

# GRUNDVANDS- OVERVÅGNING

1989 - 2023



De Nationale Geologiske Undersøgelser  
for Danmark og Grønland

# Grundvandsovervågning

## Status og udvikling 1989 – 2023

GEUS 2024

**Redaktør:** Lærke Thorling

Forfattere:

Lærke Thorling  
Christian Nyrop Albers  
Birgitte Hansen  
Jacob Kidmose  
Anders R. Johnsen  
Jolanta Kazmierczak  
Mette Hilleke Mortensen  
Lars Trolborg

**Dato** 9. december 2024

Rapporten kan hentes på: [www.grundvandsovervaagning.dk](http://www.grundvandsovervaagning.dk)

# Forord

Denne rapport er en del af den nationale, årlige rapportering af resultaterne for det nationale overvågningsprogram for vand og natur (NOVANA). Rapporten har et landsdækkende fokus og indeholder ikke vurderinger af grundvandsforekomsternes tilstand, og dækker på ingen måde tilstandsvurderingerne af grundvandsforekomsterne i relation til vandrammedirektivet.

Målgrupperne for denne rapportering er Folketinget og Regeringen, myndigheder og offentligheden, samt de involverede aktører i overvågningen, herunder til Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø (SGAV), Miljøstyrelsen (MST), kommuner, vandforsyninger og Aarhus Universitet (DCE).

I forbindelse med oprettelsen af Ministeriet for Grøn Trepert, er der i september 2024 opgaven med overvågning af grundvand overgået til Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø (SGAV) fra MST. De henvises i nærværende rapport til Miljøstyrelsen, da den nationale overvågning for de rapporterede data er foretaget af denne styrelse. Hvor det er relevant, er der i rapporten henvist til SGAV.

Denne rapportering af grundvandets status og udvikling er baseret på data indsamlet i perioden 1989-2023 som led i Den Nationale Grundvandsovervågning (GRUMO) og Landovervågning (LOOP). Grundvandsvandkvaliteten i vandforsyningsboringerne fra de almene vandforsyninger præsenteres med udgangspunkt i boringskontrollen, der er en del af egenkontrollen. Oplysninger om vandindvindings størrelse er baseret på oplysninger fra indvindere af grundvand og overfladevand, dvs. vandforsyninger, industrier, markvandere mv.

De indsamlede data er præsenteret i en række figurer og tabeller, der indgår hvert år. Med udgangspunkt heri præsenteres supplerende resultater og konklusioner. Derudover kan der være en uddybende data-præsentation i varierende omfang, typisk i form af et tema. Ikke alle emner rapporteres hvert år. I dette års rapport indgår sporstoffer, organiske mikroforureninger, mens fosfor og redoxboringer ikke rapporteres. Der er dog en reduceret rapportering på pesticider og organiske mikroforureninger, da der er erkendte, men ikke løste, kvalitetsproblemer på analyseresultaterne for nogle af parametrene.

Rapporten udkommer alene elektronisk på GEUS' hjemmeside [www.geus.dk](http://www.geus.dk).

Rapportens faglige kapitler er udarbejdet af medarbejdere ved GEUS, der har de pågældende fagdiscipliner som deres arbejdsområde:

Vandindvinding	Lars Troldborg
Det nationale pejleprogram	Jacob Kidmose
Nitrat	Birgitte Hansen
Pesticider	Anders R. Johnsen
Organiske mikroforureninger	Christian Nyrop Albers
Uorganiske sporstoffer	Jolanta Kazmierczak
Appendiks 1: Datagrundlag og metoder	Lærke Thorling
Appendiks 2: Stationsnet	Mette Hilleke Mortensen
Appendiks 3: Faglig baggrundsviden om grundvand	Lærke Thorling og Christian Nyrop Albers

Kapitel 2, Formål, er forfattet af Miljøstyrelsen, idet dette afsnit omhandler de forvaltningsmæssige og juridiske aspekter af overvågningen.

**© Denne rapport er behæftet med copyright. Hvis figurer eller andet materiale anvendes, skal der angives en kildeangivelse, enten i form af et link til GEUS' hjemmeside [www.geus.dk](http://www.geus.dk) eller [www.grundvandsovervaagning.dk](http://www.grundvandsovervaagning.dk) ved en henvisning til denne rapport:**

Thorling, L., Albers, C.N., Hansen, B., Kidmose, J., Johnsen, A.R., Kazmierczak, J., Mortensen, M.H. & Troldborg, L., 2024: Grundvand. Status og udvikling 1989–2023. Teknisk rapport, GEUS 2024.

ISBN Online: 978-87-7871-616-3

# Indholdsfortegnelse

<b>Forord</b> .....	2
Indholdsfortegnelse .....	3
1 Sammenfatning .....	4
1.1 Grundvandsressourcen og dens udnyttelse .....	4
1.2 Nitrat .....	5
1.3 Pesticider .....	11
1.4 Organiske mikroforureninger .....	14
1.5 Sporstoffer .....	18
2 Formål og juridiske rammer for overvågningen .....	21
2.1 Grundvandsovervågningen i Det Nationale Overvågningsprogram for Vand og Natur, NOVANA ....	21
2.2 Retligt grundlag for Grundvandsovervågningen .....	22
2.3 Rapportering af data fra Grundvandsovervågningen .....	23
2.4 Kvalitetskrav til grundvand og drikkevand anvendt i rapporteringen .....	25
3 Vandindvinding og det Nationale Pejleprogram .....	31
3.1 Grundvandsdannelsen .....	31
3.2 Vandindvinding .....	33
3.3 Det nationale pejleprogram .....	37
4 Nitrat .....	44
4.1 Sammenligning af datasæt .....	44
4.2 Grundvandsovervågning .....	47
4.3 Landovervågningen .....	53
4.4 Vandforsyningsboringer .....	57
5 Pesticider og deres nedbrydningsprodukter .....	60
5.1 Grundvandsovervågning .....	66
5.2 Vandforsyningsboringer .....	71
5.3 Sammenligning af hyppigt fundne pesticidstoffer i grundvandsovervågningen og vandforsyningsindtag .....	75
6 Organiske mikroforureninger .....	82
6.1 Organiske mikroforureninger, Grundvandsovervågning .....	83
6.2 Organiske mikroforureninger, vandforsyningsboringer .....	90
7 Sporstoffer .....	100
7.1 Grundvandsovervågningen .....	101
7.2 Vandforsyningsboringer .....	113
8. Referencer .....	122
Appendiks 1 Datagrundlag og metoder .....	129
Appendiks 1.1 Analyseindsats og dataindsamling .....	129
Appendiks 1.2 Metoder til databehandling .....	134
Appendiks 1.3 Repræsentativitet og bias .....	137
Appendiks 2 Overvågningsdesign og stationsnet for grundvandsovervågningen .....	141
Appendiks 2.1 Det Nationale Pejleprogram .....	141
Appendiks 2.3 Vandforsyningsboringer .....	148
Appendiks 3 Faglig baggrundsviden om grundvand .....	154
Appendiks 3.1 Grundvandets hydrogeologi .....	154
Appendiks 3.2 Grundvandets opholdstid .....	161

# 1 Sammenfatning

## 1.1 Grundvandsressourcen og dens udnyttelse

### Indledning

De seneste 100 år har nedbørsmængden i Danmark været stigende. DMI laver opgørelser af nedbørsmængder i Danmark og har for den seneste klimanormal 1991-2020 fundet en stigning i den gennemsnitlige årsnedbør på ca. 7 % i forhold til den forudgående klimanormal 1961-1990 (DMI, 2023). I absolutte tal svarer det til 47 mm/år mere nedbør i 1991-2020 klimanormalen, hvilket kan have medført en højere grundvandsstand i dele af landet. Højere grundvandsstand må især forventes at optræde i områder, der ikke er kunstigt drænet. I drænedede områder vil en større nedbør især øge drænvandsafstrømningen til vådområder og vandløb.

Drikkevandsforsyningen i Danmark er baseret på indvinding af grundvand med Christiansø som den eneste undtagelse, hvor der overvejende benyttes afsaltet havvand som drikkevand. Omkring 2.600 almene vandværker står for hovedparten af grundvandsindvindingen til drikkevand. Derudover indvindes grundvand fra en række mindre ikke-almene vandværker, som hver forsyner mindre end 10 ejendomme.

### Datagrundlag

Grundvandsstanden registreres i Det Nationale Pejleprogram med automatisk dataopsamling i pejleindtag i grundvandsforekomster. Opgørelsen af udviklingen i grundvandsstanden i 2023 bygger på pejledata indsamlet og rapporteret af Miljøstyrelsen til Jupiter. Indvundne vandmængder indberettes årligt af kommunerne til Jupiter, når de modtager og kvalitetssikrer data fra vandværker og andre vandindvindere.

