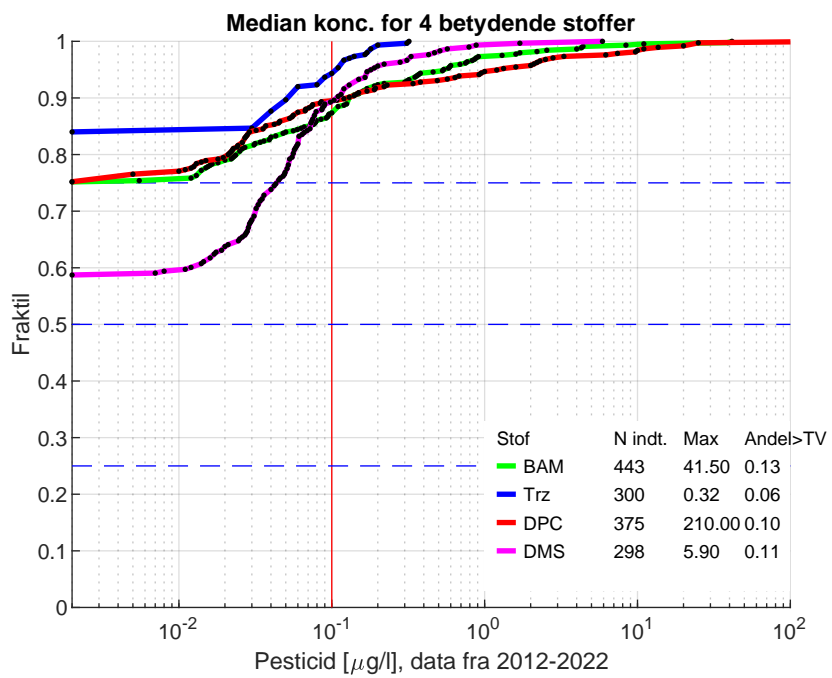
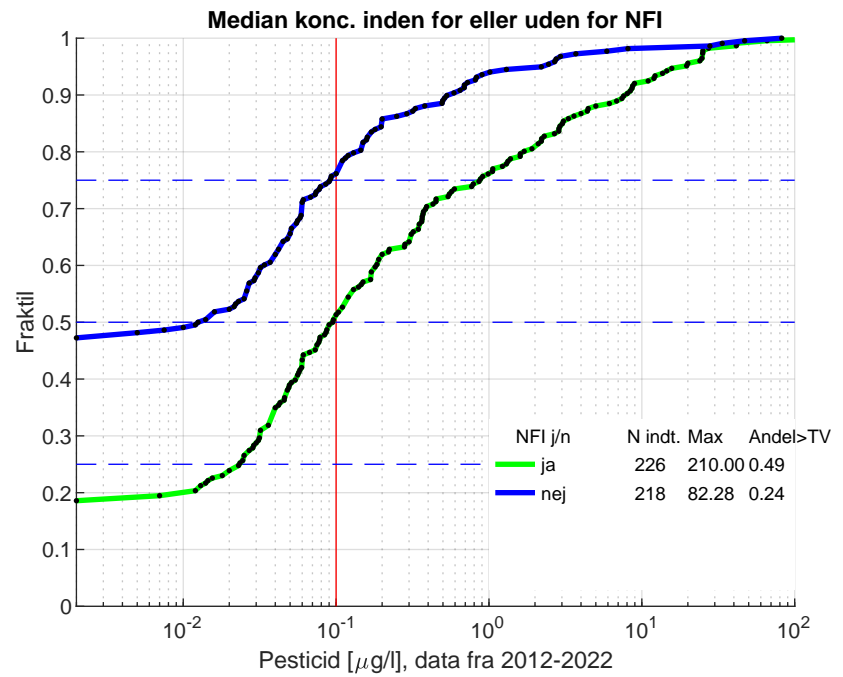
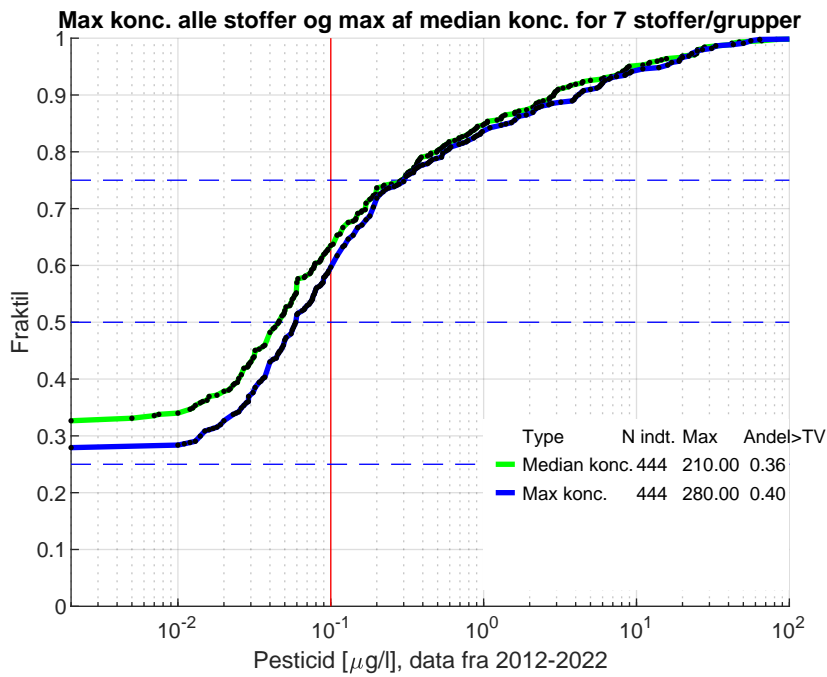
P-3: antal betydende pesticider/sumgrupper



P4: Max median konc. stoffer/grupper eller max konc. af alle stoffer

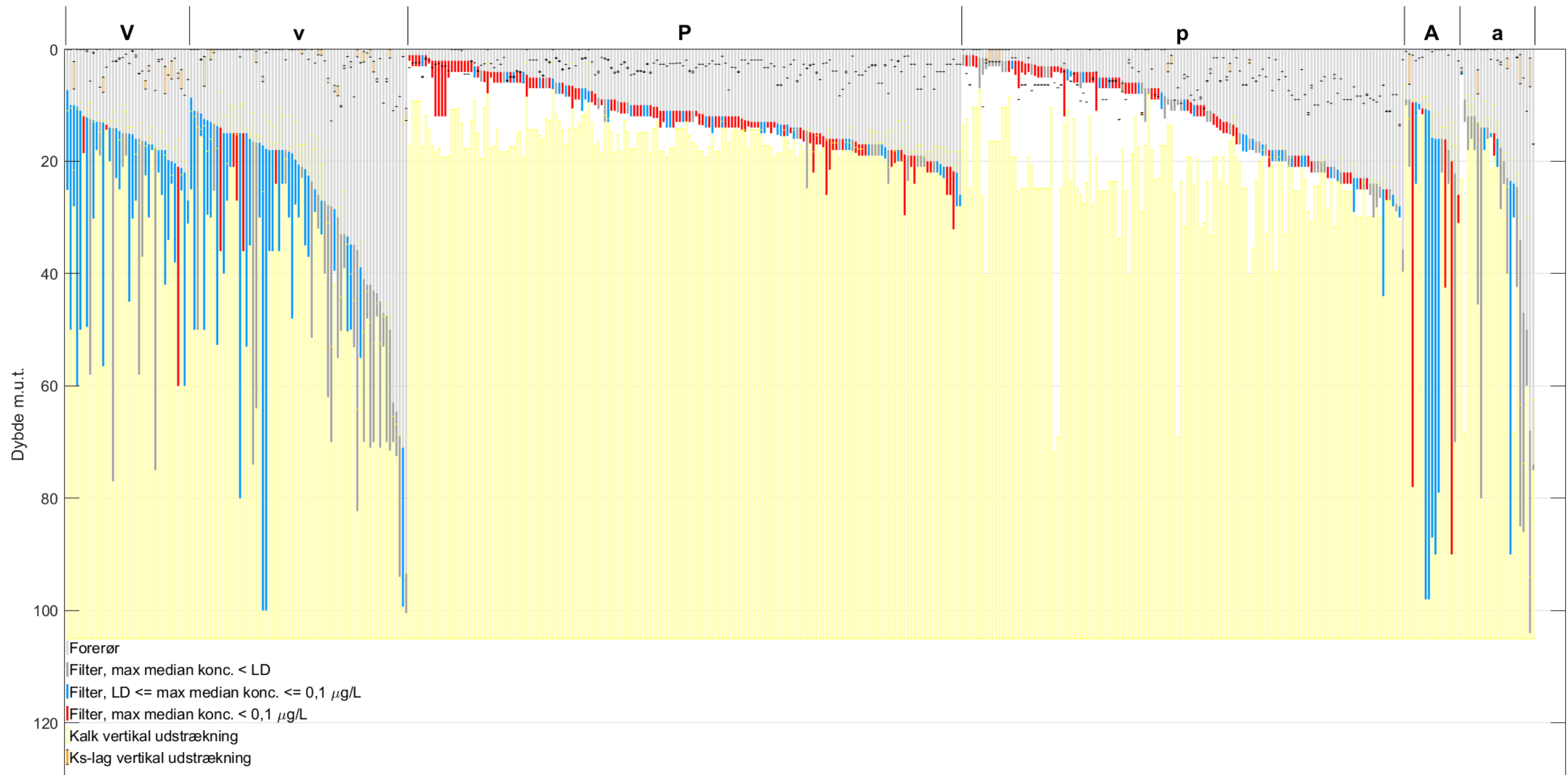


P-5: Fordelingskurver for Pesticider, Køge, pr. indtag



P-6: Median konc. for indtagsdybde pr. datatype, inden og uden for NFI, Køge

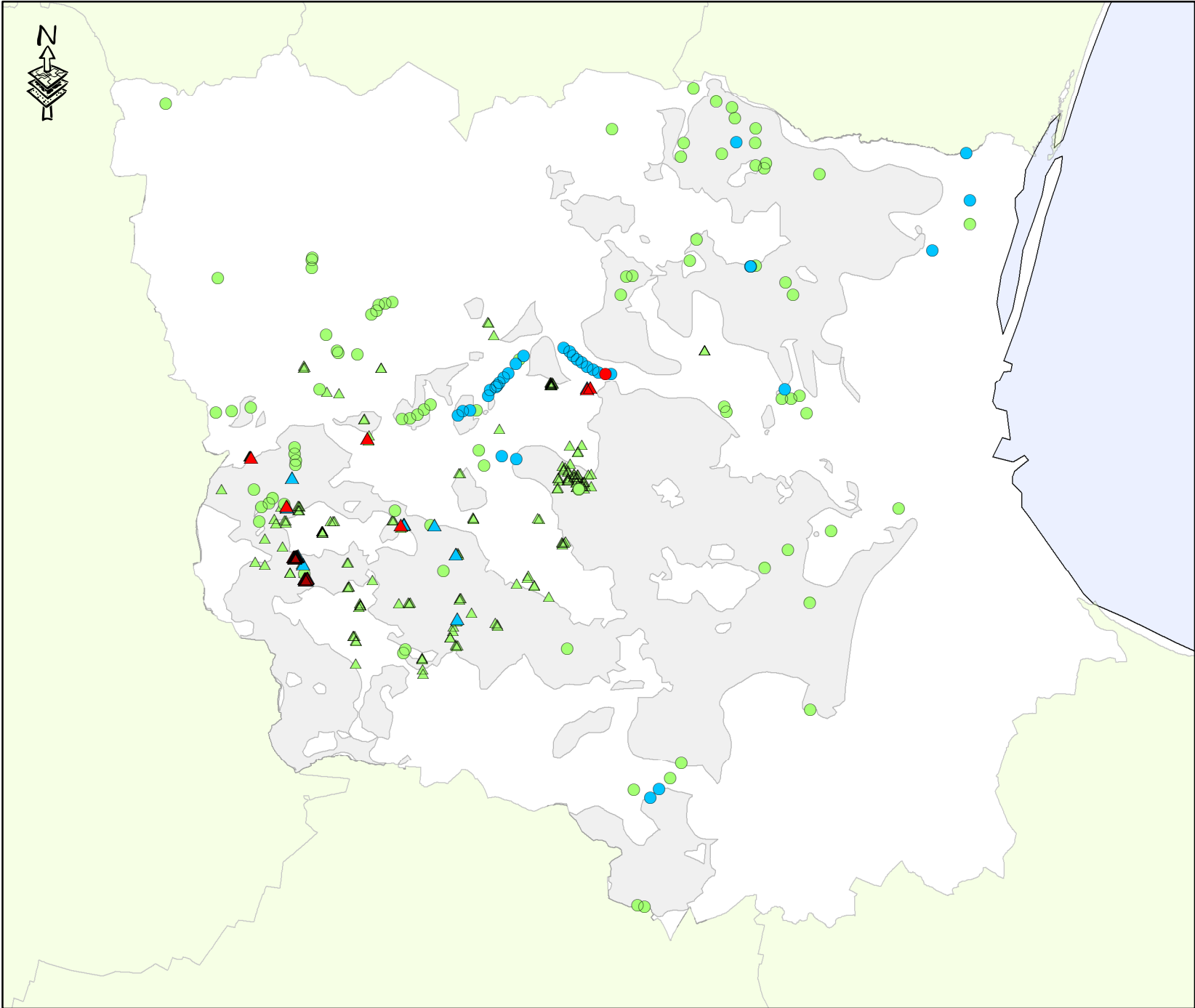
Indtagsdybder n=451



V = Vandforsyning, P = Punktkilde, A = GRUMO, Grundvandskortlægning, Andre

Data fra perioden 2012-2022

P-7: Median koncentration for Desphenyl chloridazon, DPC



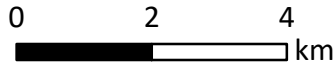
Median konc.

- ▲ Pkt.kilde <= LD
- ▲ Pkt.kilde LD - 0.1 µg/L
- ▲ Pkt.kilde 0.1 - 1 µg/L
- ▲ Pkt.kilde >1 µg/L
- Øvrige <= LD
- Øvrige LD - 0.1 µg/L
- Øvrige 0.1 - 1 µg/L
- NFI områder Køge

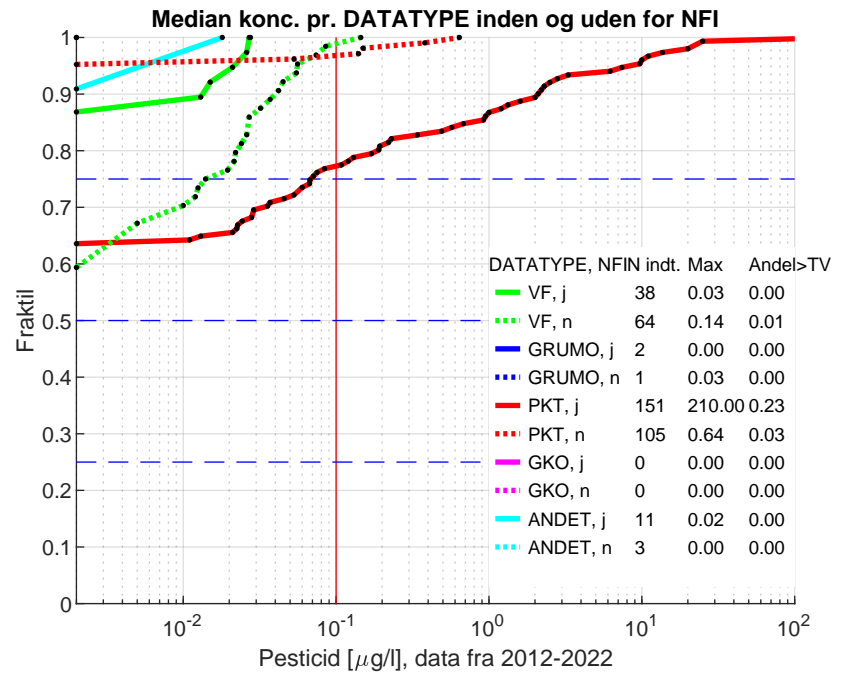
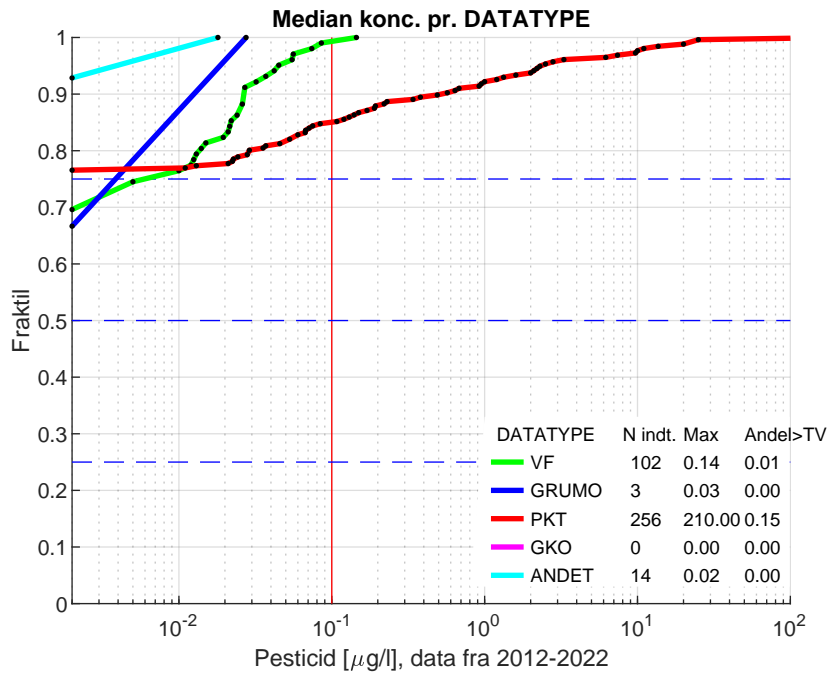
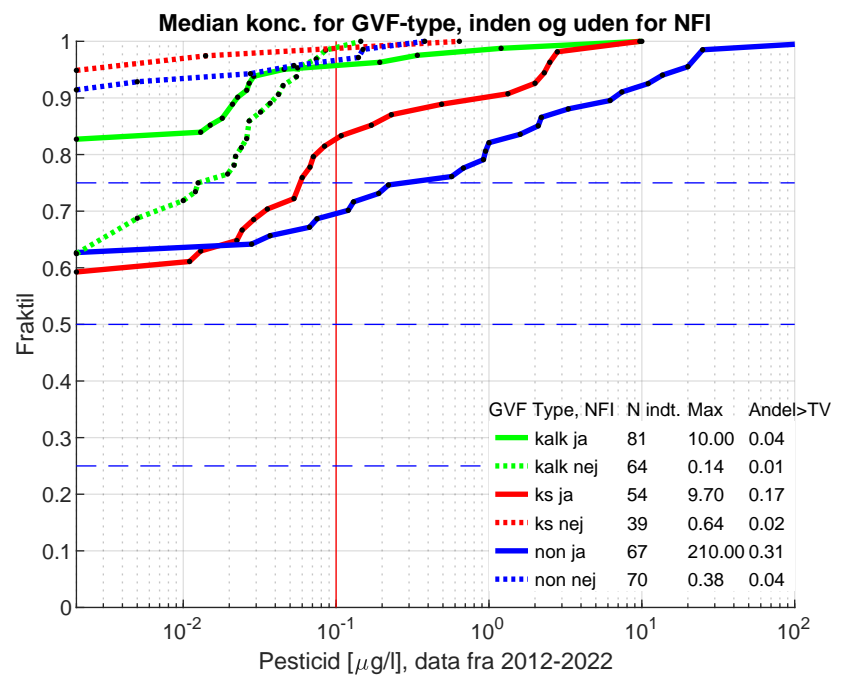
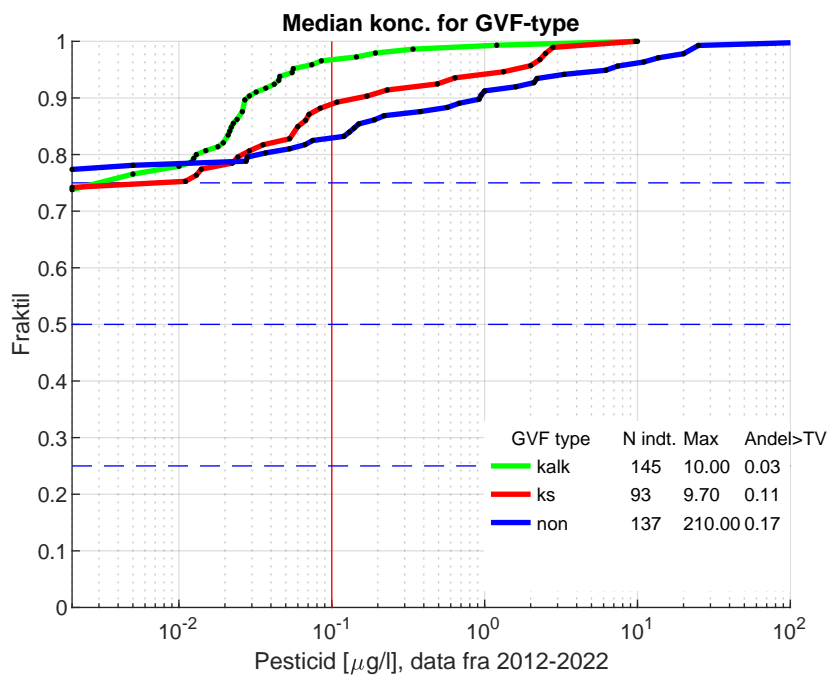
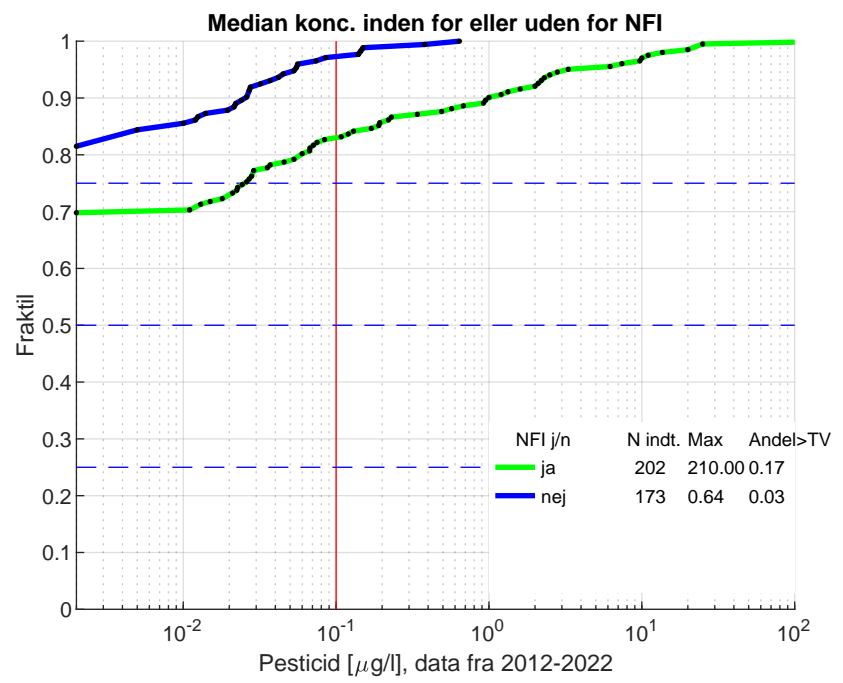
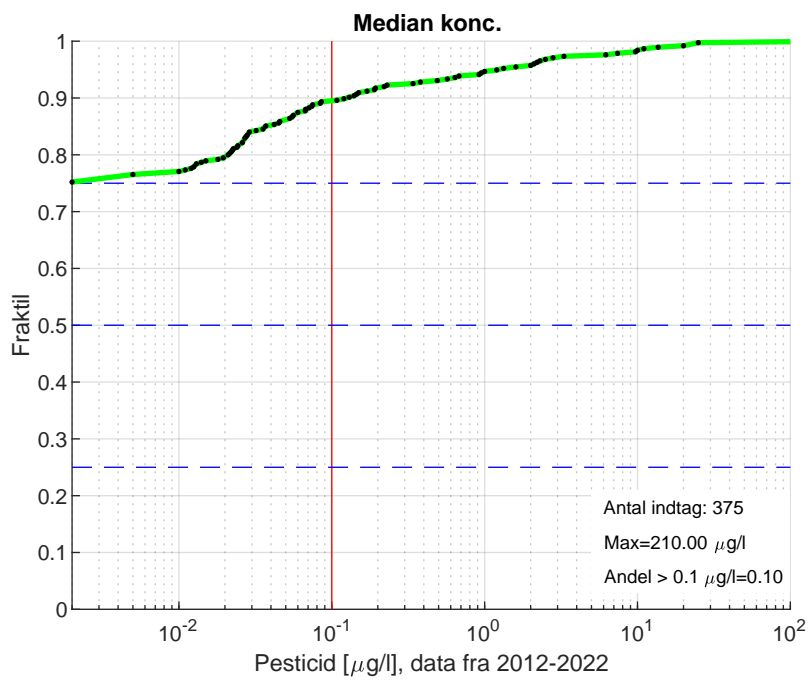
DATATYPE	Antal indtag		
	NFI ja	NFI nej	I alt
Punktkilde	151	105	256
Øvrige	51	68	119