### Status og udvikling

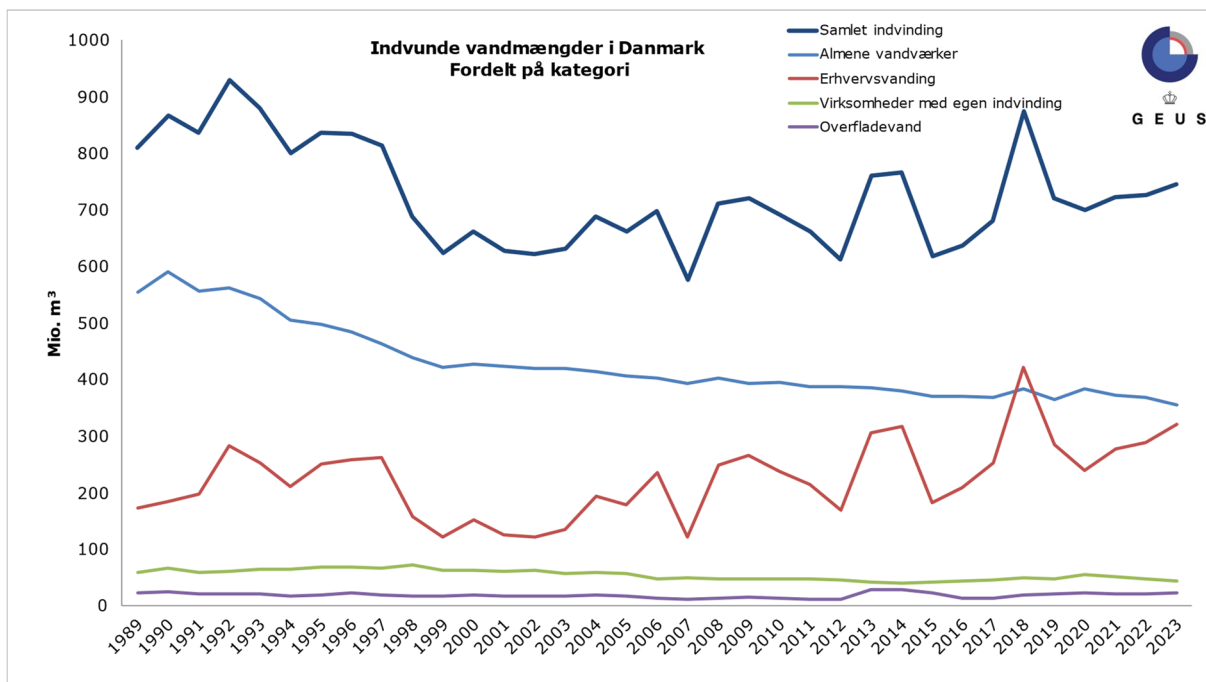
Grundvandsstandens status og udvikling er vurderet ud fra lange tidsserier. I 2023 omfattede pejlestationsnettet i alt 141 indtag fordelt på 133 borer. 52 indtag manglede data i 2023 for mere end 2 måneder. En del loggere er skiftet i 2023 efter at tidligere udstyr ikke har virket i en periode og det kan være årsagen til manglende data. Det Nationale Pejleprogram undergår fortsat revision af stationer med baggrund i strategien beskrevet i Ditlefsen C. og Sivertsen, J. (2022), hvilket også påvirker pejleprogrammet således, at indtag og borer udgår og tidsserier ikke fortsættes.

2023 var et særdeles nedbørsrigt år, hvor pejlingerne viser tegn på stigende vandstand i løbet af 2023, og generelt afsluttes 2023 med én højere vandstand end normalt i slutningen af året. Efter et tørt 2022 er grundvandsstanden i slutningen af 2023 genetableret til et højt niveau.

Grundvandsressourcen overvåges, så der kan foretages en løbende vurdering af den generelle vandbalance med henblik på en bæredygtig udnyttelse af den tilgængelige vandressource. Figur 1 viser den samlede årlige vandindvinding, som de seneste år har ligget mellem 600 og 850 mio. m<sup>3</sup>/år.

Almen vandforsyning står for hovedparten af indvindingen. Indvinding af grundvand til markvanding, gartneri og dambrug (kategorien erhvervsvanding) svinger meget fra år til år og var i 2023 omkring 320 mio. m<sup>3</sup>. Indvindingen, uden markvanding, var omkring 1990 på 700 mio. m<sup>3</sup>/år, men er faldet frem mod år 2000 og har efterhånden stabiliseret sig omkring 500 mio. m<sup>3</sup>/år.

Indvindingen af overfladevand i Danmark er meget begrænset og udgjorde i 2023 godt 3 % af den samlede indvinding. Overfladevand indgår ikke i drikkevandsforsyningen i Danmark. Brugen af overfladevand til dambrug ligger typisk på godt 100 mio. m<sup>3</sup>, men dette medregnes ikke i ressourceopgørelsen, da der i praksis er tale om, at vandet bare gennemstrømmer dambrugene og herefter ledes direkte tilbage til samme vandløb.



Figur 1. Vandindvinding i Danmark i perioden 1989-2023 opdelt på almene vandværker, erhvervs Vand, industri og overfladevand. Den samlede indberettede indvinding er vist med en fed, mørkeblå linje. Bemærk, hvorledes den varierer med erhvervs Vandingen, hvoraf markvandning udgør hovedparten. Data fra 2023 er justeret med skøn over manglende rapportering.

## 1.2 Nitrat

### Indledning

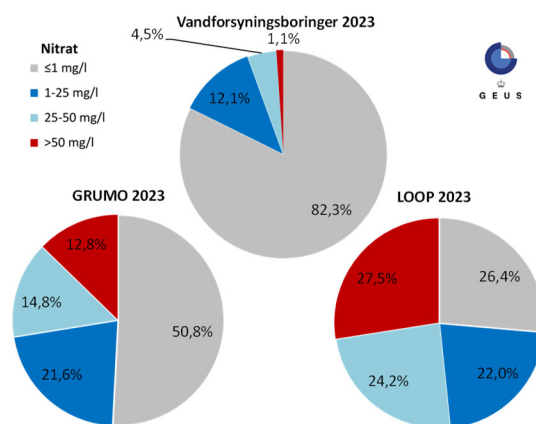
Nitrat i grundvandet er uønsket både af hensyn til drikkevandskvaliteten og på grund af risikoen for påvirkning af det øvrige vandmiljø. Det skyldes, at nitrat i drikkevandet kan være sundhedsskadeligt, og at nitrat i grundvandet kan bidrage til eutrofiering af vandløb, søer og det marine miljø ved udstrømning til overfladevand. Kvalitetskravet for nitrat i såvel grundvand som drikkevand er både nationalt og i EU fastsat til 50 mg/l. Af hensyn til grundvandsbeskyttelsen er ca. 17 % af Danmarks areal udpeget som nitratfølsomme indvindingsområder for drikkevand i 2023.

### Datagrundlag

Der rapporteres på basis af grundvandsprøver udtaget med forskellige formål i hhv. GRUMO-indtag, LOOP-indtag og vandforsyningsboringer. GRUMO- og LOOP-indtagene dækker grundvandsdelen af det nationale overvågningsprogram NOVANA. GRUMO-indtagene findes i boringer med dybder ned til mere end 100 m u.t., LOOP-indtagene findes i korte, overfladenære boringer typisk ned til mindre end 5 m u.t., etableret for at følge udvaskning af nitrat til højtliggende grundvand under dyrkede arealer. Data fra vandforsyningsboringerne stammer fra den lovpligtige boringskontrol. Prøvetagningen i GRUMO veksler mellem kontrolovervågning, hvor alle programlagte indtag prøvetages, og operationel overvågning, hvor der fortrinsvis prøvetages indtag med en påvirkning af nitrat og pesticider, se kapitel 2. I 2023 er der gennemført en kontrolovervågning.

### Status og udvikling, grundvandsovervågning

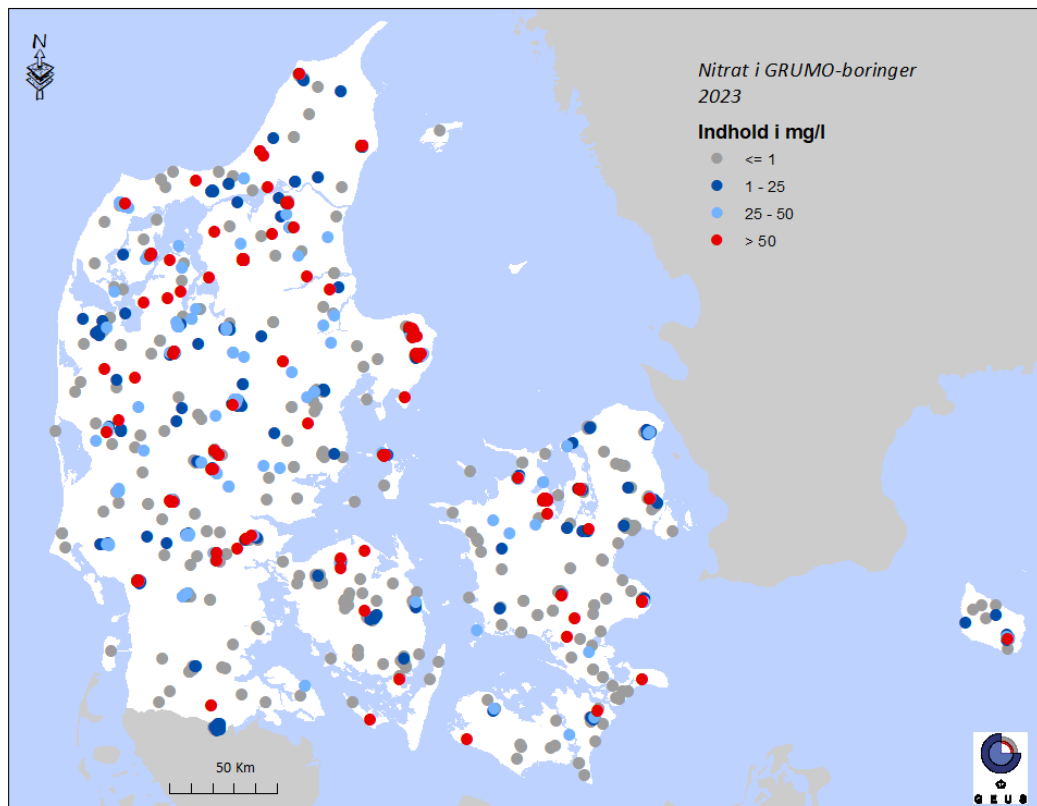
Figur 2 viser indholdet af nitrat i GRUMO- og LOOP-indtag samt vandforsyningsboringer prøvetaget i 2023.



Figur 2. GRUMO, LOOP og Vandforsyning. Fordelingen af det gennemsnitlige nitratindhold 2023 i 1.035 GRUMO-indtag, 91 LOOP-indtag og 1.757 vandforsyningsboringer.

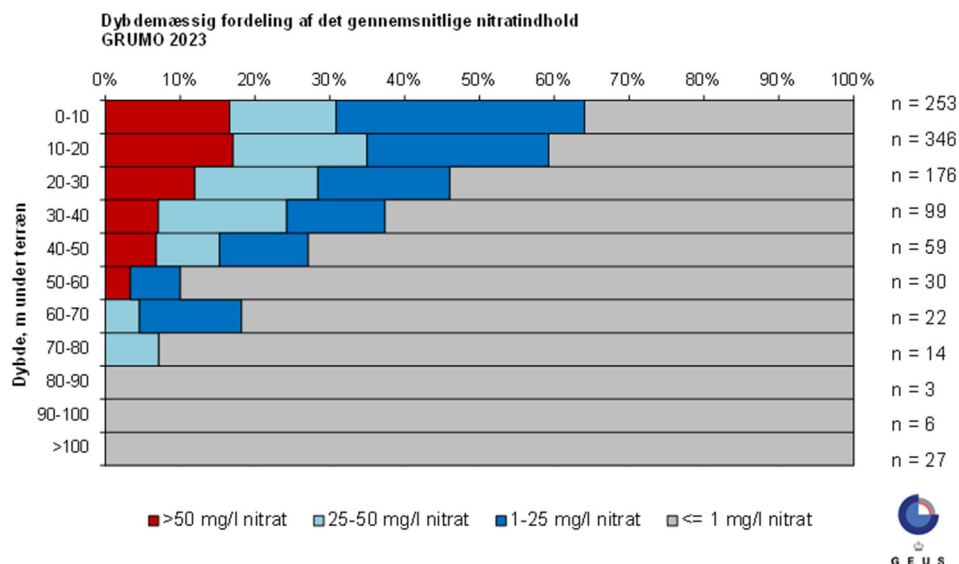
I ca. 13 % af GRUMO- og ca. 28 % af LOOP-indtagene lå nitratindholdet over 50 mg/l, mens ca. 1 % af indtagene i vandforsyningsboringer havde mere end 50 mg/l nitrat. I GRUMO- og LOOP-indtagene var nitratkoncentrationen mellem 25 og 50 mg/l i hhv. ca. 15 og 24 % mod ca. 5 % i vandforsyningsboringerne. Nitratfrit grundvand, (nitrat ≤1 mg/l) optrådte i ca. 51 % af GRUMO-, i ca. 26 % af LOOP-indtagene og i ca. 82 % af vandforsyningsboringerne.

Figur 3 viser den geografiske fordeling af nitratindholdet i GRUMO-indtag i 2023, hvoraf det ses, at nitratkoncentrationer over kvalitetskravet på 50 mg/l blev fundet i mange egne af landet.



Figur 3. GRUMO. Nitratindholdet i grundvand i 2023 i 1.035 GRUMO-indtag. Nitratindholdet er opdelt på fire koncentrationsklasser. De højeste koncentrationer er afbildet øverst.

Figur 4 viser dybdefordelingen for nitrat i GRUMO-indtag prøvetaget i 2023. Dybden er opdelt i 10 meters intervaller. Tættest på terræn (0-10 m u.t.) var nitrat til stede (>1 mg/l) i ca. 64 % af indtagene. Koncentrationen af nitrat var over 50 mg/l i omkring 17% af indtagene og over 25 mg/l i omkring 31 % af indtagene. Nitratindholdet falder gradvist med dybden, hvor hovedparten (ca. 90 %) af nitratanalyserne stammer fra indtag i de øverste 50 meter. Fra 80 m u.t. er nitratkoncentrationen mindre end 1 mg/l i de relativt få undersøgte indtag.



Figur 4. GRUMO. Dybdemæssig fordeling (til top af indtag i m u.t.) af det gennemsnitlige nitratindhold i 2023 i 1.035 GRUMO-indtag. Rød signatur viser den procentvise andel af indtag med koncentrationer over kvalitetskravet på 50 mg/l. Antal indtag i hvert dybdeinterval (n) er vist til højre for figuren.

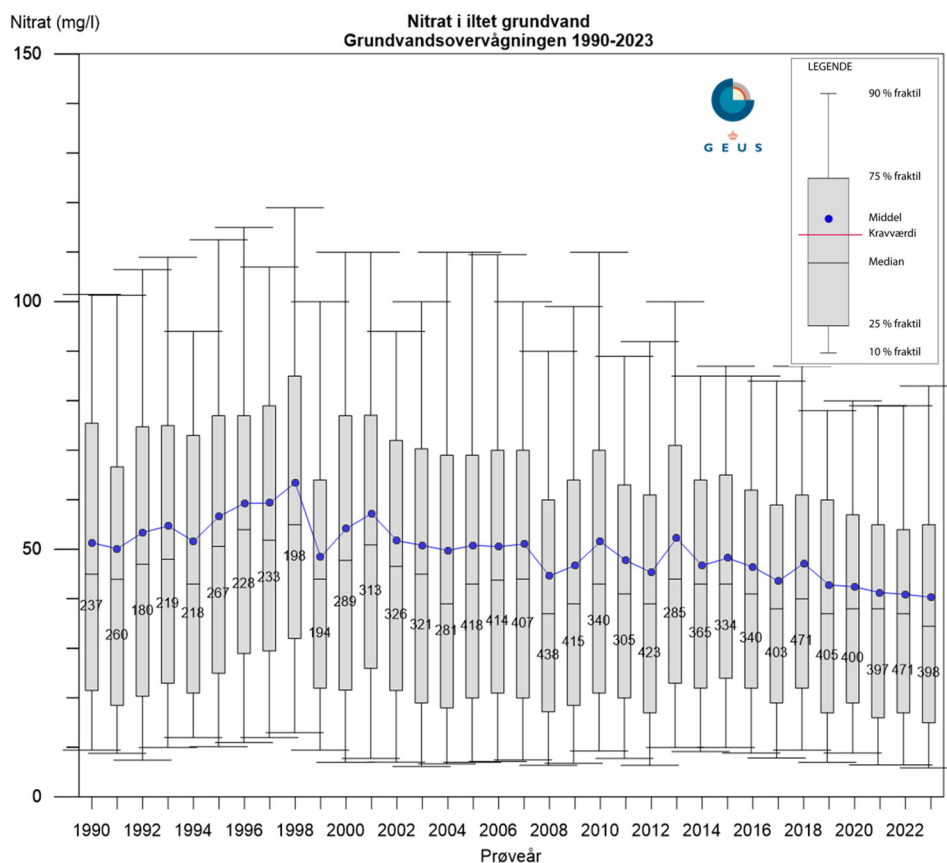
Figur 5 viser for perioden 1990-2023 for hvert år fordelingen af det *iltholdige* grundvands nitratindhold i GRUMO-indtag. Figuren er baseret på årlige gennemsnitlige nitratkoncentrationer for hvert af de indtag, der indgik i overvågningen i det pågældende prøvetagningsår.

Figur 5 viser nitratindholdet i grundvandet på prøvetagningstidspunktet og afspejler ikke en egentlig tidlig udvikling af påvirkningen fra nitratudvaskningen. Det skyldes, at alderen af det iltede grundvand varierer fra få år og op til ca. 50 år, således som dateringerne af grundvandet har vist (Hansen mfl., 2017).

I 2023 indeholdt omkring 38 % af de prøvetagede GRUMO-indtag iltholdigt grundvand, mens ca. 49 % af GRUMO-indtagene indeholdt nitrat. Det iltholdige grundvands nitratindhold er vist som boksdiagrammer for hvert prøvetagningsår. Gennemsnitsværdi (middelværdi) og kvalitetskrav er vist sammen med 10 %, 25 %, 50 % (median), 75 % og 90 % fraktilerne.

Nitratindholdet i det iltholdige grundvand udviser alle år en stor spredning. Medianværdien ligger igennem hele overvågningsperioden (1990-2023) noget under gennemsnitsværdien, hvilket indikerer, at der optræder enkelte meget høje nitratværdier. De højeste median- og gennemsnitsværdier blev fundet i de grundvandsprøver, der blev taget i perioden 1996-1998. De seneste 10 år har gennemsnitsværdien af nitratkoncentrationerne i iltholdigt grundvand ligget under kvalitetskravet på 50 mg/l, og der er en tendens til faldende koncentrationer for stort set alle fraktiler. I 2023 er gennemsnitsværdien for nitrat i det iltholdige grundvand ca. 40 mg/l og medianværdien ca. 35 mg/l, mens ca. 29 % (117 ud af 398 af indtagene) af nitratkoncentrationerne var højere end kravværdien på 50 mg/l.