DATATYPE	Fund (%)	
	NFI ja	NFI nej
Punktkilde	36.4	4.8
Øvrige	21.6	41.2

DATATYPE	Overskridelse (%)	
	NFI ja	NFI nej
Punktkilde	23.2	3.8
Øvrige	0	4.4

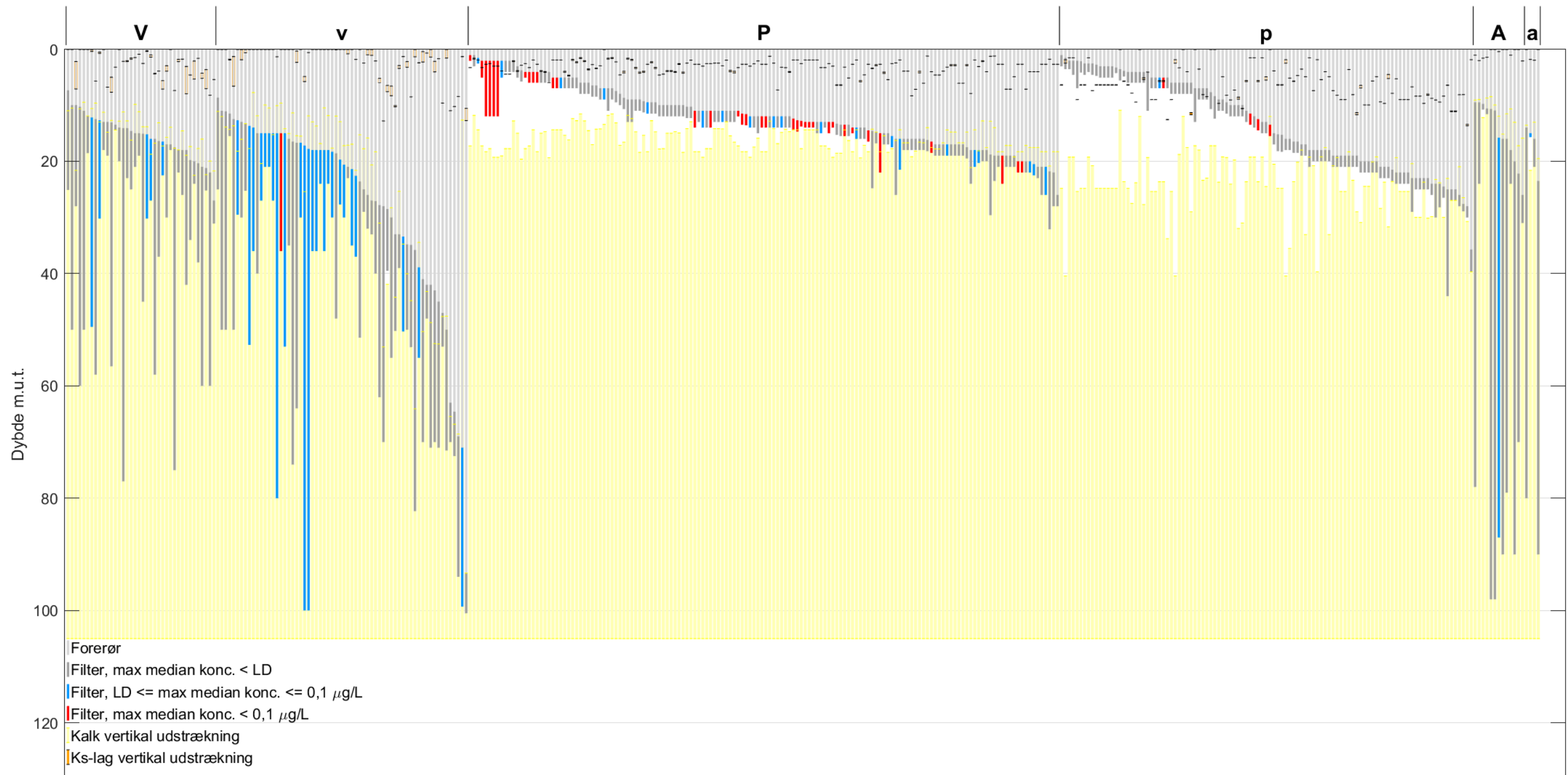


P-8: Fordelingskurver for Pesticider, DPC, pr. indtag



P-9: Median konc. for indtagsdybde pr. datatype, inden og uden for NFI, DPC

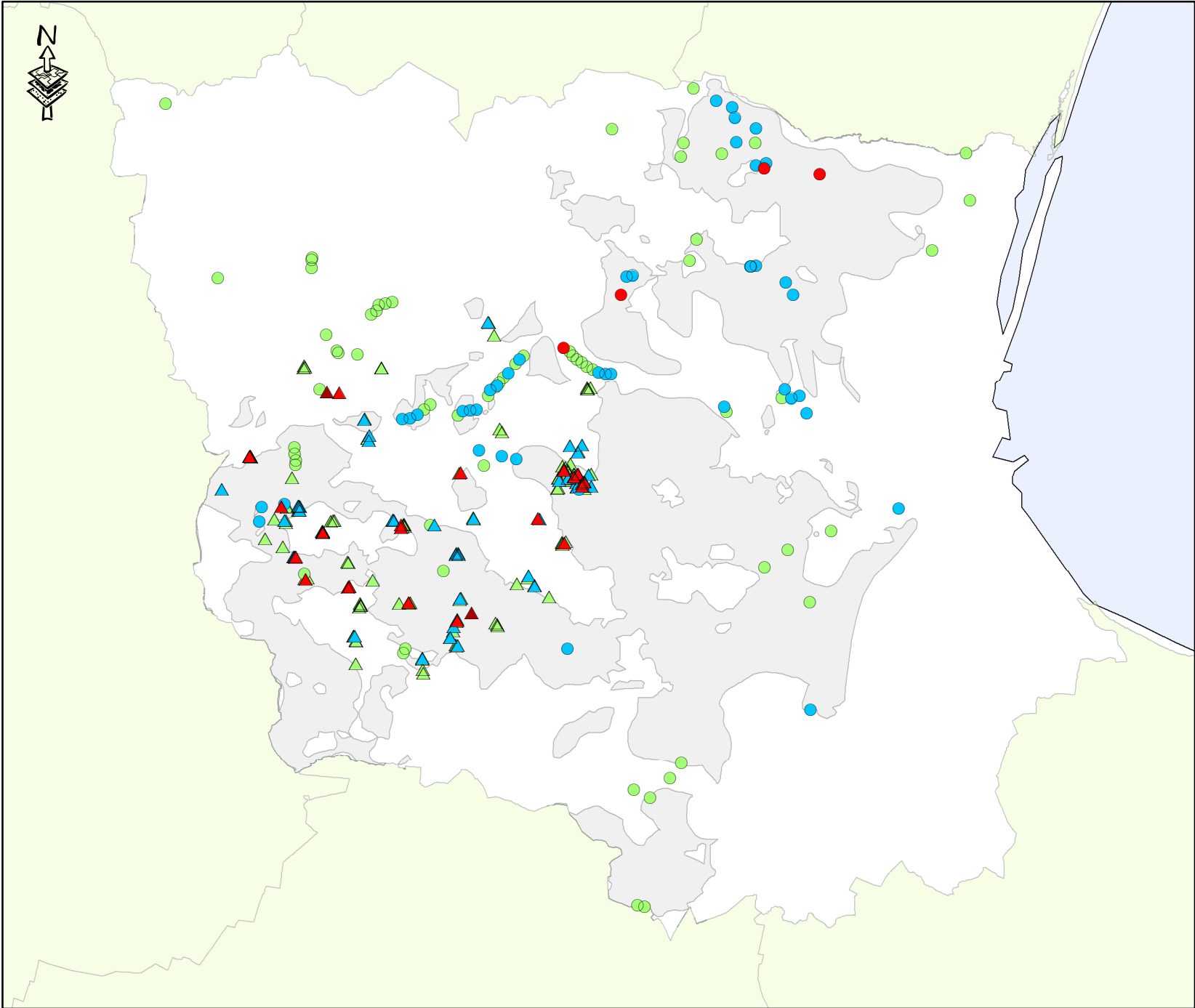
Indtagsdybder n=374



V = Vandforsyning, P = Punktkilde, A = GRUMO, Grundvandskortlægning, Andre

Data fra perioden 2012-2022

P-10: Median konc. for NN-Dimethylsulfamid, DMS,



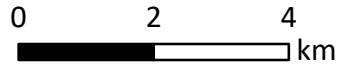
Median konc.

- ▲ Pkt.kilde <= LD
- ▲ Pkt.kilde LD - 0.1 µg/L
- ▲ Pkt.kilde 0.1 - 1 µg/L
- ▲ Pkt.kilde < 1 µg/L
- Øvrige <= LD
- Øvrige LD - 0.1 µg/L
- Øvrige 0.1 - 1 µg/L
- NFI områder Køge

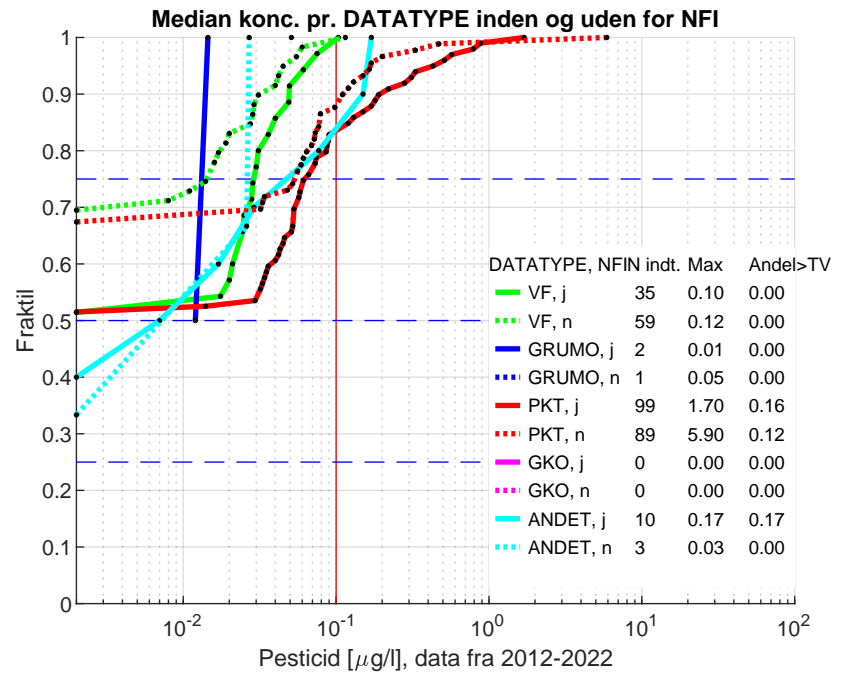
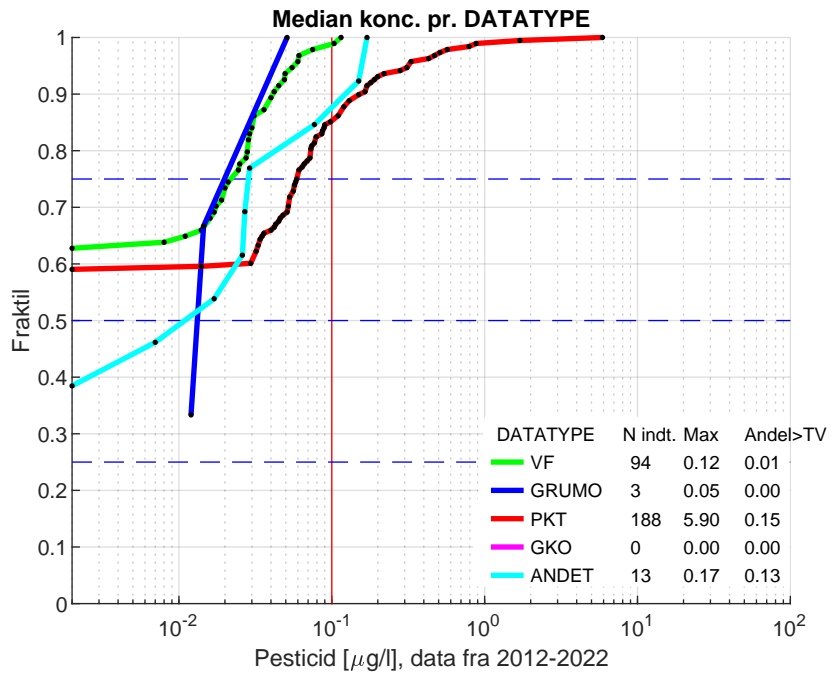
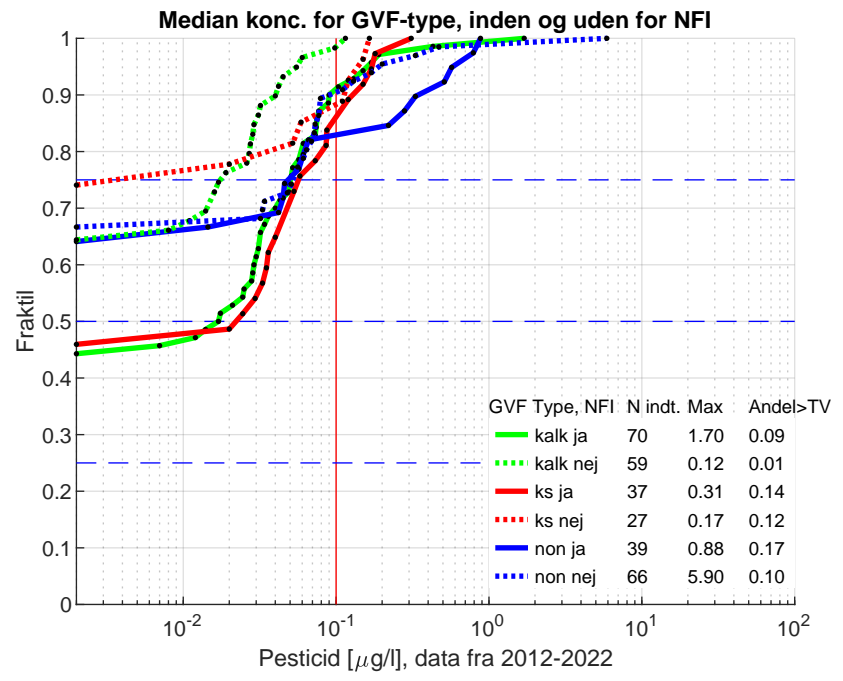
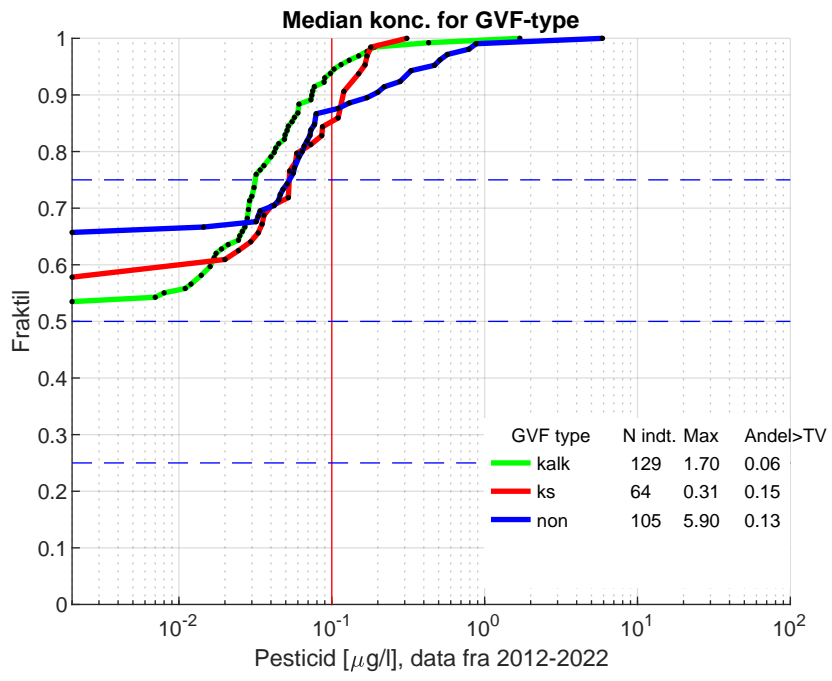
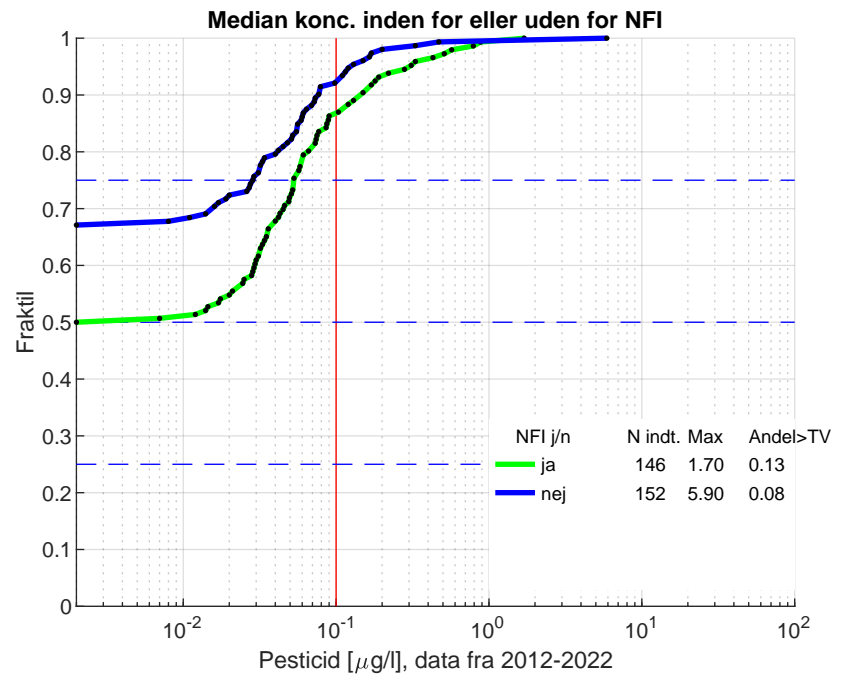
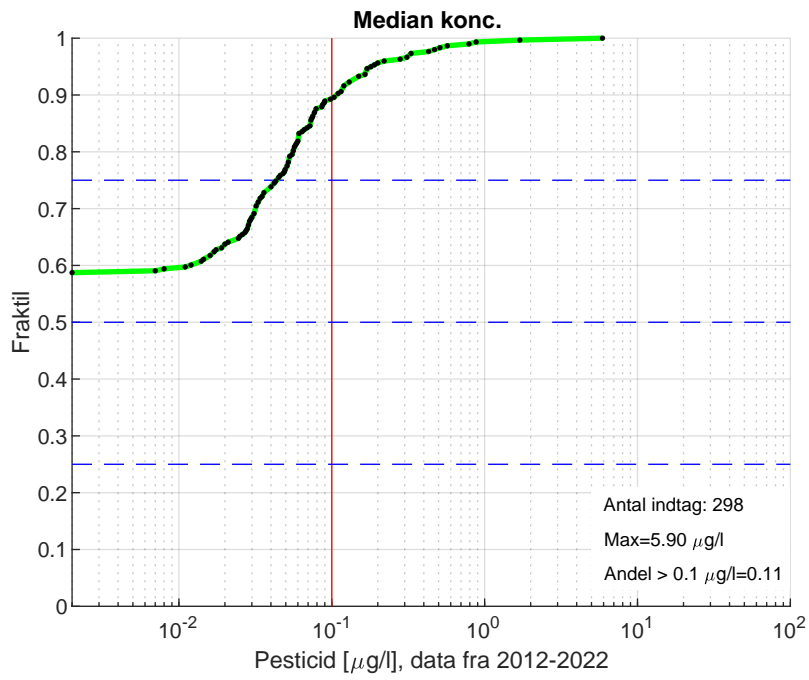
DATATYPE	Antal indtag		
	NFI ja	NFI nej	I alt
Punktkilde	99	89	188
Øvrige	47	63	110

DATATYPE	Fund (%)	
	NFI ja	NFI nej
Punktkilde	48.5	32.6
Øvrige	57.4	36.5

DATATYPE	Overskridelse (%)	
	NFI ja	NFI nej
Punktkilde	18.2	12.4
Øvrige	8.5	1.6

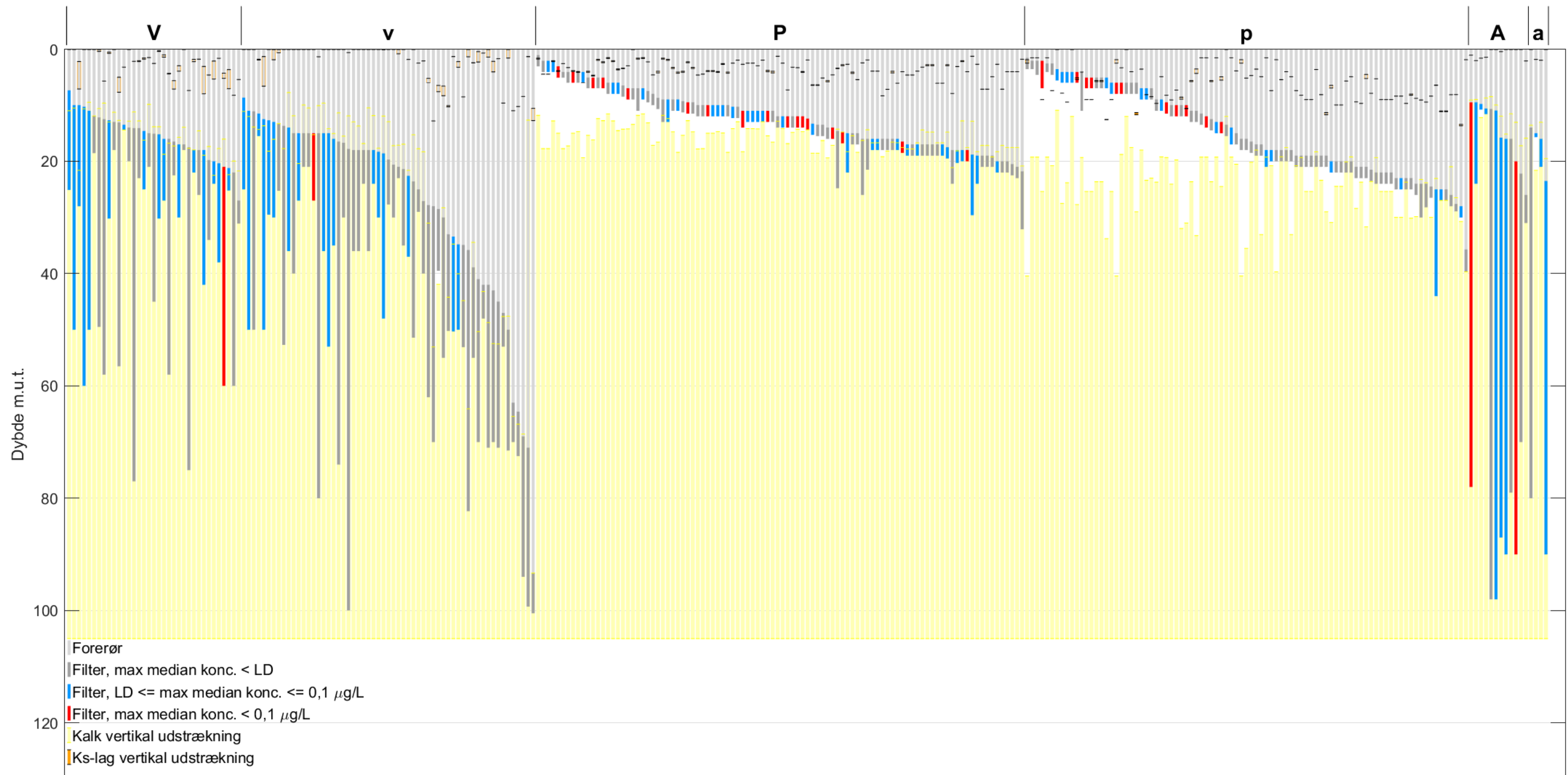


P-11: Fordelingskurver for Pesticider, DMS, pr. indtag



P-12: Median konc. for indtagsdybde pr. datatype, inden og uden for NFI, DMS

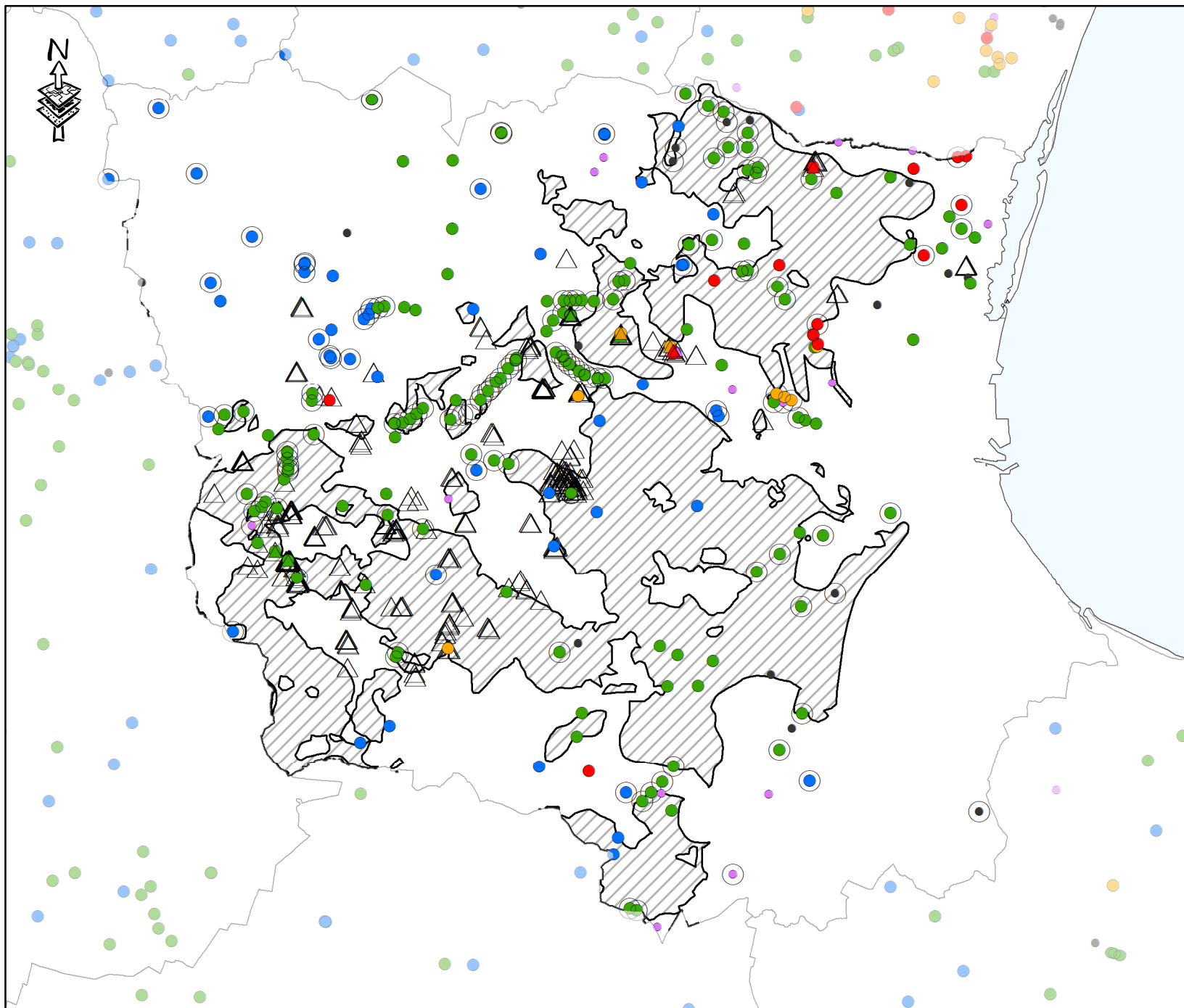
Indtagsdybder n=297



V = Vandforsyning, P = Punktkilde, A = GRUMO, Grundvandskortlægning, Andre

Data fra perioden 2012-2022

P-31: Redox vandtyper



Pesticid datapunkt

- △ Pkt.kilde
- Øvrige
- ▨ NFI områder Køge

REDOX vandtype

Seneste analyse 2000-2019

Depot

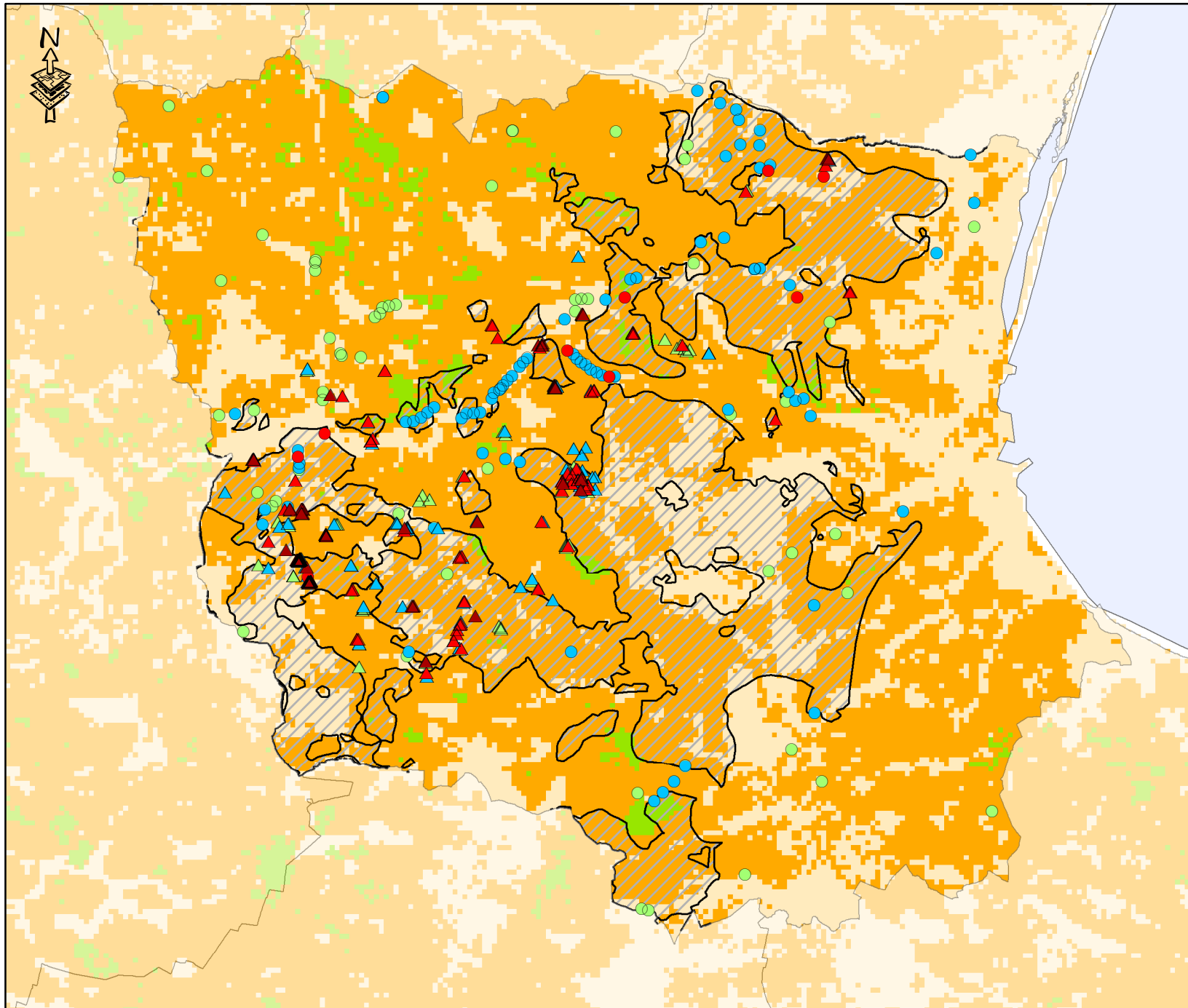
- ▲ A
- ▲ B
- ▲ C
- ▲ D
- ▲ X
- ▲ Y

Andet

- A
- B
- C
- D
- X
- Y



P-32: Øverste redoxgrænse



Pesticider, median konc.

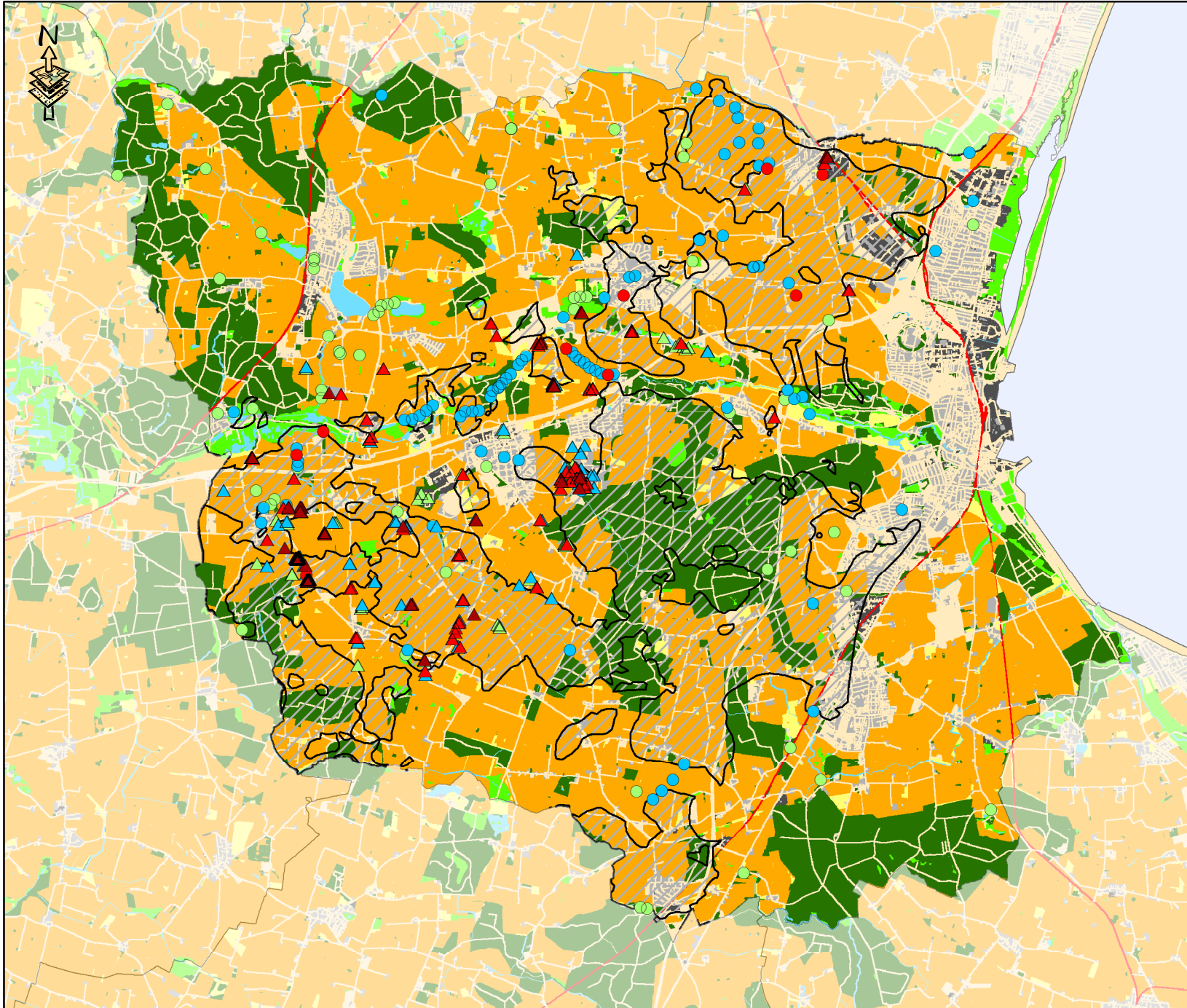
- ▲ Pkt.kilde < LD
- ▲ Pkt.kilde LD - 0.1 µg/L
- ▲ Pkt.kilde 0.1 - 1 µg/L
- ▲ Pkt.kilde > 1 µg/L
- Øvrige ≤ LD µg/L
- Øvrige LD - 0.1 µg/L
- Øvrige 0.1 - 1 µg/L
- ▨ NFI områder Køge

Øverste redoxgrænse

- < 1 m
- 1 - 3 m
- 3 - 5 m
- 5 - 10 m
- 10 - 15 m
- 15 - 30 m
- > 30 m

0 2 4 km

A-1: Arealanvendelse



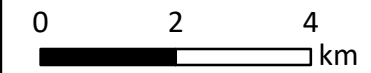
Pesticider, median konc.

- ▲ Pkt.kilde <math>< LD</math>
- ▲ Pkt.kilde $LD - 0.1\ \mu g/L$
- ▲ Pkt.kilde $0.1 - 1\ \mu g/L$
- ▲ Pkt.kilde $> 1\ \mu g/L$
- Øvrige $\leq LD\ \mu g/L$
- Øvrige $LD - 0.1\ \mu g/L$
- Øvrige $0.1 - 1\ \mu g/L$

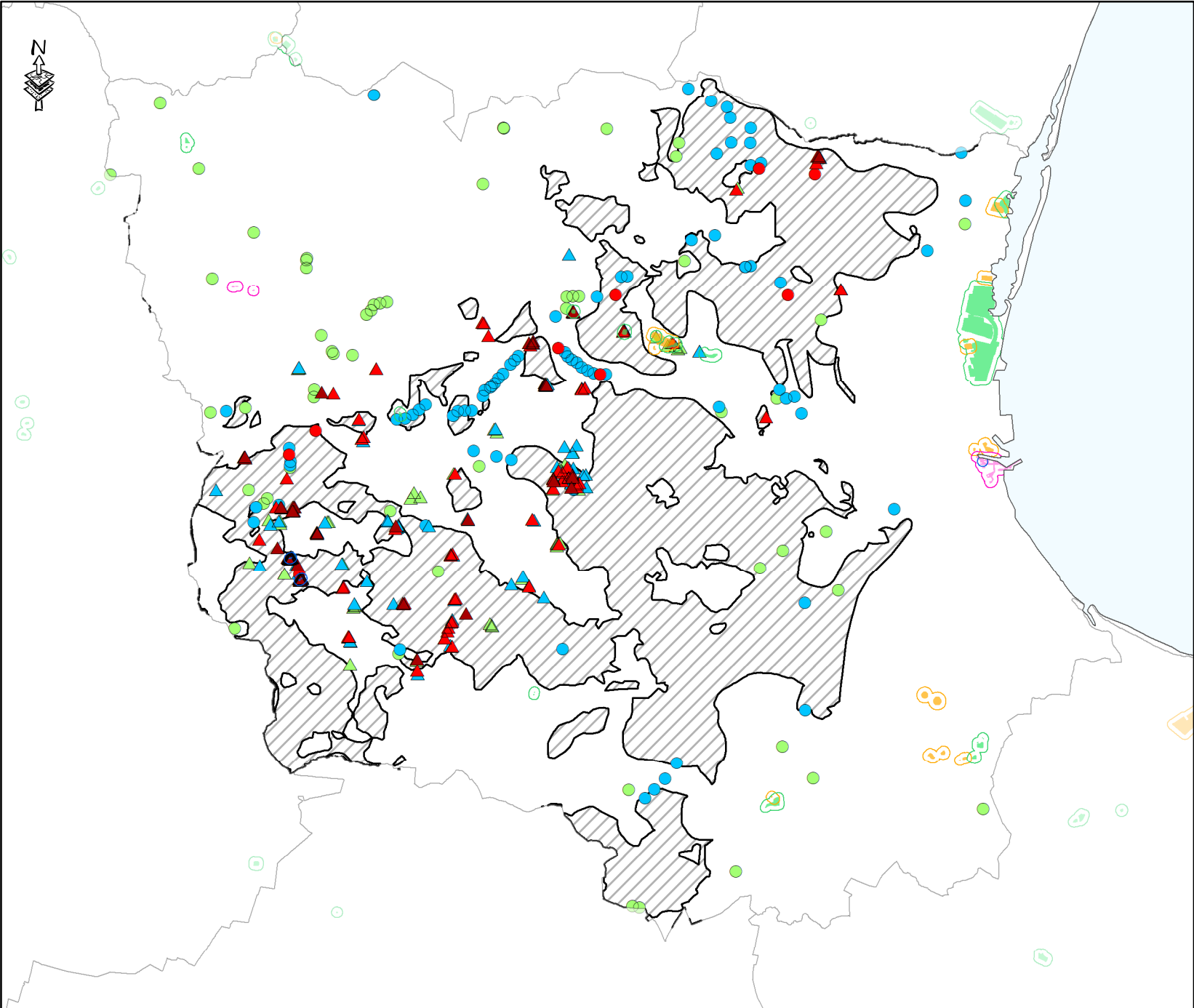
NFI områder Køge

Arealanvendelse

- Andet
- Bebygget
- Jernbane
- Industri og teknisk anlæg
- Ferske vande
- Natur
- Skov
- Landbrug intensivt + udefineret
- Landbrug ekstensivt