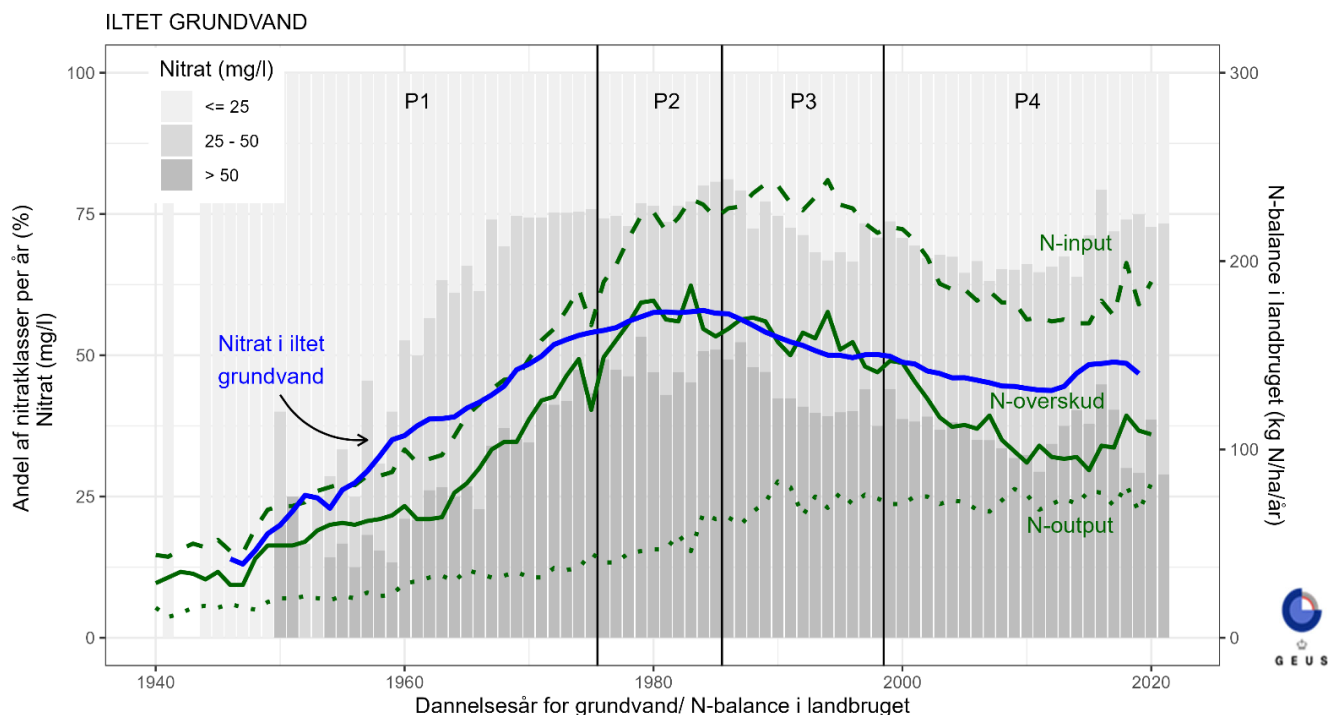
Figur 5. GRUMO. Tidsserie for nitratindholdet i iltholdigt grundvand i GRUMO-indtag vist som boksdiagrammer for hvert prøvetagningsår i perioden 1990-2023. Figuren er baseret på det gennemsnitlige nitratindhold pr. indtag pr. år. Antal af prøvetagede indtag med iltholdigt grundvand er angivet for hvert år.

Figur 6 viser et 5-års glidende gennemsnit af nitratkoncentrationerne baseret på grundvandets dannelses-tidspunkt i iltholdigt grundvand inddelt i fire perioder. Figur 6 viser også N-overskuddet i dansk landbrug beregnet på baggrund af data fra Danmarks Statistik for den primære danske landbrugssektor (personlig meddelelse: Tommy Dalgaard, Institut for Agroøkologi, AU). N-overskuddet er den mængde kvælstof, der ikke udnyttes i landbrugsproduktionen, og som dermed potentielt kan tabes til miljøet fx i form af nitratudvaskning til grundvandet.

Der ses en tydelig sammenhæng mellem den årlige udvikling i landbrugets N-overskud og nitrat i iltholdigt grundvand på det overordnede nationale niveau, hvor data fra hele landet indgår. Der ses en tendens til stagnation i N-overskuddet i perioden 2012-2015 på ca. 90-96 kg N/ha/år nogenlunde samtidig med stagnation i nitratindholdet i iltholdigt grundvand i perioden 2009-2013 på ca. 45-46 mg/l. Tendensen til stagnationen i nitratindholdet i iltholdigt grundvand er derfor en anelse tidligere end N-overskuddet, hvilket kan skyldes usikkerhed i dateringen af det meget unge grundvand og sammenligningen med et 5-års glidende middelinhold af nitrat i iltholdigt grundvand.

Figur 6 viser en tendens til en stigning i både nitratindholdet i iltholdigt grundvand og N-overskuddet i landbruget efter indførelse af Fødevarer- og Landbrugspakken fra 2016. Den procentuelle stigning i nitratindholdet i iltholdigt grundvand fra 2010-2012 (årlige middel: ca. 44 mg/l) til 2016-2018 (årlige middel: ca. 49 mg/l) ligger på ca. 11 %. Denne observerede stigning er på niveau med den faglige prognose fra 2016 af nitratpåvirkningen i iltholdigt grundvand ved udfasning af normreduktion for kvælstof som følge af Fødevarer- og Landbrugspakken (Hansen og Larsen, 2016). Ved sammenligning med kvælstofbalancen beregnet på markniveau på baggrund af data fra Landovervågningen (Blicher-Mathiesen, 2024) ses også

en tendens til en stigning i perioden 2016-2018 dog efterfulgt af et fald i kvælstofmarkoverskuddet frem til 2023.



Figur 6. GRUMO. Udviklingen i nitrat i iltet grundvand: 5-års glidende gennemsnit af nitratkoncentrationen i iltet grundvand (blå linje). Andel af prøver i tre nitratklasser (>50 mg/l, 25-50 mg/l og 1-25 mg/l) som funktion af grundvands dannelsesår. Figuren er baseret på 8.767 prøver fra 439 iltede, daterede indtag udtaget i perioden 1990-2023. Lodrette mørke linjer markerer inddelingen i de fire perioder nævnt i teksten. De årlige kvælstofbalancer (N-input, N-output og N-overskud) for landbruget er beregnet for den primære danske landbrugssektor (personlig meddelelse: Tommy Dalgaard, Institut for Agroøkologi, AU).

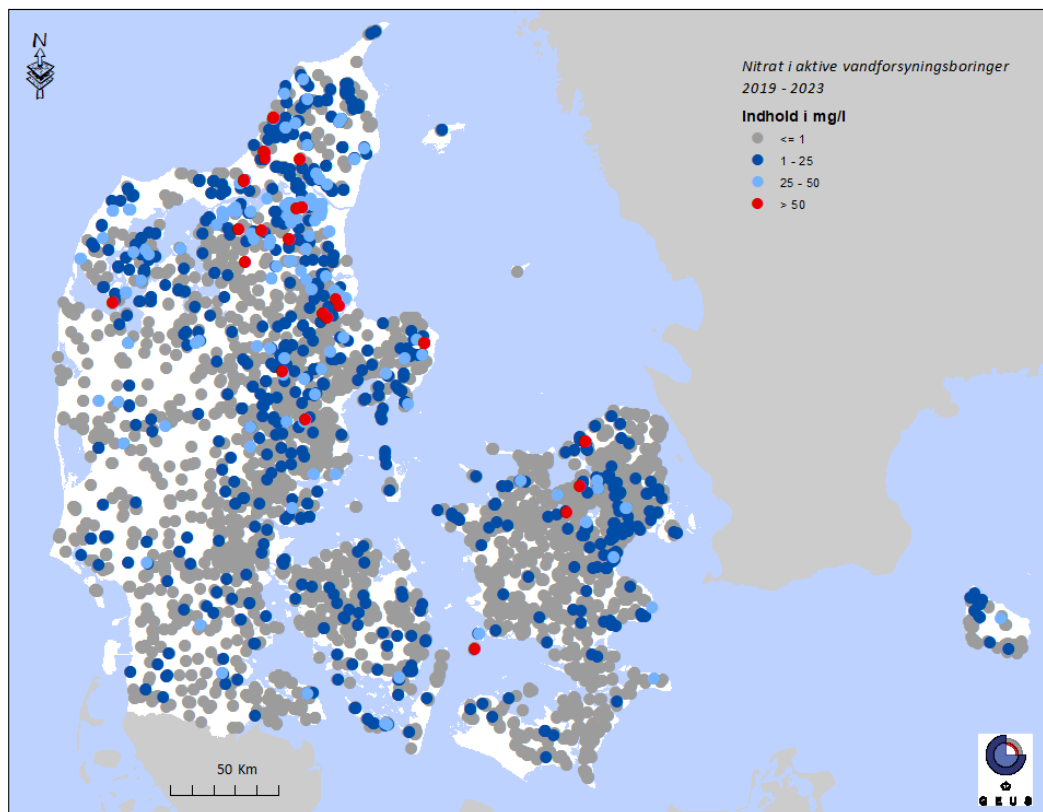
## Vandforsyningsboringer

Figur 7 viser den geografiske fordeling af nitratindholdet i grundvandet i vandforsyningsboringer gennem de seneste fem år (2019-2023), beregnet som gennemsnittet i perioden af det årlige gennemsnit for nitrat i de enkelte indtag.