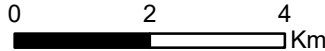


A2: Jordforurening, V1, V2 og lossepladser

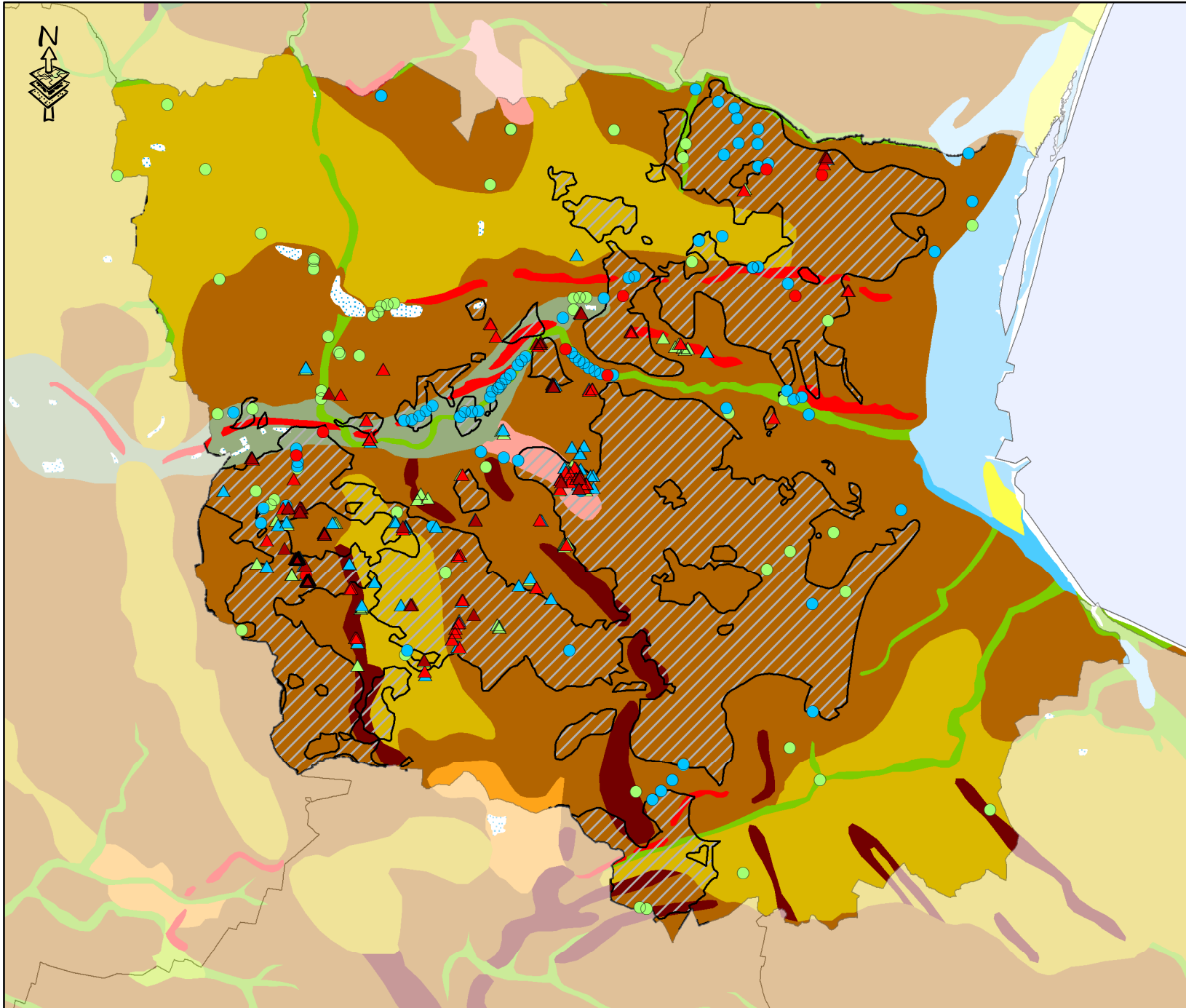


- Jordforurening**
- V1 Losseplads
- V1 Pesticid Relevante
- V2 Losseplads
- V2 Pesticid Relevante
- Pesticider, median konc.**
- ▲ Pkt.kilde < LD
- ▲ Pkt.kilde LD - 0.1 µg/L
- ▲ Pkt.kilde 0.1 - 1 µg/L
- ▲ Pkt.kilde > 1 µg/L
- Øvrige <= LD µg/L
- Øvrige LD - 0.1 µg/L
- Øvrige 0.1 - 1 µg/L
- Øvrige > 1 µg/L
- ▨ NFI områder Køge

Data fra Jordforureningstemaet er fra 2020



G-2: Geomorfologi

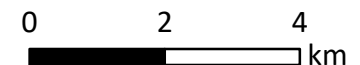


Pesticider, median konc.

- ▲ Pkt.kilde < LD
- ▲ Pkt.kilde LD - 0.1 µg/L
- ▲ Pkt.kilde 0.1 - 1 µg/L
- ▲ Pkt.kilde > 1 µg/L
- Øvrige ≤ LD µg/L
- Øvrige LD - 0.1 µg/L
- Øvrige 0.1 - 1 µg/L
- ▨ NFI områder Køge

Geomorfologi

- Sø
- Bundmoræneflade
- Tunneldal
- Ås
- Dødislandskab
- Randmorænebakke
- Hedeslette
- Erosionsdal
- Issøflade
- Strandvold
- Marin flade
- Søbund
- Mose
- Flyvesandsflade



G-4: Jordartskort 1:25.000i



Pesticider, median konc.

- ▲ Pkt.kilde < LD
- ▲ Pkt.kilde LD - 0.1 µg/L
- ▲ Pkt.kilde 0.1 - 1 µg/L
- ▲ Pkt.kilde > 1 µg/L
- Øvrige ≤ LD µg/L
- Øvrige LD - 0.1 µg/L
- Øvrige 0.1 - 1 µg/L

▨ NFI områder Køge

Jordartskort 1:25.000

Postglaciale lag

- FG - Ferskvandsgrus
- FS - Ferskvandssand
- FL - Ferskvandsler
- FP - Ferskvandsgytje
- FT - Ferskvandstørv
- HG - Saltvandsgrus
- HS - Saltvandssand
- ES - Flyvesand

Proglaciale lag

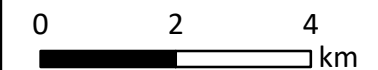
- TG - Smeltevandsgrus
- TS - Smeltevandssand
- TL - Smeltevandsler

Glaciale lag

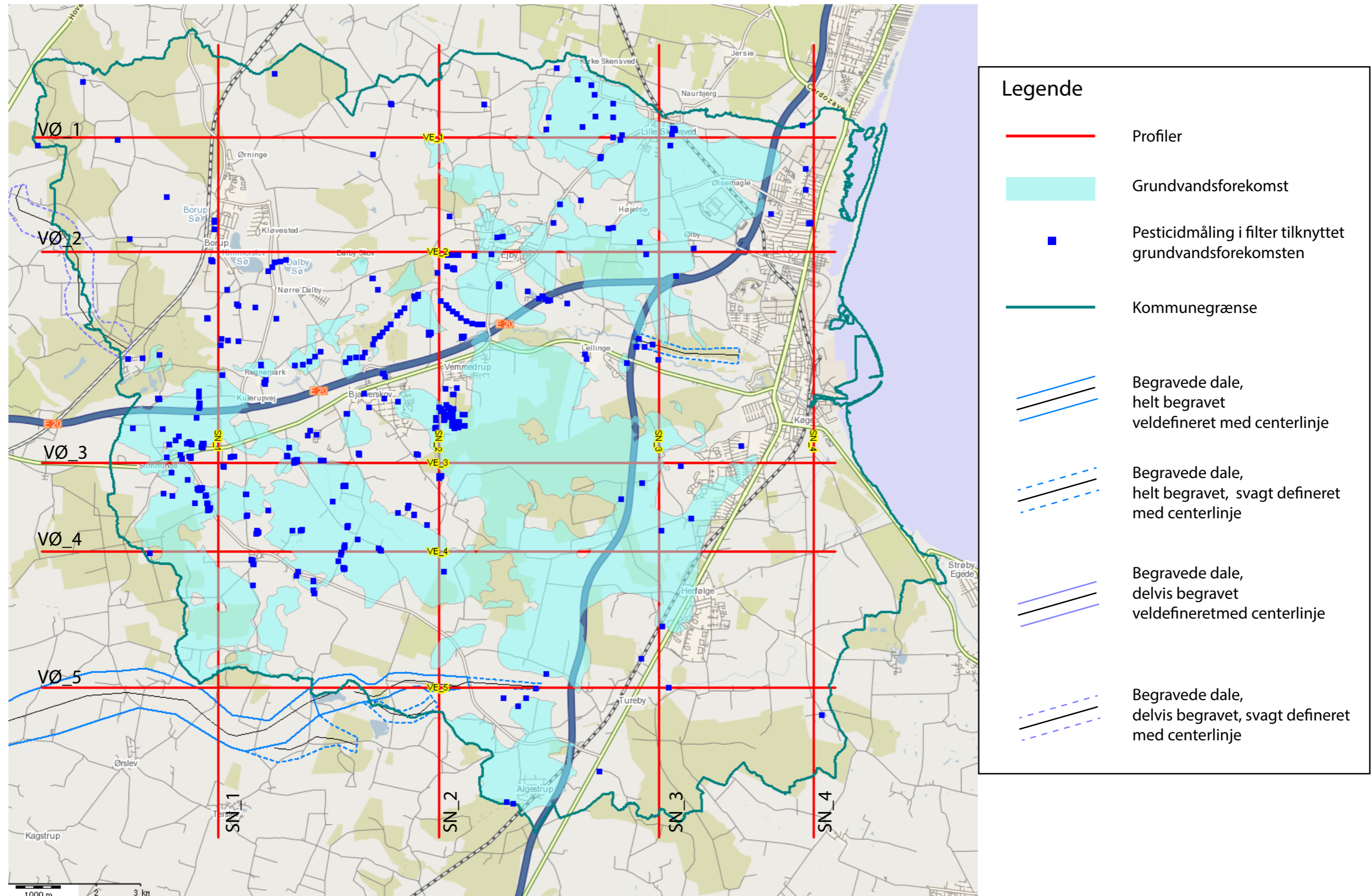
- DG - Smeltevandsgrus
- DS - Smeltevandssand
- DL - Smeltevandsler
- MG - Morænegrus
- MS - Morænsand
- ML - Moræneler

Øvrigt

- BY - Byområde
- SØ - Ferskvand
- X - Ukendt lag, oplysninger mangler

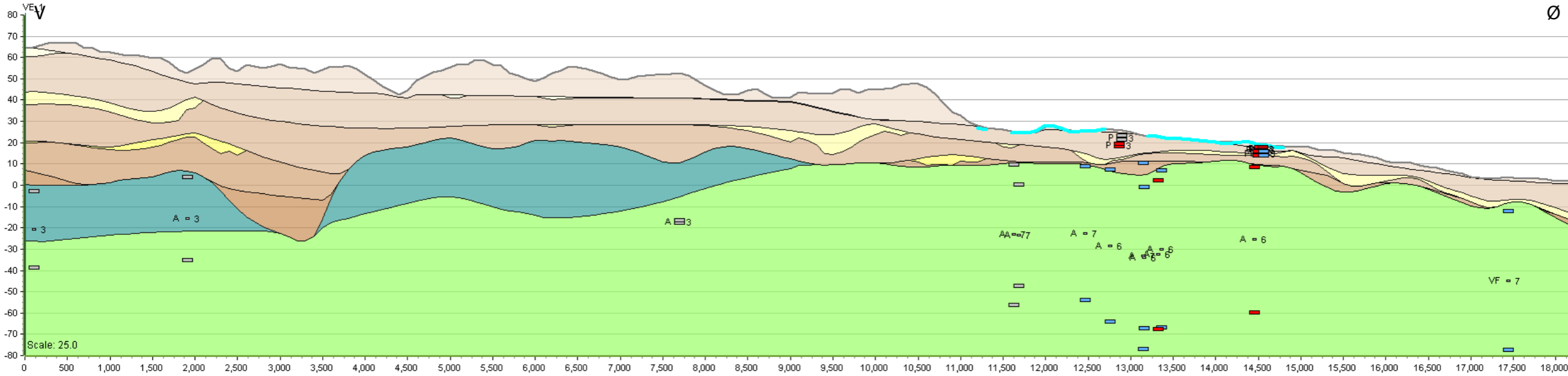


Tema G-8: Hydrostratigrafiske profiler med max median pesticid konc., datatyper og antal betydende pesticider

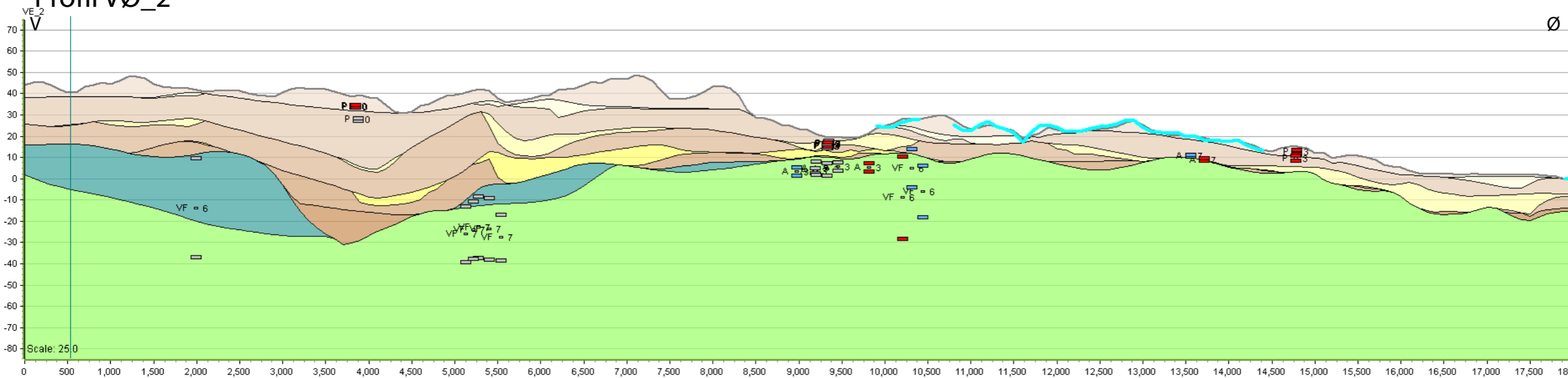


Tema G-8 : Hydrostratigrafiske profiler med pesticiddata

Profil VØ_1



Profil VØ_2



Sjælland og øer hydrostratigrafiske lag

- Kvartært ler KL1
- Kvartært sand KS1
- Kvartært ler KL2
- Kvartært sand KS2
- Kvartært ler KL3
- Kvartært sand KS3
- Kvartært ler KL4
- Kvartært sand KS4
- Kvartært ler KL5
- Prækvartært ler PL
- Kalk

Pesticider [$\mu\text{g/l}$]

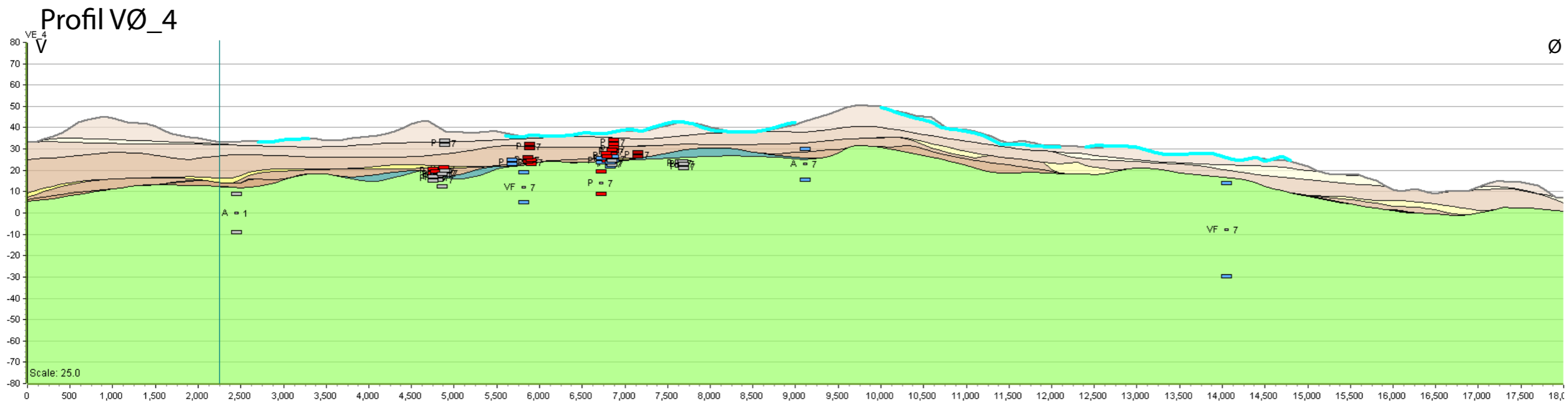
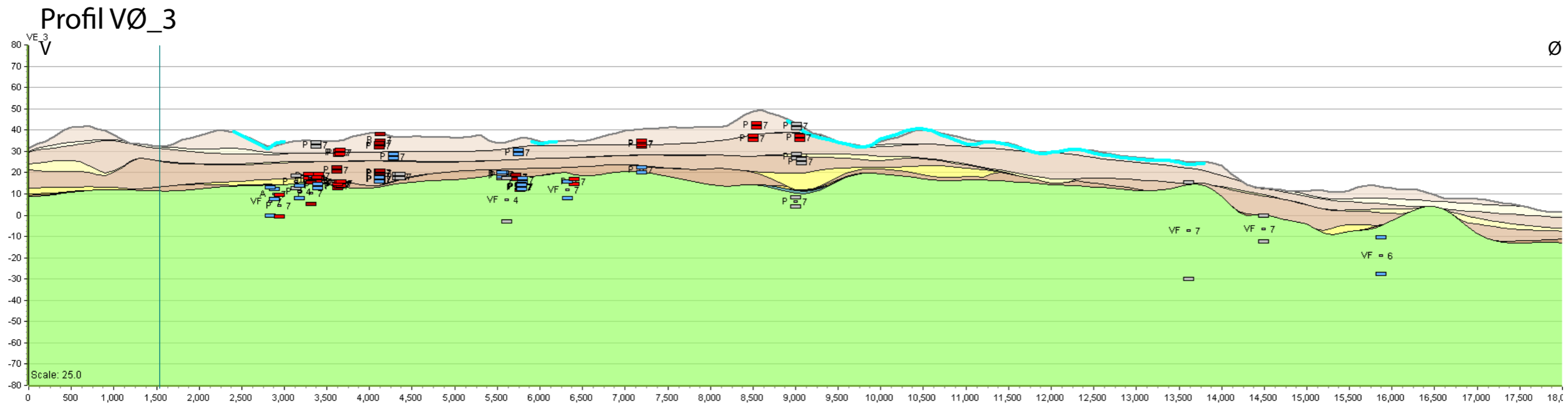
Max median koncentration af stoffer/grupper el. max konc øvrige stoffer alle målinger i perioden 2012-2022

- > 1
- 0.1 - 1
- LD - 0.1
- < LD

Øvrige informationer om data

- 2 Antal betydende pesticider/grupper
- P= Datatypen (P=punktkilde, VF=vandforsyning, A=øvrige datatyper (GRUMO, GKO, andre))
- NFI
- | Skæring med kommunegrænse

Tema G-8 : Hydrostratigrafiske profiler med pesticiddata



Sjælland og øer hydrostratigrafiske lag

- Kvartært ler KL1
- Kvartært sand KS1
- Kvartært ler KL2
- Kvartært sand KS2
- Kvartært ler KL3
- Kvartært sand KS3
- Kvartært ler KL4
- Kvartært sand KS4
- Kvartært ler KL5
- Prækvartært ler PL
- Kalk

Pesticider [$\mu\text{g/l}$]

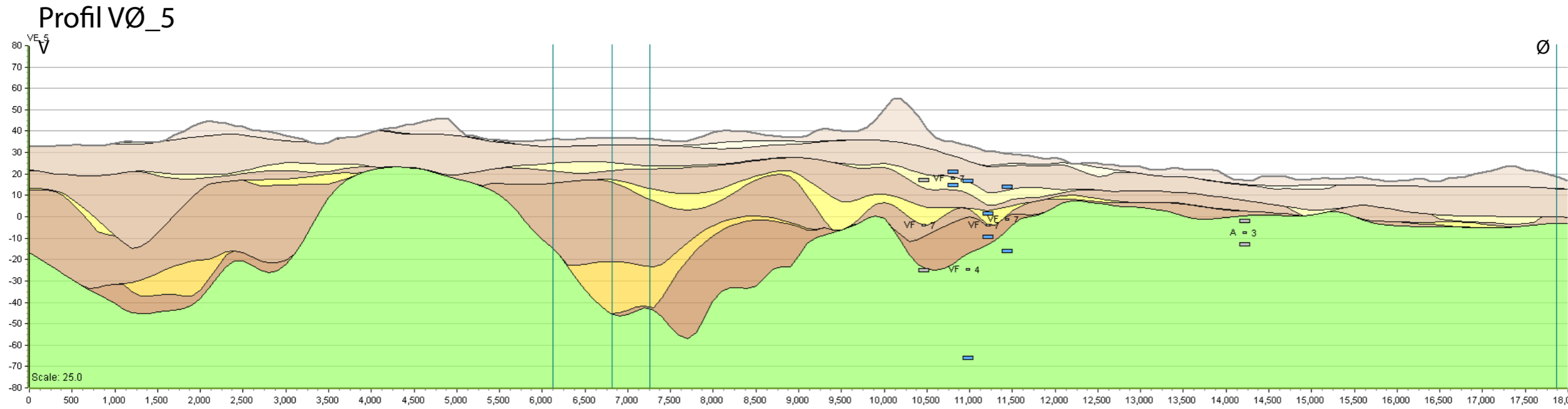
Max median koncentration af stoffer/grupper el. max konc øvrige stoffer alle målinger i perioden 2012-2022

- > 1
- 0.1 - 1
- LD - 0.1
- < LD

Øvrige informationer om data

- 2 Antal betydende pesticider/grupper
- P= Datatypen (P=punktkilde, VF=vandforsyning, A=øvrige datatyper (GRUMO, GKO, andre))
- NFI
- | Skæring med kommunegrænse

Tema G-8 : Hydrostratigrafiske profiler med pesticiddata



Sjælland og øer hydrostratigrafiske lag

- Kvartært ler KL1
- Kvartært sand KS1
- Kvartært ler KL2
- Kvartært sand KS2
- Kvartært ler KL3
- Kvartært sand KS3
- Kvartært ler KL4
- Kvartært sand KS4
- Kvartært ler KL5
- Prækvartært ler PL
- Kalk

Pesticider [$\mu\text{g/l}$]

Max median koncentration af stoffer/grupper el. max konc øvrige stoffer alle målinger i perioden 2012-2022

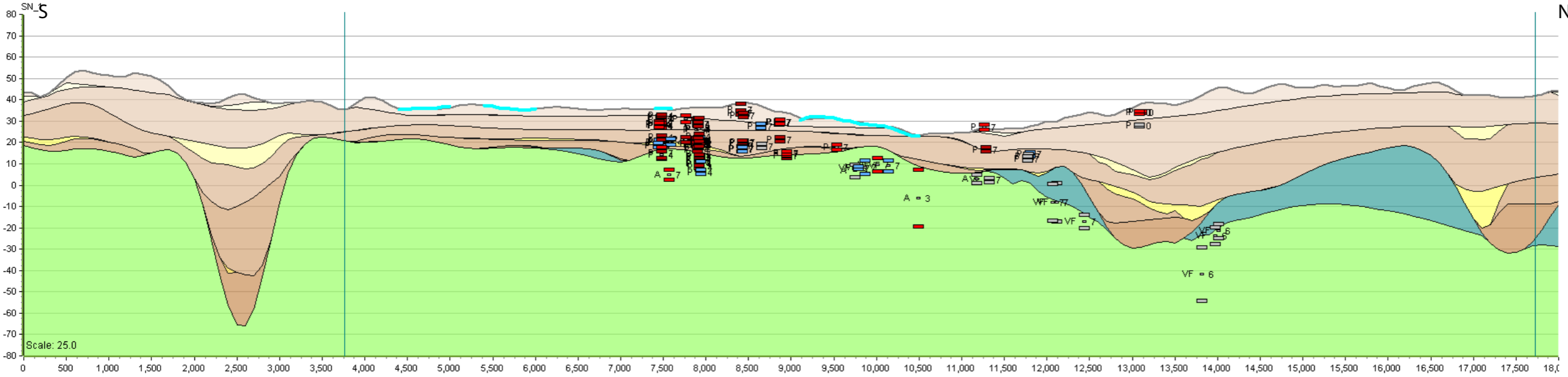
- > 1
- 0.1 - 1
- LD - 0.1
- < LD

Øvrige informationer om data

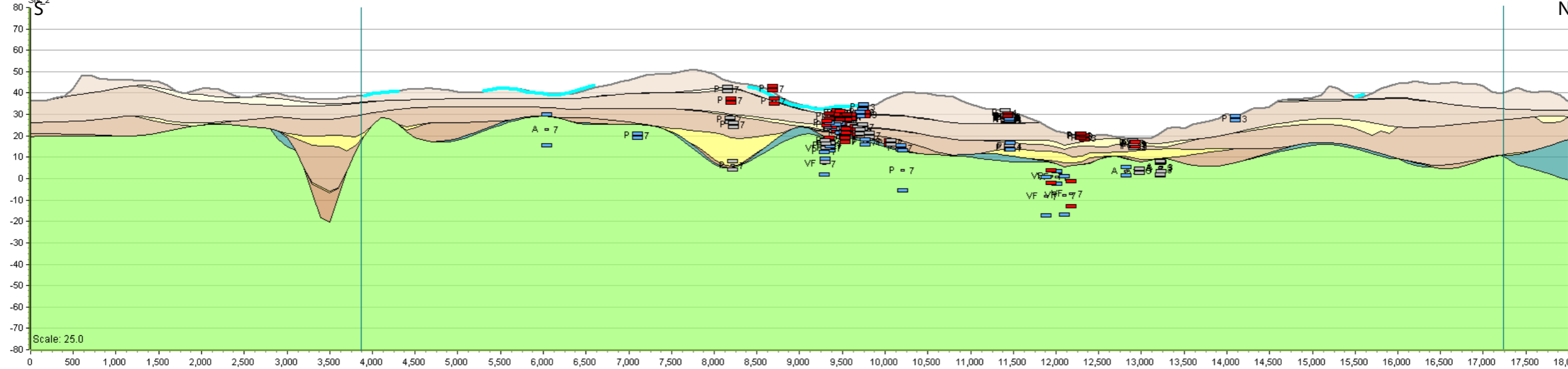
- 2 Antal betydende pesticider/grupper
- P= Datatypen (P=punktkilde, VF=vandforsyning, A=øvrige datatyper (GRUMO, GKO, andre))
- NFI
- | Skæring med kommunegrænse

Tema G-8 : Hydrostratigrafiske profiler med pesticiddata

Profil SN_1



Profil SN_2



Sjælland og øer hydrostratigrafiske lag

- Kvartært ler KL1
- Kvartært sand KS1
- Kvartært ler KL2
- Kvartært sand KS2
- Kvartært ler KL3
- Kvartært sand KS3
- Kvartært ler KL4
- Kvartært sand KS4
- Kvartært ler KL5
- Prækvartært ler PL
- Kalk

Pesticider [$\mu\text{g/l}$]

Max median koncentration af stoffer/grupper el. max konc øvrige stoffer alle målinger i perioden 2012-2022

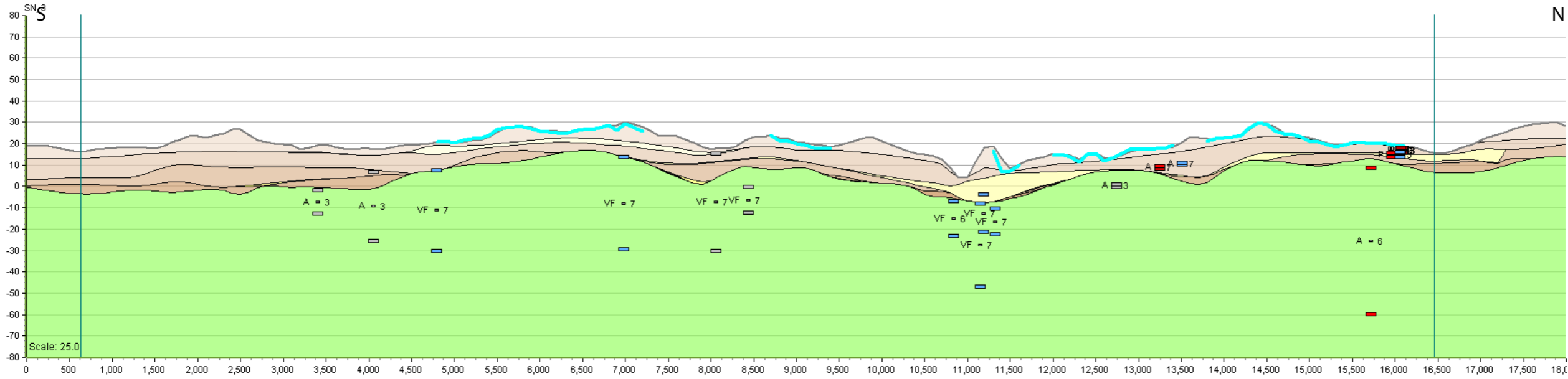
- > 1
- 0.1 - 1
- LD - 0.1
- < LD

Øvrige informationer om data

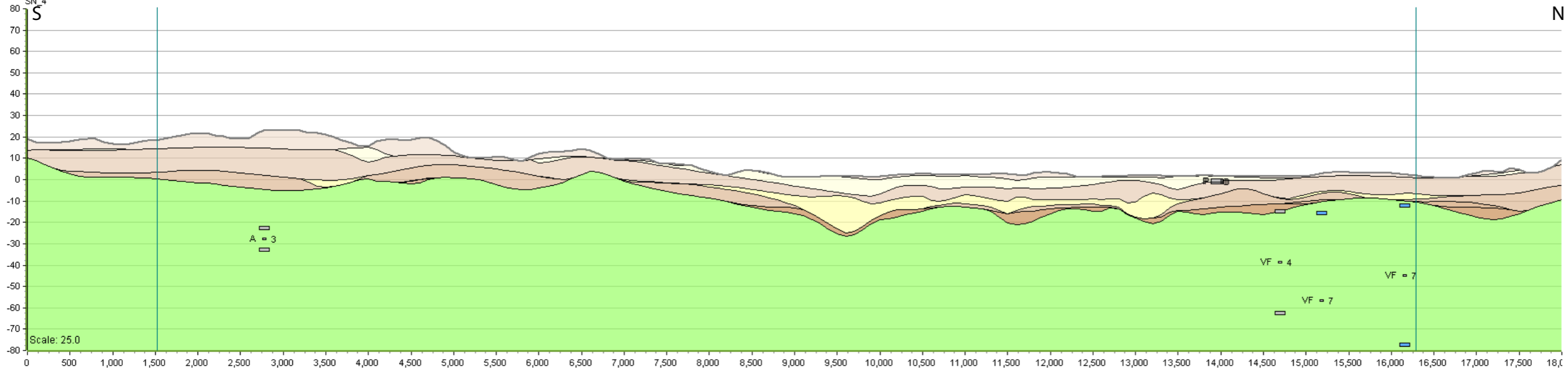
- 2 Antal betydende pesticider/grupper
- P= Datatypen (P=punktkilde, VF=vandforsyning, A=øvrige datatyper (GRUMO, GKO, andre))
- NFI
- | Skæring med kommunegrænse

Tema G-8 : Hydrostratigrafiske profiler med pesticiddata

Profil SN_3



Profil SN_4



Sjælland og øer hydrostratigrafiske lag

- Kvartært ler KL1
- Kvartært sand KS1
- Kvartært ler KL2
- Kvartært sand KS2
- Kvartært ler KL3
- Kvartært sand KS3
- Kvartært ler KL4
- Kvartært sand KS4
- Kvartært ler KL5
- Prækvartært ler PL
- Kalk

Pesticider [$\mu\text{g/l}$]

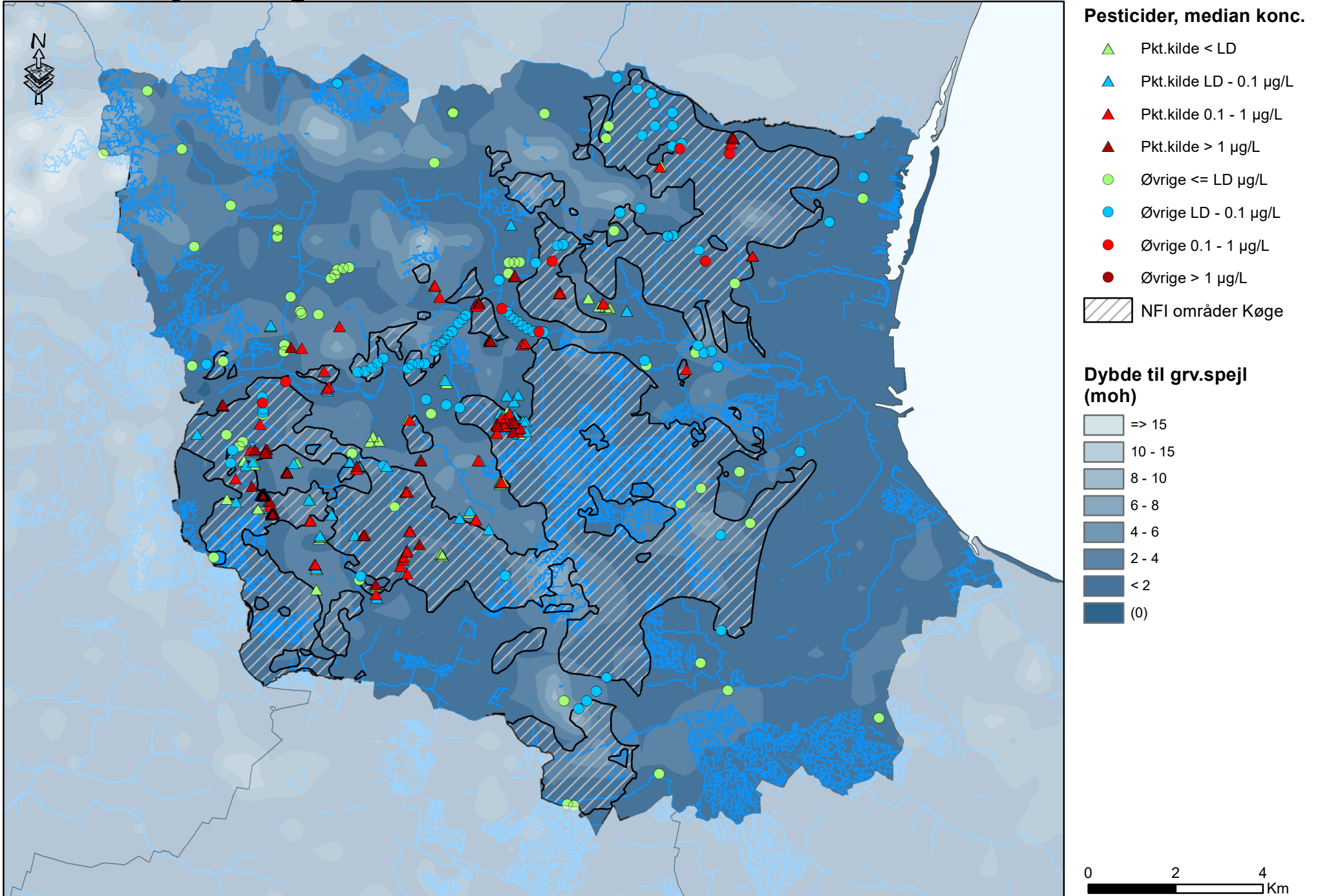
Max median koncentration af stoffer/grupper el. max konc øvrige stoffer alle målinger i perioden 2012-2022

- > 1
- 0.1 - 1
- LD - 0.1
- < LD

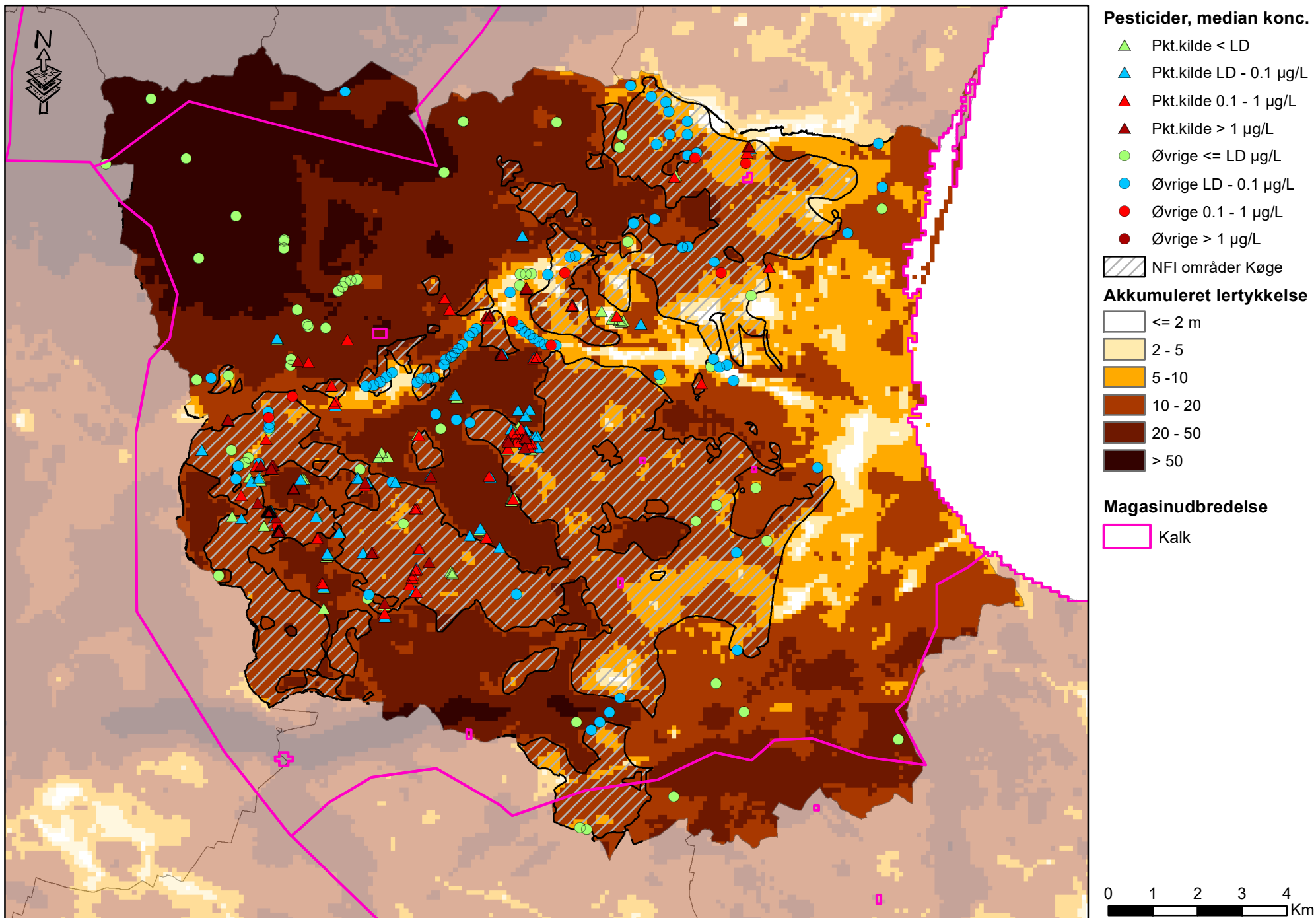
Øvrige informationer om data

- 2 Antal betydende pesticider/grupper
- P= Datatypen (P=punktkilde, VF=vandforsyning, A=øvrige datatyper (GRUMO, GKO, andre))
- NFI
- Skæring med kommunegrænse

Tema H4: Dybde til grundvandet



H-6: Akkumuleret lertykkelse over Kalk



Bilag 5.

Dokumentationsark workshop 20.juli 2022.