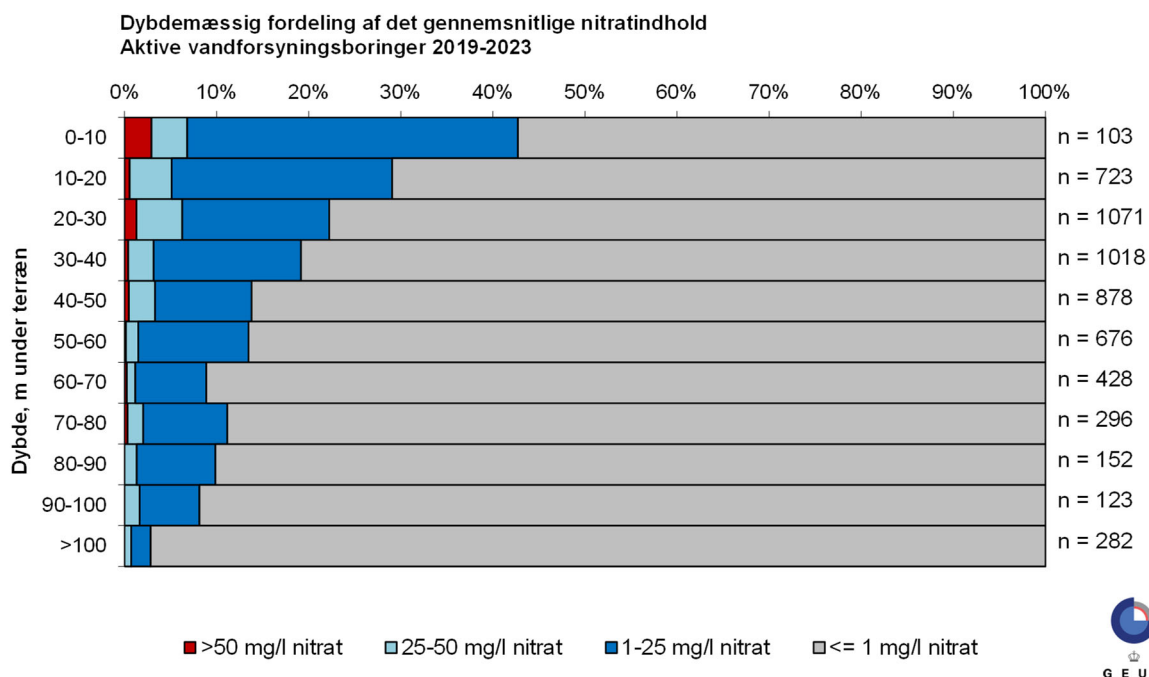
De højeste nitratkoncentrationer målt i grundvandsprøver fra vandforsyningsboringer optræder især i Nordjylland, Thy, Himmerland og på Djursland. Dette skyldes, at der i disse områder er en ringe naturlig beskyttelse af grundvandet i kalkmagasinerne fra lerede dæklag, og at kalken flere steder findes tæt på terræn. Der er en lav naturlig omsætningsrate af nitrat i kalken og nitratudvaskning fra landbrugsarealerne kan derfor trænge dybt ned i disse kalkmagasiner.

Figur 8 viser dybdefordelingen for nitrat i vandforsyningsboringer i perioden 2019-2023. Der er et gradvist fald i nitratindholdet med dybden. Nitratkoncentrationerne er betydeligt lavere i vandforsyningsboringerne sammenlignet med nitrat i GRUMO-indtagene i 2023 (se Figur 4). I vandforsyningsboringerne blev der dog i perioden 2019-2023 fundet nitrat med koncentrationer over 50 mg/l ned til 70-80 m u.t. i enkelte boringer. Der er også fundet nitratkoncentrationer med op til 50 mg/l i vandforsyningsboringer, som er dybere end 100 m u.t.

Forklaringen på den større hyppighed af fund af nitrat i dybe indtag i vandforsyningsboringerne, sammenlignet med GRUMO-indtagene, kan være, at indvindingen lokalt trækker nitrat dybt ned i grundvandsmagasinerne. Det kan også forklares ved, at der er flere data i de dybere dele af grundvandet for vandforsyningsboringerne end for GRUMO-indtag. Det generelt lavere nitratindhold i vandforsyningsboringer, sammenlignet med nitratindholdet i GRUMO-indtagene, hænger sammen med, at vandforsyningerne undgår indvinding fra boringer, hvor vandkvaliteten ikke lever op til kvalitetskravet for nitrat (Schullehner og Hansen, 2014 og DANVA, 2018).



Figur 7. Vandforsyning. Nitratindholdet i grundvandet i 6.111 vandforsyningsboringer fordelt på fire koncentrations-klasser. Data viser gennemsnit pr. indtag i perioden 2019-2023. Der kan indgå boringer, som ikke længere anvendes til drikkevandsforsyning. De højeste koncentrationer er afbildet øverst.



Figur 8. Vandforsyning. Dybdemæssig fordeling af det gennemsnitlige nitratindhold i 2019-2023 i forhold til top af indtag i m u.t i 5.750 indtag i vandforsyningsboringer. Rød signatur viser den procentvise andel af indtag over kvalitetskravet for nitrat på 50 mg/l. Antal indtag i hvert dybdeinterval er anført til højre for figuren.

## 1.3 Pesticider

### Indledning

Pesticider og deres nedbrydningsprodukter kan forekomme i grundvand som følge af erhvervsmæssig eller privat anvendelse af pesticider i skov- og jordbrug, parker, haver, mm. Ifølge grundvandsdirektivets bilag 1 (EU, 2006) dækker pesticidbegrebet også stoffer med biocidanvendelse fx desinfektionsmidler, konserveringsmidler og biocider i maling og træbeskyttelse. Grundvandet overvåges for dets indhold af pesticidstoffer bl.a. for at vurdere, om reguleringen af pesticidforbruget har de ønskede effekter.

### Datagrundlag

I denne rapport diskuteres pesticidanalyser fra perioden 2014-2023 fra indtag i GRUMO- og vandforsyningsboringer. Stofferne er præsenteret med en kortfattet forklaring i Tabel 8 i hovedrapportens kapitel 5. Prøvetagningen i GRUMO veksler mellem kontrolovervågning, hvor alle indtag i pesticidovervågningen prøvetages, og operationel overvågning, hvor der fortrinsvis prøvetages indtag med tidligere pesticidfund. 2023 var et år med kontrolovervågning. Der har over årene indgået et varierende antal stoffer i analyseprogrammerne. For enkeltstoffer af pesticider og nedbrydningsprodukter er kvalitetskravet i grundvand fastsat til 0,1 µg/l, mens den for summen af enkeltstoffer er 0,5 µg/l. Kvalitetskravet gælder både for anvendelse som pesticid og biocid. Opgørelsen af pesticidpåvirkningen bygger på en metode, hvor det beregnes i hvilken andel af indtagene, der mindst én gang i en periode (typisk et, tre eller fem år) har været mindst ét stof med fund over detektionsgrænsen, mindst ét stof med overskridelse af kvalitetskravet på 0,1 µg/l, eller mindst én prøve, hvor pesticidstoffernes sum har overskredet kvalitetskravet på 0,5 µg/l.

De indberettede analyseresultater for stofferne R471811 og 1,2,4-triazol i GRUMO-datasættet viser meget højere fundprocenter i 2023 end i de foregående år. SGAV (Styrelsen for grøn arealomlægning og vandmiljø) er i gang med en udvidet kvalitetssikring af R471811 og 1,2,4-triazol data, og indtil videre kan man ikke afgøre om 2021-data eller 2023-data er mest retvisende, men blot konstatere at begge stoffer er blandt de mest udbredte pesticidstoffer i grundvandsovervågningen. Uden data for 1,2,4-triazol og R471811 i grundvandsovervågningen kan der ikke beregnes sum af pesticider i de enkelte prøver og heller ikke aggregere data til beregning af pesticidstoffernes generelle forekomst i grundvandsovervågningens indtag, koncentrationsfordeling, dybdefordeling, rumlig fordeling med videre, disse opgørelser udgår derfor i denne rapport. Der henvises til sidste års rapport (Thorling mfl., 2024)

### 'Nye' stoffer i grundvandsovervågningens analyseprogram i 2023

LM5 (6-(tert-butylamino)-1,3,5-triazine-2,4-diol), LM6 (4-(tert-Butylamino)-6-hydroxy-1-methyl-1,3,5-triazin-2(1H)-one) og R471811 (4-Bis-amido-3,5,6-trichlorobenzenesulfonat) blev tilføjet grundvandsovervågningens generelle analyseprogram i 2023. LM5 forekom i 13,1% af indtagene med overskridelse af kvalitetskravet i 2,0%, LM6 forekom i 16,3% af indtagene med overskridelse af kvalitetskravet i 3,3%. Data for R471811 var muligvis fejlbehæftede i 2023 og rapporteres derfor ikke før yderlig kvalitetskontrol er gennemført.

### Screening i grundvandsovervågningen i 2023

I 2023 blev 247 udvalgte indtag med ungt vand screenet for dimethylsulfamid (DMSA), som ikke tidligere har indgået i grundvandsovervågningens generelle analyseprogram for pesticidstoffer. DMSA er et nedbrydningsprodukt fra cyazofamid, som var tilladt til bekæmpelse af svampesygdomme i kartofler i perioden 2004-2023. DMSA blev påvist i 8 indtag (3,2 %) med overskridelse af kvalitetskravet i 6 indtag (2,4 %). Højeste påviste koncentration var 0,49 µg/l.

### Tidlig udvikling i den faste kerne af indtag i grundvandsovervågningen

Udviklingen i 13 enkeltstoffers fundandel er fulgt for en fast kerne på 323 indtag, som er prøvetaget jævnligt siden 1998. Da der er tale om udvalgte indtag, er fundandelene ikke nødvendigvis repræsentative for stationsnettet som helhed. **DMS** var det hyppigst påviste af de udvalgte stoffer i den faste kerne af indtag. DMS er kun overvåget siden 2018, men i disse år har fundandelen været stigende, mens andelen af overskridelser af kvalitetskravet har været stabil. **DPC** er det næsthypigste af de udvalgte stoffer og er pesticidstoffet med størst andel indtag med overskridelse af kvalitetskravet. DPC's udbredelse i den faste kerne af indtag har været stort set konstant siden de første analyser i 2017, dog muligvis med en

svagt stigende tendens for overskridelse af kvalitetskravet. **BAMs** fundandele har været jævnt faldende i hele perioden siden 1998. Andelen af overskridelser for BAM var faldende frem til 2014 og har derefter været stort set konstant omkring 5 %. **DEIA's** fundandele toppede omkring 2008, hvorimod overskridelse af kvalitetskravet har været stort set konstant fra 1999 og fremefter. **Desisopropylatrazins** fundandele har været faldende siden 2011, mens overskridelser af kvalitetskravet har været faldende i hele perioden, så overskridelser nu næsten ikke forekommer i den faste kerne af indtag.