Dokumentationsark for Køge kommune

DATATYPER	NFI			Dybde u.t. til top af indtag		
	fordelt på indtag	Indtag	inden for NFI	uden for NFI	Mediandybde (m)	Indtag u. dybde
Punktkilde:	307		171	136	11,0	1
VF:	105		38	67	18,0	0
ANDET:	25		12	13	15,8	0
GRUMO:	5		3	2	9,8	0
GKO:	10		2	8	24,0	0
Indtag i alt	452		226	226		49

Oversigts-, geologiske og hydrologiske temaer

Tema O-1:	NFI i Køge kommune (kort)
Kommentar:	<i>Køge kommune har NFI'er udpeget i et strøg fra vest og sydvest til øst og nordøst.</i>
Tema G-1:	Overordnet geologisk ramme
Kommentar:	<i>Den overordnede geologiske ramme i Køge kommune er skitset i dette profilsnit gennem den hydrostratigrafiske model fra DK-modellen fra NV til SØ. I store dele er kalkaflejringer beliggende terrænnært. Mod NV, hvor kalkoverfladen dykker lidt overlejres kalken dels af paleogent ler og op til 100 m tykke kvartære aflejringer. I de resterende dele af kommunen har de overlejrende kvartære lag overvejende tykkelser på 10 m til 30 m. De kvartære aflejringer er domineret af lerede aflejringer.</i>
Tema G-3:	Terræn 10 m grid
Kommentar:	<i>Længst mod NV, hvor terrænet er højest og op omkring 75 m højde, er det småkuperet, mens det ellers udgøres af en forholdsvis jævn flade beliggende omkring kote 30-40 m i den vestlige halvdel og mod øst skråner mod øst ned mod havniveau. Fladen gennemskæres af et større dalsystem og brydes mod sydvest af et syd-nord orienteret bakkestrøg</i>
Tema H-1:	Dybde til DK-modellag - Kalk
Kommentar:	<i>Dette tema viser dybden til kalkoverfladen, som det fremgår i DK-modellen. Mod NV finder man de største dybder til kalkoverfladen og derudover er der områder i den vestlige halvdel og mod syd, hvor kalkoverfladen ligger dybere end 20 m. I disse områder er der ikke udpeget NFI.</i>
Tema H-3:	Grundvandsdannelse til Kalk med indvindinger
Kommentar:	<i>Beregninger i DK-modellen når frem til, at grundvandsdannelse til kalken overvejende er lav til moderat. Områder med størst grundvandsdannelse findes både inden og uden for NFI. I områder omkring ådale og dele af kysten er der ingen eller opadrettet grundvandsstrømning. Der er mange store indvindinger, specielt i den nordlige halvdel, som påvirker grundvandsstrømningen.</i>
Tema O-2:	Indvindingsoplande med VF boringer (kort)
Kommentar:	<i>Dette tema viser indvindingsoplande hørende til vandforsyningsboringer i Køge kommune. VF er markeret med prikkerne. Der er indvindingsoplande, som dækker det meste af kommunen på nær mod sydøst og længst mod øst og de ligger både inden for og uden for NFI.</i>
Tema O-3:	Grundvandsdannende oplande med VF boringer (kort)
Kommentar:	<i>Når man ser på de grundvandsdannende oplande ligger de fleste områder med den korteste modelleret transporttid inden for NFI. Områder, hvor den modellerede transporttid er mellemlang sker grundvandsdannelsen både inden for og uden for NFI. Stort set alle områder med en lang modelleret transporttid ligger uden for NFI. Det er ikke muligt på dette grundlag at vurdere, om det vand som prøvetages i VF-indtag er infiltreret på arealer inden for eller uden for NFI.</i>

Pesticid temaer

Tema P-1:	Datatyper i x,y (kort)
Kommentar:	<i>Vandforsyningsboringerne ligger i sær i ådale i lange rækker, med hovedparten centralt i området. De mange Punktkildetindtag ligger især i den centrale vestlige 1/5 af kommunen. Kun få andet og GRUMO indtag.</i>
Tema P-2:	Tabel for betydende pesticider/sumgrupper inden og uden for NFI, med fund og overskridelse (tabel)
Kommentar:	<i>Generelt god dækning med de betydende pesticider. Intet klart mønster VF anderledes end Punktkilde, formentlig idet VF har store oplande.</i>
Tema P-3:	Antal betydende pesticider/sumgrupper i x,y (kort)
Kommentar:	<i>Generelt god dækning med de betydende pesticider. Punktkilde og VF generelt 7 stoffer. Især GKO og andet har mindre god dækning betydende stoffer.</i>
Tema P-4:	Max median af konc. stoffer/grupper eller max konc. af alle stoffer i x,y (kort)
Kommentar:	<i>Mange fund og overskridelser i den centrale del af området. Mindst mod nordvest (forklaring følger nedenfor- formentligt gammelt vand). Overskridelser både indenfor og uden for NFI</i>
Tema P-5:	Fordelingskurver for alle pesticider (max median af konc. stoffer/grupper eller max konc. af alle stoffer) (plot)

Kommentar:	<i>Medianer af betydende forklarer hovedparten af pesticiderne. 50% overskridelser indenfor og 25 % overskridelser udenfor NFI. Betydende pesticider har alle > 5 % overskridelser og op til ca 40 % fund. 20 % fund af stofgrupperne. Punktkilde >> % fund og konc. end øvrige datatyper, hvor ca 50 % fund. GKO lav fund % med få betydende pest. Hovedpart af fund i kvartæret med ca. 75 % fund og 50 % overskridelser, men kalk dog 15 % overskridelser.</i>
Tema P-6:	Dybdeplot for alle pesticider (max median af konc. stoffer/grupper eller max konc. af alle stoffer) (plot)
Kommentar:	<i>Fund og overskridelser i alle dybder. Især i Punktkilde overskridelser ned til > 20 m.u.t viser pesticider kan trænge dybt ned ikke kun i OSD men også udenfor. Både gennem store lermægtigheder og i områder med lav grundvandsdannelse.</i>
Tema P-7:	Median konc. for desphenylchloridazon, DPC, i x,y (kort)
Kommentar:	<i>Kun få DPC fund i Punktkilde, og da høje koncentrationer. Mange fund i VF. Tabel viser ingen sammenhæng til NFI på Punktkilde og øvrige</i>
Tema P-8:	Fordelingskurver for desphenylchloridazon, DPC (plot)
Kommentar:	<i>Højeste koncentrationer i kvartæret men også ned i kalken. De højeste koncentrationer inden for NFI men også fund og overskridelser udenfor. Opdelt på datatyper ses omvendt fordeling VF og Punktkilde på indenfor /udenfor NFI</i>
Tema P-9:	Dybdeplot for desphenylchloridazon, DPC (plot)
Kommentar:	<i>samme som P-8. Der ses fund dybere end 22 m i VF uden for NFI.</i>
Tema P-10:	Median konc. for N,N-Dimethylsulfamid, DMS, i x,y (2 kort)
Kommentar:	<i>Høje fund% både inden og uden for NFI både VF og Punktkilde.</i>
Tema P-11:	Fordelingskurver for N,N-Dimethylsulfamid, DMS (plot)
Kommentar:	<i>40 % fund totalt, dog lidt højere hyppighed inden for NFI. Magasintyperne ikke meget forskellige. For alle geologier samme eller højere fundandele inden for NFI. Punktkildedatotypen næsten ens indenfor og udenfor</i>
Tema P-12:	Dybdeplot for N,N-Dimethylsulfamid, DMS (plot)
Kommentar:	<i>Dybdefordeling med fund og overskridelser ned til ca 20 m.u.t lille forskel på NFI og ikke NFI.</i>
Tema P-31:	Vandtyper i x,y (kort)
Kommentar:	<i>Vandtype C dominerer centralt i omådet, men også vandtype D især mod nordvest. Kun få redoxdata fra Punktkildeindtagene. Kunne være relevant at se på sammenhæng mellem redox og fundhyppigheder.</i>
Tema P-32:	Øverste redoxfront (kort)
Kommentar:	<i>Generelt højtliggende øvre redoxfront øger risiko for hurtig udvaskning til biologisk mindre aktivt miljø både i NFI og udenfor NFI. Ingen forskel på NFI og ikke NFI. Faktisk dybere udenfor.</i>

Antropogene temaer

Tema A-1:	Arealanvendelse (kort)
Kommentar:	<i>Der er ikke en væsentlig forskel på arealanvendelsen inden og uden for NFI. Hovedparten af pesticidmålepunkter er spredt ud over det åbne land, dernæst findes en del punkter i bebyggede områder, mens skovområder er ringe repræsenteret med målinger.</i>
Tema A-2:	Jordforurening, V1, V2 og lossepladser (kort)
Kommentar:	<i>Langt de fleste registrerede forurenede arealer med punktkilder ligger uden for NFI. Der er kun medtaget de V1/V2 arealer, som skønnes at have pesticidrelevans.</i>

Geologiske/geofysiske temaer	
Tema G-2:	Geomorfologisk kort 1:200.000
Kommentar:	<i>Det morfologiske kort fra GEUS viser, at NFI overvejende ligger på bundmoræneflade, mens områder uden for NFI har en større variation i landskabstyper og den hyppigst forekomne sammen med bundmoræneflade er dødislandskab. Der findes nogle strøg med randmorænebakker, som overvejende ligger uden for NFI. Generelt anses områder med randmorænebakker for steder, hvor pesticider hurtigt kan sive ned til underliggende magasiner.</i>
Tema G-4:	Jordartskort 1:25.000
Kommentar:	<i>Moræneler er den klart dominerende jordart.</i>
Tema G-8:	Hydrostratigrafiske profiler med max median konc., datatyper og antal betydende pesticider
Kommentar:	<i>DK-modellens hydrostratigrafiske lag er lagt ind i Geoscene3D sammen med pesticidmålinger og oplysninger om NFI. Der tegnes V-Ø og N-S gående tværsnit. Der observeres fund og overskridelser i hovedparten af alle indtag, som er placeret i de kvartære lag i de øverste 30 m, hvis der er analyseret for mere end 3 af de betydende stoffer/grupper. Det er stort set kun i indtag i kalk overlejret af tykke kvartære lag, hvor der ikke er fund af pesticider, hvis der er analyseret for hovedparten af de betydende stoffer/grupper. Der ses ikke forskel på om indtag er inden for eller uden for NFI.</i>

Hydrologiske temaer (fra DK-model2019)	
Tema H-4:	Dybde til grundvandsspejl
Kommentar:	<i>Grundvandsspejlet, modelleret i DK-modellen, er overvejende beliggende mindre end 5 m u.t. Hvor der er dybere til grundvandsspejlet er overvejende under højereliggende dele af terrænet.</i>
Tema H-6:	Akkumuleret lertykkelse over Kalk
Kommentar:	<i>Der er en meget tydelig sammenhæng mellem den akkumulerede lertykkelse over kalk og NFI, i der ikke er områder inden for NFI, hvor der er akkumulerede lertykkelser over 20 m (jf.metoden til udpegning af NFI).</i>

NOTAT

**GEUS**

Til: Region Sjælland og Danske Vandværker

Fra: Anders R. Johnsen, GEUS, Geokemisk Afdeling

J.nr. GEUS 218-0073

Ref. ARJ

24.01.2023

Undersøgelse af anvendelse af nitratfølsomme indvindingsområder (NFI) til brug for pesticidindsats.

Leverance 3: Definitioner af pesticidfølsomhed i tidligere studier samt deres relevans for den fremtidige grundvandsbeskyttelse.

I projektet ”Undersøgelse af anvendelse af nitratfølsomme indvindingsområder (NFI) til brug for pesticidindsats” er det vigtigt at definere begrebet ”pesticidfølsomhed”, så det forstås ens af alle projektets parter og gennem projektet anvendes på en ensartet måde. Pesticidstoffer defineres i dette notat som aktivstoffer i plantebeskyttelsesmidler og biocidholdige produkter, herunder deres omdannelses-, nedbrydnings- og reaktionsprodukter. I dette notat anvendes ”pesticider” som fællesbetegnelse for plantebeskyttelsesmidler og biocidholdige produkter, dog ikke i citater, hvor ”pesticider” oftest er synonymt med vores definition af pesticidstoffer.

I det følgende findes en gennemgang af forskellige rapporters forståelse og definition af pesticidfølsomme områder og en definition til brug i dette projekt. De tidligere undersøgelser har ofte taget udgangspunkt i retrospektive analyser af udbredelsen af pesticidstoffer fra pesticider, der ikke længere er godkendt. Disse pesticidstoffer har ofte været anvendt uden risikovurdering med hensyn til udvaskningsrisiko, eller de har været gennem en meget begrænset risikovurdering. Godkendelsesordningen for plantebeskyttelsesmidler blev kraftigt skærpet efter år 2000 og risikoen for udbredt grundvandsforurening som følge af brugen af godkendte plantebeskyttelsesstoffer er derfor væsentligt lavere end tidligere (Miljøstyrelsen, 2018). Konsekvensen ved en eventuel fremtidig, lokal pesticidudvaskning kan dog alligevel være ganske stor. Det skyldes, at det i nogle områder allerede nu er svært at finde nye kildepladser pga. den historiske anvendelse af pesticider. Det er fx tilfældet i projektets modelområde vest for Køge. Da der fra de øverste jordlag stadigvæk udvasker pesticidstoffer fra pesticider, der ikke længere er godkendt, fx DPC og DMS, vil en nuværende eller fremtidig udvaskning af pesticidstoffer fra godkendte pesticider kunne forværre

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

Tlf. 38 14 20 00

CVR-nr. 55 14 50 16
EAN-nr. 5798009814814

geus@geus.dk
www.geus.dk

*GEUS er en forsknings-
og rådgivningsinstitution
i Klima-, Energi- og
Forsyningsministeriet*

NOTAT

Side 2 af 16

situationen. Det er derfor vigtigt, at pesticidfølsomhed beskrives i relation til den eksisterende lovgivning og regulering af pesticider og den fremadrettede grundvandsbeskyttelse.

Hvordan defineres pesticidfølsomme områder – historisk gennemgang af kobling til nitrat og redoxkemi

Århus Amt/Kommune 2006-2013

I projektet tages udgangspunkt i en formodet sammenhæng mellem nitratfølsomme indsatsområder og pesticidfølsomme områder. Så vidt vi har kunnet opspore, nævnes denne sammenhæng første gang i en rapport fra Århus Amt (Grønhøj m.fl., 2006), hvor det konkluderes at: *”der flere steder i Århus Syd-området er fund af pesticider inden for de udpegede nitrat-sårbare områder.....Alle de udpegede nitratsårbare områder skønnes også at have en betydelig ”anden sårbarhed”. Med ”anden sårbarhed” menes, at der er risiko for andre forureningskilder (specielt pesticider) end nitrat i grundvandet”* (Grønhøj m.fl., 2006). Påstanden er baseret på et moderat visuelt sammenfald på et udbredelseskort over udpegede nitratsårbare områder og boringer med påviste pesticidstoffer, oftest BAM, sjældnere phenoxysyrerne dichlorprop, mechlorprop og 4-CPP. Det konkluderes også at: *”I byområderne i Århus Syd-området er der ofte fundet pesticider”*. Analysen dækkede et mindre område i Århus Syd på 153 km². Nogle af boringerne med pesticidstoffer lå udenfor nitratsårbare områder, Århus Amt tog derfor følgende forbehold: *”Der er flere steder i Århus Syd-området, hvor der er fund af pesticider uden for byerne og de nitratsårbare områder. Fundene kan enten skyldes: 1. Geologiske vinduer, hvor pesticiderne vil kunne udvaskes til grundvandsmagasinerne, 2. Nedsivning af pesticider i sprækker i lerdæklagene eller 3. Utætte boringer.”* Pesticidfølsomhed er altså i denne rapport defineret som nitratfølsomme områder plus byområder og områder med opsprækket ler eller geologiske vinduer.

Vurderingerne gjaldt i forhold til den konkrete undersøgelse, og der peges ikke på en generel sammenhæng. Dertil kan man tillægge, at denne ældre arealanalyse ikke tager højde for udbredelsen af de ”nye” og meget hyppigt forekommende pesticidstoffer DPC, MDPC, DMS og R471811. Geologiske vinduer blev defineret på følgende måde: *”Et geologisk vindue er et sted, hvor lerdæklaget ikke er sammenhængende, og hvor der er permeable sandede områder ved jordoverfladen og samtidig hydraulisk kontakt til grundvandsmagasinet. Her er der risiko for nedsivning af bl.a. nitrat og pesticider til grundvandsmagasinet.... Reducerede jordlag over iltede jordlag i en boring skyldes forekomsten af geologiske vinduer”* (Grønhøj m.fl., 2006).

Datagrundlaget er udbygget i en efterfølgende rapport, hvor der var optællinger af boringer med nitrat og pesticidstoffer i et større område (Basisanalyse, Vanddistrikt 70¹, Århus Amt, 2006). Optællingerne viste at: *”pesticider forekommer i op til 40 % af det nitratholdige grundvand for vandtype A og B, mens forekomsten i det nitratholdige vand er væsentlig lavere.....Da de nitratholdige grundvandsforekomster hermed udpeges som værende i risiko for ikke at kunne overholde miljømålet for pesticider, opnår vi en overensstemmelse med de grundvandsforekomster, der allerede ovenfor er udpeget i forhold til nitrat.”* (Århus Amt, 2006).

¹ Vanddistrikterne blev udpeget til brug i Vandplan I.

NOTAT

Side 3 af 16

Rapporten konkluderede altså kort sagt at: Pesticidstoffer forekom oftest i nitratholdigt vand (type A og B) og sjældnere i nitratfrit vand.

Det er sandsynligvis disse rapporters konklusioner, som ligger til grund for den udbredte antagelse om sammenfald mellem nitratfølsomhed og pesticidfølsomhed, der fx er gentaget af Århus Kommune i et notat om grundvandsbeskyttelse mod pesticidstoffer, hvor der står: ”*Amtets kortlægninger viste, at der er en sammenhæng mellem nitratsårbare områder og pesticidsårbarhed*”. (Århus Kommune, 2013). Århus Kommune konkluderede efterfølgende, at en særlig indsats overfor pesticidstoffer skal målrettes: ”*....områder, som er kortlagt som områder med ”Anden sårbarhed” i Århus Amt/ Miljøcenter Århus’ Redegørelser for grundvandsressourcerne samt nitratfølsomme områder, der i Basisanalysen er vurderet til også at være pesticidfølsomme.....Pesticidfølsomme byområder: Sårbarheden i byområder skal vurderes ud fra samme kriterier som landområder (begrænsede dæklagstykkelser, høj grundvandsdannelse, vurdering af vandanalyser mv.)*” (Århus Kommune, 2013). Det betyder at: Byområder med begrænsede dæklagstykkelser og stor grundvandsdannelse også blev vurderet til at være pesticidfølsomme.

Rügge m.fl. (2005)

Rügge m.fl. (2005) undersøgte, om der var en sammenhæng mellem grundvandets redoxforhold og forekomsten af pesticidstoffer i grundvandet, dvs. om der var en sammenhæng mellem redoxforhold og forskellige pesticidstoffers nedbrydelighed i grundvandet. Rapporten bygger på en gennemgang af GRUMO- og boringskontrollodata fra 1993-2005, hvor analyseresultater for phenoxysyrer, triaziner og BAM er søgt korreleret med forekomsten af ilt, nitrat, sulfat, metan, filterdybde, magasintype og geologi. Rapporten konkluderede blandt andet, at phenoxysyrerne forekom oftere i ældre, reduceret, ilt- og nitratfrit grundvand end i ungt, oxideret grundvand. Denne sammenhæng blev tolket, som at der fortrinsvis sker nedbrydning af phenoxysyrerne i oxideret, nitratrigt grundvand. Modellerede nedbrydningshastigheder var på minimum 0,02 per dag under oxiderede forhold og minimum 0,0008 per dag under reducerede forhold, hvilket ifølge rapporten underbygger de observerede koncentrationer og fund. Samtidig konkluderes dog også på baggrund af principalkomponentanalyse om phenoxysyrerne at: ”*Statistisk er det ikke muligt at skelne mellem ”Fund” og ”Ikke Fund” samt redoxforholdene i grundvandsmagasinet. Data indikerer dog kraftigt, at magasiner, der består af en umættet zone efterfulgt af en udstrakt oxideret zone, f.eks. de sandede egne i Vestjylland, er langt mindre sårbare overfor pesticider end magasiner med reducerede forhold terrænnært*” samt at: ”*punktkilderne spiller en afgørende rolle i forbindelse med forurening af specielt vandværkernes indvindingsboringer og at det muligvis også i en vis grad er punktkilderne, og ikke den generelle fladebelastning, som afspejles i GRUMO-boringerne*”. Triazinernes og BAMs forekomst afhang af grundvandets alder og var uafhængig af redoxforhold. Man kan kort opsummere rapportens konklusioner på følgende måde: For pesticidstoffer, som nedbrydes under oxiderede forhold (phenoxysyrer), er grundvandsmagasiner med udstrakt reduceret zone mere pesticidfølsomme end grundvandsmagasiner med udstrakt oxideret zone. For persistente pesticidstoffer (BAM og triaziner) er pesticidfølsomhed hovedsageligt et spørgsmål om grundvandets alder, dvs. at fund og ikke-fund er betinget af grundvandets transporttid.

Malaguerra m.fl. (2012)

I dette studie forsøgte man via en statistisk analyse at identificere de vigtigste parametre, der giver forurening med pesticidstoffer i sjællandske drikkevandsboringer. Undersøgelsen byggede på data for forekomsten af BAM, phenoxysyrer, bentazon og glyphosat/AMPA,

NOTAT

Side 4 af 16

filterdybde, tykkelse af ler-, sand- og kalklag, afstand til vandløb, samt kendte punktkilder. Der var markant forskel på pesticidstoffernes fordeling i forhold til redoxforhold, idet phenoxysyrerne i modsætning til BAM optrådte hyppigst i reduceret grundvand. Boringer i byområder var mest forurenede med BAM og phenoxysyrer, hvorimod boringer uden for byområder var mere forurenede med bentazon, dvs. at arealanvendelsen havde betydning. Boringer tæt ved vandløb var mere forurenede med pesticidstoffer end boringer langt fra vandløb, hvilket blev tolket som, at interaktioner mellem overfladevand og grundvand er en vigtig parameter for forekomsten af pesticidstoffer i drikkevandsboringerne. Logistisk regression og korrelationsanalyse viste at (oversat): ”Tykkelsen af lerlag over filteret er den vigtigste parameter for forurening med persistente pesticidstoffer, og at tykkere sandlag fremmer nedbrydningen af aerobt-nedbrydelige stoffer”.

Hvordan defineres pesticidfølsomme områder – historisk gennemgang af andre zoneringsstrategier

Rasmussen m.fl. (1995)

Historisk har der været foreslået en række zoneringsstrategier, som ikke nødvendigvis er koblet til redoxkemi og risikoen for nitratudvaskning. I 1995 var tilgangen i projektet ”Zoneopdelt grundvandsbeskyttelse” (Rasmussen m.fl., 1995) noget anderledes: *”Der anbefales en beskyttelsesstrategi hvor områder med særlige drikkevandsinteresser søges friholdt for alle grundvandstruende aktiviteter, medmindre det gennem kortlægning og modellering kan dokumenteres, at forureningsrisikoen er på et acceptabelt lavt niveau, samt at aktiviteterne løbende følges gennem tilsyn og overvågning af grundvandskvaliteten”*. Med andre ord foreslås i rapporten en omvendt bevisbyrde hvor: Indvindingsområder er pesticidfølsomme indtil det modsatte er dokumenteret.