### Pesticider i vandforsyningsboringer

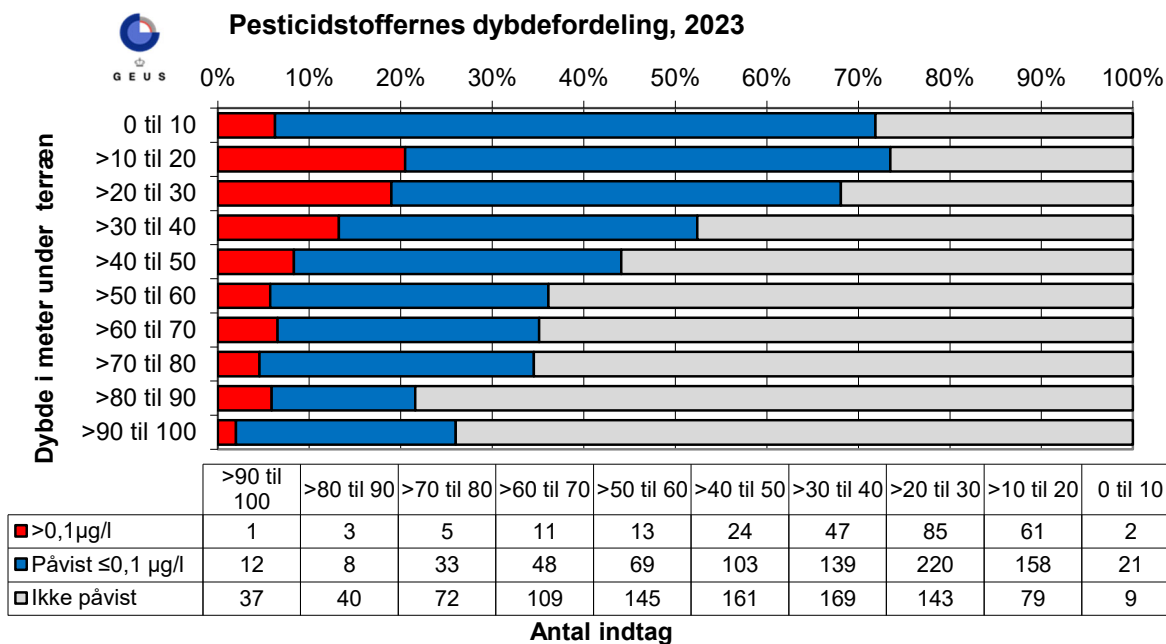
Tablet 1 viser, at der i 2023 blev fundet mindst ét pesticidstof i 50,9 % af de undersøgte vandforsyningsindtag, hvor 12,2 % af de undersøgte indtag havde mindst én overskridelse af kvalitetskravet, og hvor 1,9 % af de undersøgte indtag havde mindst én overskridelse af kvalitetskravet for pesticidstoffernes sum.

I perioden 2019-2023 blev pesticidstoffer fundet mindst én gang i 41,7 % af de undersøgte indtag, hvor 10,6 % af de undersøgte indtag havde mindst én overskridelse af kvalitetskravet. Kvalitetskravet for summen af pesticider var overskredet mindst én gang i 2,0 % af de undersøgte indtag. Pesticidfund over og under kvalitetskravet er udbredte i hele landet bortset fra et område i Vestjylland med mange dybe indtag og få overskridelser af kvalitetskravet.

Tablet 1. Vandforsyning. Pesticidfund i vandforsyningsboringernes indtag vist som antal og procentvis fordeling af indtag. Indtagene er opdelt i indtag med mindst ét fund og indtag med mindst én overskridelse af kvalitetskravet (>0,1 µg/l for enkeltstoffer og 0,5 µg/l for summen) for enkelte år og for perioden 2018-2022. 2019-tal i parentes er opgørelser uden indtag, som kun er analyseret for CTAS og/eller chlorothalonilamidbenzoesyre. Hvert år bygger på data fra årsspecifikke udtræk fra Jupiter.

Vandforsyning	Indtag antal				Indtag andel (%)		
	I alt	Med fund	Enkeltstof >0,1 µg/l	Sum >0,5 µg/l	Med fund	Enkeltstof >0,1 µg/l	Sum >0,5 µg/l
2023	2272	1156	277	44	50,9	12,2	1,9
2022	2405	1208	317	41	50,2	13,2	1,7
2021	2393	1198	321	56	50,1	13,4	2,3
2020	2219	1131	323	51	51,0	14,6	2,3
2019	3933 (2494)	1142 (1130)	318 (317)	55 (55)	29,0 (45,3)	8,1 (12,7)	1,4 (2,2)
2019-2023	6370	2654	676	127	41,7	10,6	2,0

Figur 9 viser pesticidfundenes dybdefordeling i 2023 i vandforsyningsindtag. Fundandele og overskridelser af kvalitetskravet er generelt størst i det øverste grundvand og aftager med dybden, men der er enkelte fund og overskridelser af kvalitetskravet i boringer, som har filtertop dybere end 100 m u.t.



Figur 9. Vandforsyning. Pesticidstoffers dybdefordeling for vandforsyningsindtag prøvetaget i 2023. Indtagene er opdelt i tre koncentrationsintervaller: >0,1 µg/l, påvist ≤0,1 µg/l, samt ikke påvist (under detektionsgrænsen, typisk <0,01 µg/l). Dybden angiver afstanden fra terræn til indtagets top. Indtag med top dybere end 100 m er ikke vist.

### De hyppigst fundne pesticider

Tabel 2 viser de fem hyppigst fundne pesticidstoffer i de seneste 10 år (perioden 2014-2023) i GRUMO-indtag og vandforsyningsindtag. De 25 hyppigst fundne pesticidstoffer fremgår af Tabel 12 i kapitel 5.

Tabel 2. GRUMO & Vandforsyning. De 5 hyppigst fundne pesticidstoffer i perioden 2014-2023 i GRUMO- og vandforsyningsindtag. Tabellen viser andel indtag opdelt efter mindst ét fund eller mindst én overskridelse af kvalitetskravet (>0,1 µg/l). Data for R471811 og 1,2,4-triazol i grundvandsovervågningen (GRUMO-indtag) var muligvis fejlbehæftede i 2023 og rapporteres derfor ikke. Se også bilag 5.2 og 5.4, der viser alle analyserede stoffer.

GRUMO-indtag 2014-2023			Vandforsyningsindtag 2014-2023		
Stofnavn	Med fund (%)	>0,1 µg/l (%)	Stofnavn	Med fund (%)	>0,1 µg/l (%)
R471811 (4-Bis-amido-3,5,6-trichlorobenzenesulfonat)	--	--	DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	24,3	5,6
1,2,4-Triazol	--	--	R471811 (4-Bis-amido-3,5,6-trichlorobenzenesulfonat)	16,2	1,7
DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	34,3	5,5	DPC (Desphenylchloridazon)	16,0	4,3
Desphenylchloridazon	30,7	17,5	BAM (2,6-Dichlorbenzamid)	13,0	1,4
LM3 (6-Hydroxy-7,7-dimethyl-6,8-dihydroimidazo[1,2-a][1,3,5]triazine-2,4-dion) <sup>a</sup>	21,7	2,0	DEET <sup>b</sup>	10,6	1,6

a) Kun analyseret i 249 indtag. b) Kun analyseret i 322 indtag, se Kapitel 5.3

**DMS (N,N-dimethylsulfamid)** var i 2014-2023 det hyppigst påviste pesticidstof i vandforsyningernes indtag med fund i 24,3 % (5,6 % over kvalitetskravet) af de undersøgte indtag. I perioden 2014-2023

blev DMS påvist i 34,3 % af GRUMO-indtagene (5,5 % over kvalitetskravet). DMS er et nedbrydningsprodukt fra fungiciderne tolylfluamid, dichlofluamid og cyazofamid.

**DPC (desphenylchloridazon).** I 2014-2023 blev DPC påvist i 16,0 % af de undersøgte vandforsyningsindtag (4,3% over kvalitetskravet) og 30,7 % af grundvandsovervågningens indtag (17,5 % over kvalitetskravet). DPC er det eneste pesticidstof i grundvandsovervågningen, der oftere er påvist over kvalitetskravet end under. DPC er et nedbrydningsprodukt fra herbicidet chloridazon, som overvejende blev brugt i bederoer (sukkerroer og foderroer).

**BAM (2,6-dichlorbenzamid).** I 2014-2023 blev BAM påvist i 13,0 % af de undersøgte vandforsyningsindtag i (1,4 % over kvalitetskravet) og 16,5 % af grundvandsovervågningens indtag (5,3% over kvalitetskravet). BAM er et nedbrydningsprodukt fra herbiciderne dichlobenil og chlorthiamid og fra bejdsimidlet fluopicolid. BAM har historisk været et af de hyppigst påviste nedbrydningsprodukter i GRUMO- og vandforsyningsindtag, men påvirkningen er aftagende.

**LM3 (2,6-dihydroxy-7,7-dimethyl-6,8-dihydroimidazo[1,2a][1,3,5]triazin-4(6H)-on)** blev i 2022 screenet i GRUMO og var det hyppigst fundne triazin (21,7 % af screenede indtag, 2,0 % over kvalitetskravet). LM3 indgik ikke i grundvandsovervågningens analyseprogram i 2023. I vandforsyningsindtag blev LM3 i 2023 fundet i 6,0 % af undersøgte indtag med overskridelse af kravværdien i 0,3 %. LM3 er et nedbrydningsprodukt fra herbicidet terbuthylazin og sandsynligvis også fra biocidet terbutryn.