Keefer m.fl. (1995)

I 1995 foreslog Keefer m.fl. (1995) en metode til at bestemme og kortlægge grundvandsforekomsters pesticidfølsomhed. Metodens følsomhedsindeks tog udgangspunkt i forventet udvaskning fra de øvre jordlag beskrevet med parametrene hydraulisk ledningsevne, indhold af organisk stof i forskellige jordlag og drænkklasse, som blev kombineret med dybde til det øverste grundvandsmagasin. I 2005 blev metoden testet mod faktiske data for indholdet af pesticidstoffer i grundvandet fra et netværk af overvågningsboringer i Illinois (Mehnert m.fl., 2005). Atrazin var det hyppigst påviste pesticidstof fulgt af metolachlor og bromacil, alle tre er moderstoffer. Der kunne ikke påvises nogen samlet effekt af parametrene, idet pesticidstoffernes forekomst kun var afhængig af dybden til det øverste grundvand med tre gange højere forekomst i områder, hvor dybden til grundvandsspejlet var <6 m, end områder hvor dybden var 6-15 m. Artiklens konklusioner kan sammenfattes på følgende måde: Pesticidfølsomme områder er områder med terrænnært grundvand.

Henriksen m.fl. (2000)

I projektet ”Afprøvning af zoneringsmetoder” (Henriksen m.fl., 2000) anføres, at zonerings pålidelighed i høj grad afhænger af, hvorvidt de geologiske lag er uforstyrrede eller ej. Kendskab til udbredelsen af sandvinduer er desuden nødvendig i forbindelse med zonerings, da der her er stor grundvandsdannelse. Udover en vurdering af de hydrauliske forhold og mulighederne for præferentiel strømning bør en række geokemiske forhold belyses bl.a. stofsærligheder

NOTAT

Side 5 af 16

sorptions- og nedbrydningsparametre som f.eks. organisk stof, forsurningsgrad/kalkindhold og redoxforhold, når et områdes pesticidfølsomhed skal vurderes. Alligevel vil det ”...ved meget forstyrrede geologiske forhold ikke være muligt at tilvejebringe et tilstrækkeligt datagrundlag til en modelbaseret analyse”. Det blev konkluderet at: ”Den praktiske afgrænsning af sårbarhedszoner kan bestå af forskellige elementer: 1) Areal distribueret nedsivning, 2) Infiltrations- og udstrømningsområder (gradientforhold), 3) Transporttid gennem dæklag, 4) Simple stofspecifikke forhold (f.eks. aerob/anaerob), 5) Sorption og nedbrydning og 6) Afgrænsning af indvindingsoplandet og tilhørende infiltrationsområder samt opholdstiden”. Det blev desuden vurderet at: ”En zonerings alene baseret på lertykkelseskort, som ikke beskriver grundvandsdannelsen og strømningsforhold i det samlede grundvandsmagasinsystem vurderes ikke tilstrækkelig.”

Miljøstyrelsen (2000).

I 2000 udgav Miljøstyrelsen en zoneringsvejledning til kortlægning og afgrænsning af områder, hvor der var behov for beskyttelse for at opretholde en grundvandskvalitet, der er egnet som drikkevand efter en simpel vandbehandling. I vejledningen identificeres pesticidfølsomhed på baggrund af grundvandsdannelse, selvom der ikke var tale om en egentlig definition. Det blev beskrevet at: ”Kun for nitrat eksisterer der tilstrækkelig viden til at en stoffs specifik tilgang kan anvendes... For pesticider kan man ikke med samme sikkerhed som for nitrat identificere områder som er særligt følsomme. Eventuelle aftaler om pesticidanvendelsen må derfor, i modsætning til fremgangsmåden for nitrat, tage udgangspunkt i hele det grundvandsdannende område for en indvinding eller et grundvandsmagasin”. For pesticidfølsomhed skal man altså, i modsætning til nitratfølsomhed, generelt prioritere grundvandsdannende områder.

KUPA (2004) ff.

I KUPA-projekterne (Koncept for Udpegning af Pesticidfølsomme Arealer) forsøgte man at afklare, om det er muligt at identificere og zonere danske sand- og lerjorde, som er særligt følsomme overfor udvaskning af pesticidstoffer. Arbejdet blev gennemført for sandområder (Nygaard, 2004), men kun i begrænset omfang for lerområder (Gravesen og Rosenberg, 2009). For sand var konklusionerne at: ”1. Der er sammenhæng mellem simuleret udvaskning af pesticider og en række almindelige jordegenskaber, som kan kortlægges. 2. pesticider generelt (med enkelte undtagelser) udgør én gruppe, hvis udvaskning har samme overordnede afhængighed af jordegenskaber, således at de hovedsagelig vil udvaskes indenfor de samme områder og kortlægningen kan tage udgangspunkt i en fælles karakteristik. 3. ”Særligt pesticidfølsomme profiler/arealer” har mindre end 17 kg/m² humus og samtidigt mindre end 130 kg/m² silt + ler vægtet over den øverste meter af jorden. 4. For profiler/arealer som ”ikke er særligt følsomme” gælder at summen af ler og silt skal være større end en konstant på 350 minus 10 gange humusindholdet. 5. Profiler/arealer hvis sammensætning ligger i intervallet mellem de to øvrige kaldes her potentielt følsomme”. Det vil sige, at grundlæggende definerede man at: Pesticidfølsomme sandjorde har lavt humusindhold og lavt ler- og siltindhold i den øverste meter.

Det er her værd at bemærke, at man anså, at de fleste pesticidstoffer kunne behandles som én samlet gruppe med ensartet udvaskningsrisiko. Det vides ikke, om denne antagelse holder for de ”nye” stoffer såsom DPC/MDPC, DMS og R471811, idet de typisk er mere persistente end stofferne, der indgik i KUPA-sand og har meget ringe sorption til organisk stof.

NOTAT

Side 6 af 16

For områder med moræneler og smeltevandsler simulerede man udvaskning af pesticidstoffer til bunden af rodzonen (to meters dybde) for fem modelstoffer og vurderede derefter følsomheden overfor udvaskning fra bunden af rodzonen til det øverste grundvandsmagasin ved at sammenstille data for monitorerede pesticidstoffer og eksisterende- og nye kort over potentielt relevante parametre (Gravesen og Rosenberg, 2009). Det lykkedes ikke at estimere følsomheden overfor udvaskning fra bunden af rodzonen til de øverste grundvandsmagasiner. I projektet blev det bl.a. sandsynliggjort at: ”Den samlede pesticidbelastning i lerede grundvandsovervågningsoplande er større end i sandede” og at ”følsomheden er forskellig for forskellige modelpesticider, men at de relative følsomheder følger samme mønster jordtype for jordtype.”

Gravesen m.fl. (2014)

I et efterfølgende projekt undersøgte GEUS mulighederne for at udpege pesticidfølsomme områder, som er mere følsomme end lermarkerne i Varslingssystemet for Udvasning af Pesticider til Grundvand (VAP) (Gravesen m.fl., 2014). Dataanalysen byggede på inddeling i polymorfologiske (PM) områder ud fra egenskaber i forskellige typer geologisk kortlægning af lagserierne. Der blev ikke udarbejdet en metode til at identificere de særligt pesticidfølsomme lerjorde, men i rapporten blev der peget på de data/elementer, der kunne indgå fx at: *”De fleste sprækker forventes at ophøre omkring 10 m’s dybde, hvilket feltobservationer med støtte af boringsdata synes at vise. Gennemoxiderede lag op til 10 m tykkelse ser ud til at være de mest følsomme for udvaskning, mens oxiderede lag på 7 m sammen med reducerede lag på 3 m (7m + 3 m = 10 m) er noget mindre følsomme, og reducerede lag på mere end 3 m er i alle sammenhængende lag mindre følsomme”*. Det påpeges også, at en valid metode vil forudsætte nye undersøgelser og ny viden. Rapportens konklusioner er omfattende, men de vigtigste pointer kan opsummeres som følger: Lagtykkelse for ler kombineret med redoxgrænsens dybde er vigtige parametre, specielt når de kombineres med viden om udbredelsen af polymorfologiske landskabs-elementer.

Miljøstyrelsen (2017)

Miljøministeriet ved Naturstyrelsen konkluderede efterfølgende at: *”...det ikke er muligt på nuværende tidspunkt at foretage en landsdækkende identifikation og udpegnings af sprøjtemiddelfølsomme områder på lerede jorder”* (Duch, 2015). Miljø- og fødevarerministeren skal ifølge lov nr. 479 af 1. juli 1998 om beskyttelse af drikkevandsressourcer og vandforsyning udpege følsomme indvindingsområder, herunder områder der er følsomme overfor sprøjtemidler. I første omgang har man kortlagt udbredelsen af sandjorde, primært i Midt- og Sønderjylland (Wahl m.fl., 2015), der er mere sårbare end den mest sårbare testmark i VAP. Kortlægningen baserede sig på resultaterne fra KUPA-sand. Jævnfør Miljøstyrelsen (2017) er sandede landbrugsjorde i omdrift udpeget baseret på *”en vurdering af jordenes indhold af humus, ler, silt, fint sand og groft sand ned til en meters dybde”*. Det konkluderes at *”Endelig er lavbunds-arealer med en opadgående vandbevægelse ikke sprøjtemiddelfølsomme, da udvaskning til grundvandet ikke vil forekomme her”*. I udpegningen tages ikke højde for, i hvor høj grad der i øvrigt sker grundvanddannelse. Som noget nyt præciserede Miljøstyrelsen at: ”Fund i grundvandet af sprøjtemidler, der ikke længere er godkendt til anvendelse, kan ikke umiddelbart tages som dokumentation for, at der på de pågældende arealer er en særlig risiko for udvaskning af sprøjtemidler til grundvandet. Kommunerne bør derfor ikke isoleret set bruge fund af disse stoffer i sin vurdering af behovet for beskyttelse i et indsatsområde.” (Miljøstyrelsen, 2017).

NOTAT

Side 7 af 16

Cowi (2020)

I 2020 udarbejdede COWI et landsdækkende kort over pesticidfølsomhed (Jeppesen, 2020). Projektet var baseret på machine learning, hvor algoritmer for udvaskning blev udviklet og trænet med et del-datasæt for forekomst af pesticidstoffer i boringer og de potentielt styrende fysisk-kemiske parametre: topografi, magasintype, vandspejl, nettoinfiltration, tykkelse af umættet zone, grundvandsdannelse, dybde til magasin, akkumuleret lertykkelse under redoxgrænsen, dybde til redoxgrænsen, makroporeafstrømning, humusindhold og arealanvendelse. Efterfølgende blev algoritmerne vurderet ud fra deres evne til at forudsige forekomsten af pesticidstoffer i den resterende del af datasættet. I denne tilgang er der ikke taget højde for forskellige pesticidstoffers forskellige fysisk-kemiske egenskaber, idet et målepunkt tildeles værdien "1", hvis der for nuværende eller historisk har været påvist pesticidstoffer, eller "0" hvis der ikke har været påvist pesticidstoffer. Til gengæld må man formode, at i hvert fald nogle data for DPC/MDPC og DMS indgik i analysen, idet disse stoffer kom på drikkevandsbekendtgørelsen i henholdsvis 2017 og 2018. Den endelige model forudsagde målværdierne med 72 % sikkerhed på landsplan. Derefter blev der udarbejdet et landsdækkende kort, der viser hvor sikker modellen er på, at der findes pesticidstoffer (>50% sandsynlighed for fund eller <50% sandsynlighed for fund) i et 100 x 100 m grid. De to vigtigste parametre i modellen var dybde til magasin og akkumuleret lertykkelse over indtag under redoxgrænsen. Arealanvendelsen havde overraskende ringe betydning.

CLAYFRAC (2022)

Projektet CLAYFRAC (Aamand m.fl., 2022) har undersøgt muligheden for at kortlægge og rangordne lerlokaliteters pesticidfølsomhed baseret på det polymorfologiske (PM) koncept. Undersøgelsen bygger på fire dybe udgravninger, som repræsenterede fire forskellige typer polymorfologiske landskabselementer. Alle fire udgravninger viste sig at være heterogene med mange geologiske enheder blandet mellem hinanden, hvilket betyder, at det er svært at tildele specifikke geologiske karakteristika til de forskellige PM-typer. Alle fire lokaliteter blev vurderet potentielt pesticidesårbar. Overordnet havde de alle hydraulisk vigtige makroporer i de øvre lag, men forståelsen af transport af pesticidstoffer gennem bioporer og sprækker er stadigvæk fragmentarisk. Derudover var sandlag og sandlinser til stede i alle fire PM-typer. Projektet konkluderede, at (oversat) "Vi har brug for en mere solid forståelse af de hydrauliske egenskaber af de dybere iltfattige lerlag og hvorfor forskellige lerlokaliteter tilsyneladende har forskellig kapacitet til at tilbageholde pesticider...for at udvikle omfattende metoder til kortlægning af sårbarhed er der behov for viden om heterogeniteter på større dybder under 'fraktur-zonen', der er undersøgt i CLAYFRAC, samt en systematisk bekræftelse med pesticid-forurening af grundvandsmagasiner, der ligger under de lerholdige till-akvifers.

PESTPORE2 (2022)

I projektet PESTPORE2 (Jørgensen m.fl., 2022) blev betydende strømningsveje i overfladenært moræneler (ned til ca. 6 m.u.t.) undersøgt med særligt fokus på at undersøge betydningen af strømning i sprækker og rodkanaler. I projektet blev der udført en række udgravninger på henholdsvis topografisk højtliggende områder og lavtliggende områder. Desuden blev der udført forsøg med farvetracer i felten for at sandsynliggøre de dominerende strømningsveje i moræneleren. Derudover blev der i projektet udført en række andre undersøgelser, fx aldersdatering af rødder i identificerede rodkanaler og konceptuelle numeriske modelleringer for at beskrive mulige scenarier for pesticidudvaskning i den øverste del af moræneleren. I forhold til pesticidfølsomhed konkluderede projektet, at der vil være særligt stor sårbarhed i områder

NOTAT

Side 8 af 16

med følgende egenskaber eller kombination af egenskaber i moræneler: 1) Områder med lertykkelser, der er mindre end ca. 10 m. 2) Lavtliggende områder særligt nær større kildepladser med intensiv grundvandsindvinding. 3) Områder med høj vertikal hydraulisk ledningsevne og/eller stor grundvandsdannelse i lerlag under maksimal historisk roddybde. De to vigtigste parametre for udpegning af pesticidfølsomme områder angives at være lerlagstykkelsen og grundvandsdannelsen. Det angives også, at der er observeret en væsentlig lokal variation af sårbarheden på markskala, og at der kræves mere forskning og udvikling før denne variation kan anvendes og opskales til oplandsskala.

Diskussion af historiske pesticiddatas relevans for vurdering af den fremtidige risiko for pesticidudvaskning

Der er i projektet behov for vurdering af, i hvilket omfang nuværende områder med pesticidstoffer i grundvandet kan udpeges som særligt følsomme over for fremtidig pesticidudvaskning. Det skyldes, at tidligere lovlige anvendelser af pesticider, der har resulteret i udvaskning af de pesticidstoffer, man i dag finder i grundvandet, oftest ikke ville kunne accepteres i den nuværende, restriktive godkendelsesordning i Danmark, fx fordi stoffernes sorption og persistens ville give for høje koncentrationer i godkendelsesordningens modeller for udvaskningen til grundvand. Den restriktive godkendelse for plantebeskyttelsesmidler blev implementeret omkring år 2000, og risikoen for udvaskning af pesticidstoffer fra godkendte anvendelser af nuværende og kommende plantebeskyttelsesmidler er derfor langt mindre end tidligere. Godkendelsen af pesticidstoffernes biocidanvendelse har været mindre detaljeret end for anvendelse som plantebeskyttelsesmidler, men er nu på linje med godkendelsesordningen for plantebeskyttelsesmidler under de EU-fælles godkendelsesordninger, der blev taget i brug omkring 2010.

Udover Miljøstyrelsens godkendelse, der bl.a. baseres på modelleringer af udvaskningen til grundvand, testes udvalgte, godkendte plantebeskyttelsesmidler i praksis i pesticidvarslingsprogrammet (VAP) på én eller flere af programmets fem forsøgsmarker. Her testes for udvaskning af moderstof og/eller udvalgte nedbrydningsprodukter til dræn og det øvre grundvand efter regelret anvendelse i højest tilladte dosis. Hvis de testede stoffer udvasker i uacceptable koncentrationer reguleres eller forbydes stofferne til anvendelse i plantebeskyttelsesmidler.

GEUS vurderer, at der trods det nuværende restriktive godkendelsessystem grundlæggende er ni scenarier, hvor pesticidstoffer fra godkendte pesticider kan risikere at udvaske til grundvandet i koncentrationer over kravværdien:

1) Nogle områder er ikke sikret mod udvaskning med den nuværende godkendelsesordning. Miljøstyrelsen konkluderede i 2017 at: ”Godkendelsesordningen for sprøjtemidler sikrer med sine restriktive kriterier generelt mod, at sprøjtemidler udvaskes til grundvandet. Godkendelsesordningen for sprøjtemidler hindrer dog ikke fuldt ud sprøjtemidler i at nå grundvandet, når midlerne anvendes på særligt følsomme jorde”, hvilket er beskrevet af Wahl m.fl. (2015) og Duch m.fl. (2015). På disse arealer kan der således være en særlig risiko for udvaskning til grundvand, selv om midlerne er godkendt og anvendes regelret, idet der kan være specielle geologiske eller klimatiske forhold, som modellerne ikke tager højde for. De to rapporter omhandler sårbarhed på sand, men det kan også være svært at simulere udvaskning gennem opsprækket moræneler på kalk (EU-Kommissionen, 2014), altså netop den geologiske setting,

NOTAT

Side 9 af 16

der ofte findes i projektets modelområde vest for Køge. Skybrud, som der forventes flere af i fremtiden, vil sandsynligvis også kunne give øget udvaskning af pesticidstoffer i høj koncentration, et scenarie der heller ikke er dækket af modellerne. I godkendelsen tillades desuden en dosis, der i modellerne kan give udvaskning op til 0,1 µg/l med overskridelse i højst ét ud af 20 år (Miljøstyrelsen, 2018), hvilket betyder, at der ikke er en sikkerhedsbuffer til at tage højde for ekstra sårbare geologiske- og klimatiske forhold.

2) Data for sorption og/eller persistens kan være upræcise eller misvisende, så stofferne udvasker over kravværdien på trods af lav risiko i model-simuleringerne. Ofte vil der være ganske stor spredning i data for sorption og nedbrydning, så data til modellerne afhænger af, hvilke jorde der er brugt til bestemmelse af parametrene. Efterfølgende kan nye data føre til, at pesticidstoffer fx vurderes mere persistente end først antaget. I VAP prioriteres i dag overvejende stoffer, som indikerer risiko for udvaskning i koncentrationer omkring kvalitetskravet på 0,1 µg/l i godkendelsesprocedurens modelberegninger (Miljøstyrelsen, 2018). Hvis sorption og/eller persistens er bestemt for jorde, som ikke fuldt dækker forholdene på danske marker, er der derfor risiko for, at stoffer med udvaskningsrisiko fravælges i VAP.

3) Identificeringen af nedbrydningsprodukter med udvaskningsrisiko kan være utilstrækkelig, enten fordi nedbrydningsprodukter er overset i de indledende laboratorieforsøg, der ligger til grund for godkendelserne, eller fordi nedbrydningsprodukterne dannes i andre relative forhold i marken end i laboratorieforsøgene, så det er andre nedbrydningsprodukter, der forekommer i højest koncentration i grundvandet. I godkendelsesproceduren for aktivstoffer i EU er nedbrydningsprodukter i høj grad identificeret ud fra omsætning af ¹⁴C-mærkede moderstoffer i batch-forsøg, men oftest er det kun nogle positioner i molekylet, der er ¹⁴C-mærkede. Hvis det mærkede atom ikke indgår i et dannet nedbrydningsprodukt, vil nedbrydningsproduktet kunne blive overset. Det vil kunne føre til, at nogle nedbrydningsprodukter med udvaskningsrisiko ikke vurderes i godkendelsen og heller ikke indstilles til test i VAP, hvor nedbrydningsprodukter langt overvejende testes baseret på konkret dokumentation for, at stoffet dannes under nedbrydningen og kan risikere at udvaskes i uacceptabel grad. Typisk testes 1-3 nedbrydningsprodukter per moderstof. Et nedbrydningsprodukt kan desuden have en erkendt risiko for udvaskning og alligevel ikke blive testet i VAP, hvis der fx ikke findes en kommerciel analysemetode for stoffet.

LM5 og LM6 er nedbrydningsprodukter fra terbuthylazin, der ifølge Miljøstyrelsens bekæmpelsesmiddelstatistikker havde sidste salgsår i 2008. I 2021 blev LM5 og LM6 i en screeningsundersøgelse påvist i en stor andel af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen (Miljøstyrelsen, 2022). LM5 blev fundet i 6,4% af de undersøgte indtag med overskridelse af kravværdien i 2,8%. LM6 blev fundet i 7,2 % af de undersøgte indtag med overskridelse af kravværdien i 4,4 %. Detektionsgrænsen var 0,05 µg/l og fundprocenterne ville derfor have været højere, hvis man havde kunnet analysere ned til de normale 0,01 µg/l. LM5 og LM6 indgik ikke i analyseprogrammet, da terbuthylazin blev testet i VAP (2005-2007), hvor der i stedet blev testet for andre nedbrydningsprodukter. Det er muligt, at dette skyldes begrænset viden om dannelsen af LM5 og LM6 på daværende tidspunkt. I EFSA's konklusionsrapport (EFSA, 2011) konkluderes efterfølgende, at LM5 og LM6 på baggrund af lysimeter-studier og grundvandsmoniteringsdata kan forventes at forekomme over kravværdien på 0,1 µg/l under mange forskellige geoklimatiske forhold, men datagrundlaget var ufuldstændigt, idet der manglede data for LM5's og LM6's mobilitet i jord og der forelå ikke modelsimuleringer af stoffernes risiko for udvaskning til grundvandet (EFSA, 2011). Før screeningen i 2021 indgik

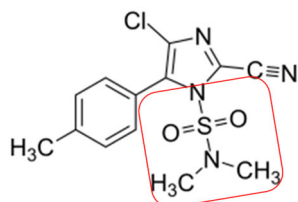
NOTAT

Side 10 af 16

LM5 og LM6 heller ikke i grundvandsovervågningen, hvor der i stedet blev testet for andre terbuthylazin-nedbrydningsprodukter, der har vist sig at have mindre udbredelse.