**R471811 (4-bis-amido-3,5,6-trichlorobenzensulfonat)** kom på drikkevandsbekendtgørelsens bilag 2 i 2022 og er i perioden 2022-2023 påvist i 16,2 % af de undersøgte vandforsyningsindtag (1,7 % over kvalitetskravet), hvilket gør R471811 til det næsthypigste pesticidstof i vandforsyningernes indtag. R471811 indgik for første gang i grundvandsovervågningens generelle analyseprogram i 2023, men data var muligvis fejlbehæftet og rapporteres derfor ikke. R471811 er et nedbrydningsprodukt fra fungicidet chlorothalonil, der har været brugt som plantebeskyttelsesmiddel og biocid.

**DEET** (diethyltoluamid) er et biocid-aktivstof, der bruges mod insektbid (afskrækningsmiddel). DEET har høj fundandel i vandforsyningsindtag i perioden 2014-2023 (10,1 %). De fleste undersøgte indtag ligger i Hovedstadsområdet og vest for Køge. Efter stort fokus på prøvetagernes brug af myggemidler faldt andelen til 2,1 % i 2023. I GRUMO er 248 indtag screenet for DEET uden fund.

## 1.4 Organiske mikroforureninger

### Indledning

Organiske mikroforureninger er en meget forskelligartet stofgruppe med mange forskellige detektionsgrænser og kravværdier. I år afrapporteres alle stoffer, der tilhører gruppen, dog for GRUMO-boringer ikke halogenerede alifatiske kulbrinter, da der i Miljøstyrelsen udestår en kvalitetskontrol for data fra 2022 og 2023. Fokus i kapitlet er på gruppen af PFAS-forbindelser.

### Datagrundlag

En analyse for PFAS i grundvand har de sidste mange år typisk været en analyse af de 12 stoffer, som siden 2015 har indgået i drikkevandsbekendtgørelsen. Fra maj 2023 indgår yderligere 10 stoffer (Sum af 22 stoffer), dog i drikkevandsbekendtgørelsen. Fra september 2021 og frem er prøver til PFAS-analyse i grundvandsovervågningen derfor blevet analyseret for 22 stoffer. Fra 2022 er også en del vandværksboringer analyseret for disse 22 PFAS-forbindelser. Detektionsgrænsen for PFAS-forbindelser har været faldende over de senere år, og særligt faldt den i løbet af 2021 for de fire stoffer (PFOA, PFNA, PFHxS og PFOS), hvor kravværdien for disse fire stoffer i juni 2021 blev sænket i forbindelse med indførelsen af et særskilt sumkrav på 0,002 µg/l i drikkevandsbekendtgørelsen (Miljøstyrelsen, 2021d). Da de anvendte detektionsgrænser er meget afgørende for omfanget af PFAS-fund i grundvandet, og dermed for sammenligneligheden af data, indeholder årets rapport udelukkende PFAS-data fra 2021-2023 i grundvandsovervågningen og udelukkende data fra 2022-2023 for de almene vandværkers boringskontrol. For øvrige stoffer i gruppen af organiske mikroforureninger bygger opgørelserne for de almene

vandværkers boringskontrol på data fra perioden 2019-2023 for at tilpasse datasættet til kontrolhyppigheden for vandforsyningsanlæg, idet alle aktive vandforsyningsindtag med potentielle forureningskilder i oplandet skal analyseres mindst én gang i en femårs periode jf. drikkevandsbekendtgørelsen.

### **Grundvandsovervågningen**

Der var fund af 14 af de 22 PFAS-forbindelser, med PFOA som den hyppigst fundne PFAS-forbindelse, efterfulgt af PFOS, PFBS og PFHxS med næsten lige så mange fund. Samlet set var der fund af én eller flere PFAS-forbindelser i 100 ud af 404 undersøgte indtag, svarende til knap 25 %. Denne fundandel svarer til sidste års afrapportering, men der er dog også kun analyseret for PFAS i ganske få indtag i 2023.

Koncentrationen var under kravværdien på 0,1 µg/l for sum af 22 PFAS i alle undersøgte indtag, undtagen ét. I dette indtag, skyldes overskridelsen en koncentration på 0,27 µg/l 6:2 FTS i en prøve fra 2023. Der er ikke i de to tidligere analyser i 2021 og 2022 fundet 6:2 FTS i dette indtag og detektionsgrænsen er samtidigt kraftigt forøget, op til faktor 30, for øvrige PFAS-forbindelser i prøven. Den høje koncentration af 6:2 FTS og dermed den konstaterede overskridelse for sum af 22 PFAS er altså med stor sandsynlighed ikke reel. Højeste målte sum-koncentration derudover var 0,070 µg/l, altså på 70 % af kravværdien. Til gengæld blev der målt koncentrationer for Sum af 4 PFAS over kravværdien for drikkevand i 37 ud af 404 undersøgte indtag, svarende til 9 %. Den højeste koncentration var 0,043 µg/l, svarende til ca. 21 gange over kravværdien. I fire indtag blev der fundet 10 gange kravværdien eller mere.

Trifluoreddikesyre (TFA) tilhører de såkaldte ultrakortkædede PFAS-forbindelser. I 2023 blev der gennemført en kontrolovervågning for TFA, med analyse i 1028 indtag, hvis formål bl.a. var at understøtte de foreløbige konklusioner fra en screeningsundersøgelse i 2020. I 603 af 1028 indtag blev der fundet TFA, svarende til en fund-procent på 59 %, hvilket er betydeligt under fundprocenten på 89 % fra 2020-undersøgelserne. Imidlertid vurderes analyserne for TFA fra 2023 samlet set ikke at være pålidelige, og det er derfor ikke muligt at drage yderligere konklusioner på baggrund af TFA-analyserne fra 2023.

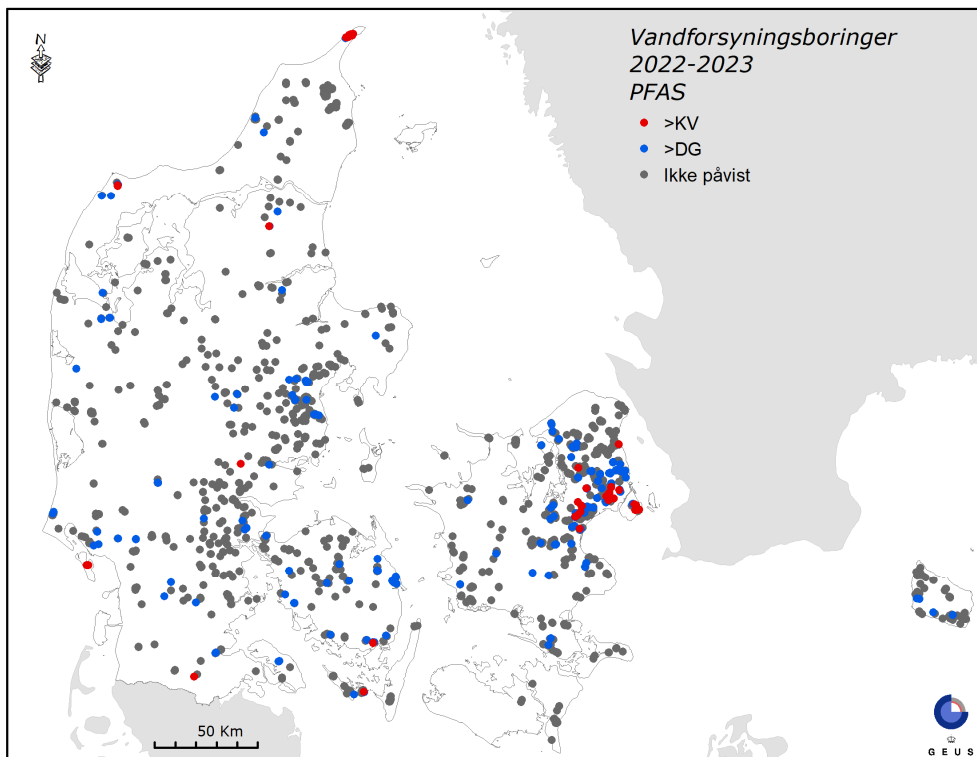
Samlet set må det konkluderes, at PFAS-forbindelser detekteres i en betydelig andel af de undersøgte GRUMO-indtag. I det omfang TFA indgår i opgørelser over PFAS-forbindelser, jævnfør dens kemiske struktur, kan der detekteres PFAS i størstedelen af GRUMO-indtagene. Med det nuværende drikkevandskrav for TFA på 9 µg/l bidrager TFA imidlertid ikke til overskridelser af kravværdien. Koncentrationen af de øvrige PFAS er i langt de fleste tilfælde betydeligt under grænseværdien for Sum af 22 PFAS (0,1 µg/l), men i en del tilfælde overskrides sumværdien for de fire stoffer PFOS, PFOA, PFHxS og PFNA (0,002 µg/l). Der er fortsat mistænkte tilfælde af falske positive for PFAS i GRUMO-indtag, men det ser ikke ud til at forstyrre det samlede billede. Der er til gengæld begrundet mistanke om både falske positive og negative for TFA i 2023.