Trifluoreddikesyre (TFA) indgik i 2020 i Miljøstyrelsens pesticidscreening, hvor det overraskende blev fundet i 219 ud af 247 analyserede indtag (88,7 %), i 212 tilfælde over kvalitetskravet for pesticidstoffer på 0,1 µg/l svarende til 85,8% af de undersøgte indtag (Thorling m.fl., 2021). Den højeste koncentration i screeningen var 2,4 µg/l. TFA kan have mange kilder, der ikke er pesticider, men kan også dannes ved nedbrydning af pesticid-aktivstofferne flurtamone og flufenacet (EFSA, 2017, Miljøstyrelsen, 2021), der dog ikke har haft registreret anvendelse i Danmark, samt fluopyram (Bayer, 2021), der er markedsført i Danmark. Ved fund i grund- og drikkevand reguleres TFA i Danmark som et industrikemikalie. Teoretisk kan TFA også dannes ved nedbrydning af en række andre aktuelt godkendte pesticider, hvor der indgår C-CF₃-grupper i molekylet, men TFA er ikke påvist som nedbrydningsprodukt fra disse aktivstoffer i EFSA's konklusionsrapporter. Nogle af C-CF₃ pesticiderne testes i VAP, men en eventuel udvaskning af TFA til dræn- og grundvand testes ikke, idet det vurderes, at baggrundsniveauerne er så høje, at det er tvivlsomt om man kan se en effekt af enkelte udbringninger på markerne. Det skal bemærkes, at den tyske miljøstyrelse Umweltbundesamt (UBA) anser risikoen for TFA-udvaskning fra C-CF₃-pesticider som sandsynlig og vurderer, at alle pesticider med en C-CF₃ gruppe bør risikovurderes med hensyn til TFA-udvaskning (Jentzsch m.fl., 2022).

Et helt nyt eksempel er test af det tilladte kartoffel-fungicid cyazofamid testet i VAP fra 2020 (Badawi et al., 2023). Ud fra resultaterne i EFSA-vurderingen blev to ”major metabolites” (CTCA og CCIM) udvalgt til monitorering i VAP. De blev ikke påvist i hverken vand fra sugeceller eller grundvand, hvilket betyder, at cyazofamid ville vurderes at være uproblematisk, hvis man kun vurderede på baggrund af de kendte metabolitter. Undtagelsesvis blev der også monitoreret for dannelse af DMS og DMSA, som kan mistænkes for at dannes ud fra cyazofamids molekulære struktur. DMS og DMSA er ikke tidligere nævnt som nedbrydningsprodukter fra cyazofamid i nedbrydningsstudier med jord. Efter udbringning af cyazofamid forekom både DMS og DMSA i grundvandet i 6-12 måneder med maksimale koncentrationer på henholdsvis 0,44 og 0,78 µg/l (Badawi et al., 2023). Cyazofamid var i EFSA-forsøgene mærket på alle kulstofatomer i molekylets benzen-ring og i kulstofatom i 4. position i molekylets imidazol-ring, hvorfor man ikke kunne påvise DMS og DMSA som metabolitter, da ingen atomer i disse stoffer var ¹⁴C-mærkede.



Figur 1. Cyazofamids molekulære struktur med angivelse af DMS-strukturen (rødt).

4) Der kan gå mange år fra et stof tillades, til stoffet og udvalgte nedbrydningsprodukter testes i VAP. Det betyder, at der er risiko for, at pesticidstoffer kan nå at udvaske i betydeligt omfang, inden stofferne testes i VAP. Det skal her bemærkes, at kun en mindre del af de godkendte pesticider har indgået i test i VAP. Metalaxyl/metalaxyl-M er et eksempel på et stof,

NOTAT

Side 11 af 16

hvor der gik lang tid fra stoffet blev markedsført (1981) til det blev testet i VAP (2010). Metalaxyl blev testet i VAP efter en revurdering i 2010, som identificerede mulig risiko for udvaskning af nedbrydningsprodukter og blev efterfølgende forbudt som sprøjtemiddel. I 2020 forekom metalaxyls to testede nedbrydningsprodukter i henholdsvis 2,6% af de undersøgte GRUMO-indtag med overskridelse af kravværdien i 0,6% (CGA 62826) og 2,1% uden overskridelse af kravværdien (CGA 108906).

Et nyere eksempel er cyazofamid, der blev testet på VAP-marken i Jyndevad i 2010 og igen i 2020. I den første test blev der kun monitoreret for moderstoffet cyazofamid, som ikke udvaskede i monitoringsperioden (Brüsch m.fl, 2013). I 2020 blev der monitoreret for fire nedbrydningsprodukter, hvor DMS og DMSA udvaskede til grundvandet med maksimale koncentrationer på henholdsvis 0,44 og 0,78 µg/l (Badawi et al., 2023). Cyazofamid er registreret solgt i Danmark siden 2004.

5) Stoffer kan udvaske så langsomt, at de ikke påvises i VAP. Risikoen for at dette scenarie forekommer vurderes med den nuværende praksis at være lille, men det vides, at rimsulfurons nedbrydningsprodukt PPU ikke udvaskede til grundvandet i løbet af de første to års monitoring i VAP. Efter forbuddet mod rimsulfuron i 2012 gav Miljøstyrelsen årlige dispensationer frem til 2019, da Miljøstyrelsen ud fra VAP-data vurderede, at der var sikker anvendelse ift. udvaskning til grundvand. I 2020 indgik PPU i GRUMO's pesticidescreening og blev påvist i 1,5% af de undersøgte indtag dog uden overskridelse af kvalitetskravet. Siden 2021 er proceduren, at det på baggrund af en vurdering af data fra både dræn, sugeceller og grundvandsfiltre skal godkendes i VAP-styregruppen, når monitoringer indstilles efter de generelle 2 års test.

6) Et aktivstof kan være udfaset i jordbruget, men tilladt som biocid med udbredt biocidanvendelse i en længere årrække. Da det oftest er aktivstoffernes forskellige anvendelser, der reguleres, ikke aktivstoffet i sig selv, vil udfasning af et aktivstof i jordbruget ikke nødvendigvis følges op med udfasning af aktivstoffet som biocid. Forskellige biocidanvendelser kan derfor forekomme lang tid efter et stof er udfaset i jordbruget. DMS' moderstof dichlofluanid blev fx forbudt i bær- og frugtavl i 1974, men havde stor anvendelse som biocid i udendørs maling, hvor det i Danmark blev udfaset omkring 2010 (Spin2000-databasen). En række stoffers biocidanvendelser har endnu ikke været igennem en grundig vurdering mht. udvaskningspotentiale til grundvandet, hvorfor der kan være problematiske biocidanvendelser, som endnu ikke er erkendt. En variant af denne problemstilling er stoffer med næsten identisk struktur. Triazinet terbuthylazins sidste salgsår i jordbruget var fx 2008, men det strukturelt næsten identiske biocid terbutryn er stadigvæk tilladt som biocid fx i byggematerialer. Terbuthylazin og terbutryn har flere fælles nedbrydningsprodukter. Terbutryn er p.t. under vurdering i EU.

7) Et stofs pesticidanvendelse kan være forbudt i Danmark, men man kan lovligt importere behandlede produkter fra et andet EU-land. Det kunne fx være bejdset udsæd, hvor det er lovligt at importere og anvende udsæd bejdset med stoffer, som ikke indgår i aktuelt godkendte bejdse- eller sprøjtemidler i Danmark, hvis bejdningen er tilladt i det andet EU-land. Bejdsemidlerne bruges typisk i lavere doser end sprøjtemidlerne, men for den importerede, bejdsede udsæd findes der ikke nødvendigvis danske vurderinger af risikoen for udvaskning til grundvandet, eller bejdsemidlerne er ikke tilladte i Danmark netop fordi de ikke opfylder de danske krav. Man kan fx lovligt importere udsæd bejdset med fluopicolid. Fluopicolid omdannes i

NOTAT

Side 12 af 16

jorden til BAM, som historisk har været den største udfordring for den danske vandforsyning. Det vides ikke, hvor store mængder bejdsset udsæd, der årligt importeres til Danmark.

8) Nogle stoffer kan vise sig at være giftigere end først antaget. Teoretisk kan man ikke udelukke, at der for enkelte pesticidstoffer på et senere tidspunkt fastsættes en sundhedsbaseret grænseværdi, som er lavere end det generelle kvalitetskrav på 0,1 µg/l. Stofferne med den største sænkning af kravværdien på grund af revurderet sundhedsrisiko er ikke pesticidstoffer, men derimod nogle PFAS'er, hvor kravværdien i drikkevandsbekendtgørelsen er 0,1 µg/l for summen af 12 PFAS'er, men hvor der i 2021 blev indført et strengere krav på 0,002 µg/l for summen af de fire PFAS'er PFOA, PFOS, PFNA og PFHxS (Miljøministeriet, 2021) pga. effekter på immunsystemet hos børn (Miljøstyrelsen, 2021b), der fx får nedsat antistofrespons efter vaccination (Sundhedsstyrelsen, 2022). Der findes på nuværende tidspunkt ikke tilsvarende eksempler for pesticidstoffer. Det skal bemærkes, at selv om datagrundlaget typisk er bedre end for industrikemikalier, vil der fx sjældent være data for eventuelle effekter på immunsystemet.

9) Godkendelsesordningen og VAP tager i sagens natur ikke højde for ulovlig import af sprøjtemidler, som er tilladte i andre lande. Dette er demonstreret ved fund af metazachlors nedbrydningsprodukter, hvor metazachlor ESA for øjeblikket er påvist i 0,9% af testede vandforsyningsindtag, med overskridelse af kravværdien i 0,4% af indtagene (GEUS, 2022).

Konklusion, pesticidfølsomme områder i projektet: ”Undersøgelse af anvendelsen af nitratfølsomme indvindingsområder (NFI) til brug for pesticidindsats”.

I de forskellige studier er en række faktorer fremhævet som potentielt bestemmende for et områdes pesticidfølsomhed, men det er et fælles træk, at mange af studierne er retrospektive og ofte forsøger at korrelere den observerede udbredelse af pesticidstoffer i grundvandet og én eller flere forklarende faktorer. Den grundlæggende antagelse er i de fleste tilfælde, at pesticidfølsomme områder som minimum er områder, hvor der er observeret udvaskning af pesticidstoffer uanset anvendelsestidspunktet. Antagelsen er ofte ikke beskrevet i studierne, men ligger implicit i databehandling og konklusioner. Vores analyse af området i den vestlige del af Køge Kommune vil tage udgangspunkt i netop denne definition af pesticidfølsomhed og sammenligne med udbredelsen af nitratfølsomme indsatsområder. Det er her vigtigt at bemærke, at fund af pesticidstoffer i et indtag ikke altid skyldes pesticidanvendelse lige, hvor boringen er placeret, men derimod pesticidanvendelse, hvor vandet er infiltreret. I disse tilfælde er det infiltrationsområdet, der er pesticidfølsomt. Dette er særlig vigtigt for dybe indtag, hvor vandet, og dermed pesticidstofferne, kan være infiltreret langt fra boringen.

Test af overlap mellem nitratfølsomme indsatsområder og pesticidfølsomme områder vil være begrænset til den yngre del af grundvandet, idet grundvand dannet i 50'erne eller tidligere kun sjældent har været eksponeret for pesticider og derfor ikke vil kunne defineres som pesticidfølsomt alene på baggrund af fund af pesticidstoffer. Vi vil heller ikke kunne beskrive og teste følsomheden i større naturområder, hvor der ikke har været anvendt pesticider.

Det kan også konkluderes, at der på trods af den nuværende restriktive godkendelsesordning fortsat vil være risiko for udvaskning af pesticidstoffer til grundvandet, dog i betydeligt

NOTAT

Side 13 af 16

mindre grad end tidligere, hvor risikovurdering mht. til udvaskning var begrænset eller helt manglede. I de ni ovenstående scenarier for mulig fremtidig udvaskning af pesticidstoffer er der ikke noget, der tyder på, at eventuelt udvaskede pesticidstoffer fremover vil have markant andre fysisk-kemiske egenskaber end de stoffer, der oftest påvises i grundvandet i dag fx DPC/MDPC, DMS, BAM, 1,2,4-triazol, triaziner, CTAS/R471811 og bentazon, der typisk er persistente og mobile, hvorfor nedbrydning og sorption i de øvre jordlag vil være af begrænset betydning. Den historiske forekomst af stoffer med disse egenskaber kan derfor indikere grundvandsdannende områder, der også i fremtiden vil være pesticidfølsomme. Det er dog ikke muligt på dette grundlag at vurdere, hvorvidt konkrete pesticidstoffer i sådanne områder vil udvaske i koncentrationer over eller under kravværdien for grundvand, idet koncentrationerne vil afhænge af det specifikke stof og den specifikke dosering og anvendelse. Den historiske udvaskning af pesticidstoffer bruges derfor i dette projekt som proxy for arealernes iboende pesticidfølsomhed.

Referencer

- Badawi N, Karan S, Haarder EB, Bollmann UE, Albers CN, Kørup K. 2023. Ekstraordinær afrapportering af cyazofamid-test på VAP-marken i Jyndevad inklusiv understøttende laboratorieforsøg. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS).
- Bayer. 2021. 1st amendment of Summary of the fate and behaviour in the environment for Fluopyram. Bayer AG Crop Science Division. <https://open.efsa.europa.eu/study-inventory/EFSA-Q-2021-00165>
- Brüsch W, Rosenbom AE, Juhler RK, Gudmundsson L, Nielsen CB, Plauborg F, Olsen P. 2013. The Danish Pesticide Leaching Assessment Programme. Monitoring results 1999–June 2012. GEUS.
- Duch PM. 2015. Indsatsområder inden for sprøjtemiddel-følsomme indvindings-områder. Naturstyrelsen.
- EFSA – European Food Safety Authority. 2011. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance terbuthylazine. EFSA Journal 9:1969.
- EFSA – European Food Safety Authority. 2017. Updated peer review of the pesticide risk assessment of the active substance flurtamone. EFSA Journal. doi: 10.2903/j.efsa.2017.4976
- EU-kommissionen. 2014. Assessing Potential for Movement of Active Substances and their Metabolites to Ground Water in the EU. Report of the FOCUS Ground Water Work Group, EC Document Reference Sanco/13144/2010 version 3, 613 pp.
- GEUS. 2022. Forekomst af pesticidstoffer i de almene vandværkers boringskontrol for perioden 1/4-2021 til 31/3-2022. <https://www.geus.dk/vandressourcer/vandkvalitet/grundvandskvalitet/opgoerelser>
- Gravesen P, Rosenberg P. 2009. Koncept for Udpegning af Pesticidfølsomme Arealer, KUPA. Særligt pesticidfølsomme lerområder: Datagrundlag og mulige veje mod zoner. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, GEUS.

NOTAT

Side 14 af 16

Gravesen P, Balling IM, Vignoli G, Klint KES, Brünsch W, Nilsson B, Larsen CL, Juhler R, Rosenbom AE. 2014. Vurdering for muligheder for udpegning af pesticidfølsomme lerområder (SFO-LER) på grundlag af eksisterende data. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, rapport 2014/2.

Grundvandsdirektivet. EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2006/118/EF af 12. december 2006 om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelse. Bilag 1.

Grønhøj SW, Hansen B, Jensen OD, Jordt BE, Rasmussen S, Thomsen R. 2006. Redegørelse for grundvandsressourcerne i Århus Syd-området. Århus Amt, Natur og Miljø.

Henriksen HJ, Rasmussen P, Knudby C. 2000. Afprøvning af zoneringsmetoder. Miljøprojekt Nr. 553. Miljøstyrelsen

Jentzsch, F, Diehle M, Banning H, Pickl C. 2022. Trifluoroacetate Leaching Potential From Fluorinated Herbicides - a Balancing and FOCUS Modelling Approach. SETAC Europe 32nd Annual Meeting, Abstract Book, p348.

Jeppesen M. 2020. Værktøj til vurdering af grundvandets pesticidsårbarhed. COWI: <https://arcgisportal.cowi.com/pesticidsaarbarhed/>
Baggrundsrapport: <https://arcgisportal.cowi.com/baggrundsrapport/>

Jørgensen PR, Krogh PH, Qin J, Modesti L, Nielsen IB, Seersholm F, Wagner N, Hansen AJ, Olsen J, Strobel B, Hansen S, Gudbjerg J, Petersen CT, Lacoste M, Cousin I, Keaveney E, Barret G. 2022. Ancient Root Macropores and Fractures in Glacial till and Their Contribution to Pesticide Vulnerability of Groundwater in Low and High-ground Agricultural Landscape PESTPORE2. Pesticide Research no 207. Miljøstyrelsen.

Keefer DA. 1995. Potential for agricultural chemical contamination of aquifers in Illinois: 1995 revision. Illinois State Geological Survey Environmental Geology 148. Illinois State Geological Survey, Champaign, Illinois.

Malaguerra F, Albrechtsen H-J, Thorling L, Binning PJ. 2012. Pesticides in water supply wells in Zealand, Denmark: A statistical analysis. Science of the Total Environment 414:433–444.
Doi:10.1016/j.scitotenv.2011.09.071

Mehnert E, DA Keefer, WS. Dey, HA Wehrmann, SD Wilson, C Ray. 2005. Aquifer Sensitivity to Pesticide Leaching: Testing a Soils and Hydrogeologic Index Method. Groundwater Monitoring and Remediation 25:60-67. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6592.2005.00047.x>

Miljøministeriet. 2021. BEK nr. 2361 af 26/11/2021. Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg (Drikkevandsbekendtgørelsen).

Miljøstyrelsen. 2000. Zonering. Detailkortlægning af arealer til beskyttelse af grundvandsressourcen. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 3, 2000.

Miljøstyrelsen. 2017. Indsatsområder inden for sprøjtemiddelfølsomme indvindingsområder (Nyt kapitel i vejledning om indsatsplaner).

Miljøstyrelsen. Notat af 19. juni, 2018. Vurdering af risiko for forurening af grundvandet med pesticider godkendt efter 2000.

NOTAT

Side 15 af 16

Miljøstyrelsen, 2019. Miljøstyrelsen informerer kommuner om kontrol af drikkevand. <https://mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2019/apr/miljoestyrelsen-informerer-kommuner-om-kontrol-af-drikkevand/>

Miljøstyrelsen. Notat af 23. februar, 2021. Fagligt notat om resultater af massescreening for pesticidstoffer i grundvand 2020.

Miljøstyrelsen. 2021b. Skærpede krav til PFAS-stoffer i drikkevand. <https://mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2021/jun/skaerpede-krav-til-pfas-stoffer-i-drikkevand/>

Miljøstyrelsen 2022. Notat af 5. april 2022: Fagligt notat om resultater af massescreening for pesticidstoffer i grundvand 2021.

Nygaard, E. 2004. Koncept for Udpegning af Pesticidfølsomme Arealer, KUPA. Særligt pesticidfølsomme sandområder: Forudsætninger og metoder for zoner. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, GEUS.

Pesticiddirektivet. EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2009/128/EF af 21. oktober 2009 om en ramme for Fællesskabets indsats for en bæredygtig anvendelse af pesticider

Rasmussen P, Henriksen HJ, Nyegård P, Hundahl M, Thomsen R, Brandt G, Landt M, Mogensen A, Kaalby S. 1995. Zoneopdelt grundvandsbeskyttelse. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen nr. 14.

Rügge K, H. Bay, T Chrintz, W Brüsich, P Rosenberg. 2005. Pesticider i dansk grundvand: GRUMO- og Boringskontrollata. Miljøprojekt nr. 1033. Miljøministeriet – Miljøstyrelsen.

Signe Weng Grønhøj, Birgitte Hansen, Ole Dyrsø Jensen, Birthe Eg Jordt, Stine Rasmussen og Richard Thomsen, 2006. Redegørelse for grundvandsressourcerne i Århus Syd-området. Århus Amt, Natur og Miljø.

Spin-databasen. Substances in Preparations in Nordic Countries. <http://spin2000.net/>

Sundhedsstyrelsen. 2022. Til dig, der har været udsat for PFAS. www.sst.dk/-/media/Udgivelser/2022/PFAS/Infoark-PFAS.ashx?sc_lang=da&hash=13F39A6AAD7F2BE08AFEBF2E416A9E6F

Thorling L, Albers CN, Ditlefsen C. Hansen B, Johnsen AR, Mortensen MH, Troldborg L. 2021: Grundvand. Status og udvikling 1989–2020. Teknisk rapport, GEUS 2021. Rasmussen P, Henriksen HJ,

Nygaard P, Hundahl M, Thomsen R, Brandt G, Landt M, Mogensen A, Kaalby S. 1995. Zoneopdelt grundvandsbeskyttelse. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen. Nr. 14 - 1995. Miljøstyrelsen.

Wahl NA, Greve MH, Iversen BV. 2015. Sandjordes følsomhed over for udvaskning af sprøjtemidler. Naturstyrelsen.

Aamand J, Badawi N, Jakobsen PR, Jørgensen PR, Mosthaf K, Troldborg L, Rolle MK. 2022. Mapping groundwater vulnerability to pesticide contamination through fractured clays CLAYFRAC. Pesticide Research no 206. Miljøstyrelsen

Århus Amt. 2006. Basisanalyse del II, Web-rapport, Århus Amt, Natur og Miljø.

NOTAT

Side 16 af 16

Århus Kommune. 2013. Notat vedrørende grundvandsbeskyttelse mod pesticider i indsatsplaner i Aarhus Kommune, bilag til indsatsplan Beder.