### **Vandforsyningsboringer**

Det store fokus på PFAS-forbindelser førte til en stor stigning i antallet af PFAS-analyser i vandforsyningsboringer i 2022, som til dels er fortsat i 2023. PFAS er således analyseret i prøver fra 1.835 almene vandforsyningsindtag i 2022-2023, svarende til ca. hvert tredje indtag. Ud af de 1.835 indtag, blev der fundet mindst én PFAS-forbindelse i 299 indtag, svarende til 16 %. I godt halvdelen (165) af indtagene med fund blev der påvist mere end én PFAS-forbindelse. Sum af 4 PFAS (PFOS, PFOA, PFHxS og PFNA) lå over kravværdien på 0,002 µg/l i 81 indtag, svarende til 4,4 %. Den højest målte værdi for Sum af 4 PFAS var 0,024 µg/l, altså 12 gange kravværdien for drikkevand. I hhv. 10 og 27 indtag blev der fundet mere end hhv. 5 og 3 gange kravværdien. PFOA var, ligesom i grundvandsovervågningen, den hyppigst fundne PFAS-forbindelse i boringskontrollen og dét stof, som i sig selv hyppigst påvises over kravværdien på 0,002 µg/l.

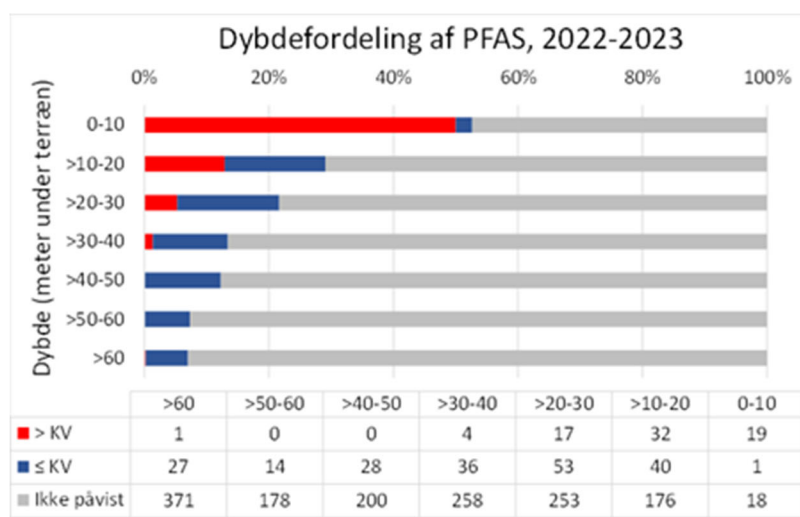
Figur 10 viser den geografiske fordeling af PFAS i de vandforsyningsindtag, der er analyseret for PFAS. PFAS-forbindelser kan findes over hele landet, men fund af PFAS og i særdeleshed koncentrationer over kravværdien for Sum af 4 PFAS er koncentreret omkring København, omend der også ses koncentrationer over kravværdien i andre områder. Særligt er der også høje PFAS-koncentrationer i terrænnære indvindingsboringer nær Vesterhavet (Fanø, Hanstholm, Skagen).





Figur 10. Vandforsyning. PFAS 2022-2023. Rød markerer fund over en fastsat kravværdi (i dette tilfælde udelukkende  $>0,002 \mu\text{g/l}$  for 'Sum af PFOS, PFOA, PFHxS og PFNA'). Blå markerer fund under kravværdien. Grå markerer ingen påviste PFAS-forbindelser ( $<DG$ ). De højeste koncentrationer er afbildet øverst.

Figur 11 viser dybdefordelingen af PFAS-fund. Der ses en mere markant dybdefordeling i vandforsyningsboringerne end i grundvandsovervågningen, med en tydeligt aftagende andel af både fund og overskridelser af kravværdien med dybden.

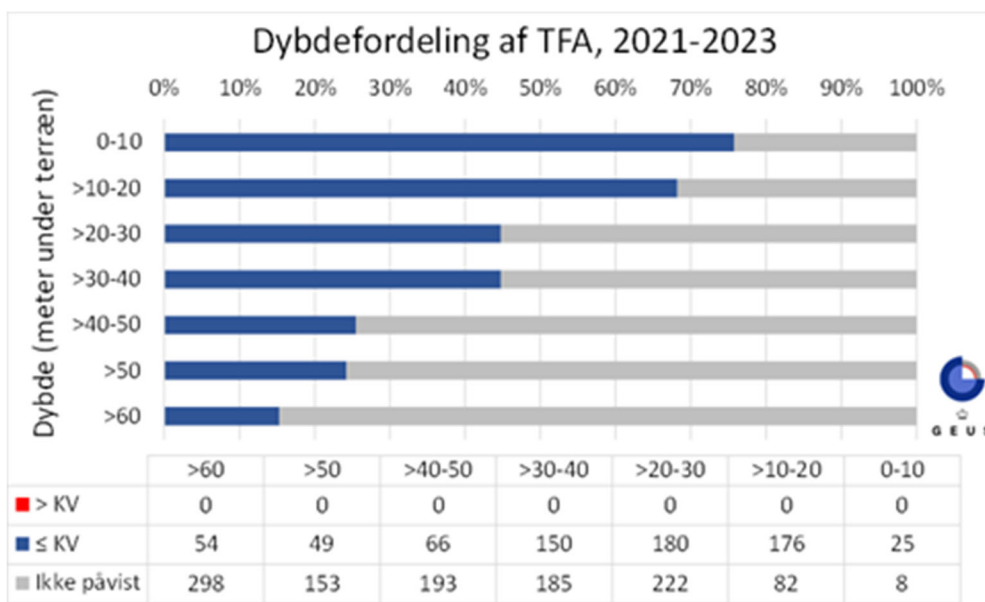


Figur 11. Vandforsyning. Dybdefordeling for PFAS i 2022-2023. Indtagene er opdelt i tre koncentrationsintervaller: Rød ( $>KV$ ) markerer fund over en fastsat kravværdi (i dette tilfælde udelukkende  $>0,002 \mu\text{g/l}$  for 'Sum af PFOS, PFOA, PFHxS og PFNA'), se Tabel 14. Blå ( $\leq KV$ ) markerer fund under kravværdien. Grå (ikke påvist) markerer indtag uden påviste PFAS-forbindelser. Dybden angiver afstanden fra terræn til overkanten af indtaget. Tabellen under figuren viser antal undersøgte indtag opdelt efter dybde og koncentrationsintervaller. Bemærk, at der er meget få indtag fra 0-10 meters dybde med deraf følgende øget usikkerhed på fundandelen.

Den mere tydelige dybdefordeling skyldes sandsynligvis det større datasæt for vandforsyningsboringer. Den høje forekomst af koncentrationer over kravværdien fra 0-10 m skal dog tolkes varsomt, da der er meget få vandforsyningsboringer med indtag så tæt på terræn, og mere end halvdelen af overskridelserne i denne dybde skyldes indtag knyttet til et enkelt vandværk. Dybdefordelingen peger på, at PFAS-forbindelser i øjeblikket hovedsageligt befinder sig i det mest terrænnære grundvand, hvilket stemmer godt overens med, at den største anvendelse af PFAS-forbindelser er foregået inden for de seneste 40 år. Da det vurderes, at de fleste af de analyserede PFAS-forbindelser ikke nedbrydes i jordmiljøet, og der samtidig er kommet øget fokus på mindsket udledning af PFAS til både jord- og vandmiljø via fx brandskum, må dybdefordelingen forventes at ændres i fremtiden.

Mange vandforsyninger begyndte at analysere for den ultrakort-kædede PFAS-forbindelse TFA efter de mange fund i GRUMO-boringer i 2020. I forlængelse heraf blev TFA optaget i drikkevandsbekendtgørelsen med en kravværdi på 9 µg/l. I alt er 1.953 vandforsyningsindtag blevet undersøgt, og TFA-koncentrationen lå over detektionsgrænsen (på typisk 0,05 µg/l) i de 750, svarende til 38 %. Den højeste målte koncentration var 4,8 µg/l, og i kun otte indtag blev der fundet mere end 1 µg/l. Der var således ingen fund over den nuværende kravværdi. Den højeste målte koncentration er desuden fundet i ca. 60 m dybde i et indtag, hvor der to år tidligere blev målt <0,05 µg/l TFA. En så stor ændring i løbet af to år på så stor dybde er usædvanligt og kunne pege på, at også for vandforsyningsindtag skal man være varsomt med at tolke på enkeltstående fund af TFA. Tilsvarende er der forskellige indikationer på at de øvrige 7 fund af mere end 1 µg/l TFA ikke er reelle, så der kun med sikkerhed kan siges, at der er TFA op til ca. 1 µg/l i danske vandforsyningsindtag.

Figur 12 viser dybdefordelingen af TFA i vandforsyningsindtag. Fundandelen aftager tydeligt med dybden. Da TFA, med den nuværende viden, ikke forventes at nedbrydes i jordmiljøet, må såvel koncentrationer som antallet af TFA-fund forventes at stige fremover. Samlet set, er der én eller flere PFAS-forbindelser i mange vandforsyningsindtag, særligt i de mere terrænnære indtag og ikke mindst når TFA medregnes. Fundprocenter for både TFA og de længere-kædede PFAS-forbindelser ser dog ud til at være mindre i vandforsyningsindtag end i grundvandsovervågningen, hvilket nok bl.a. skyldes den gennemsnitligt større dybde til vandforsyningsindtag.



Figur 12. Vandforsyning. Dybdefordeling for TFA i perioden 2021-2023. Indtagene er opdelt i to koncentrationsintervaller: ≤ KV på 9 µg/l, eller ikke påvist (under detektionsgrænsen). Dybden angiver afstanden fra terræn til overkanten af indtaget. Tabellen under figuren angiver antal undersøgte indtag i de forskellige indtagsdybder opdelt efter koncentrationsintervaller.

For de øvrige stoffer i gruppen af organiske mikroforureninger, skyldtes næste alle overskridelser af kravværdien i boringskontrollen, gruppen af chlorerede alifatiske kulbrinter (typisk chlorerede opløsningsmidler). Det hyppigst fundne chlorerede opløsningsmiddel var 1,1-dichlorethan, som blev

fundet i 37 ud af 948 undersøgte vandforsyningsindtag. 1,1-dichlorethan har som det eneste chlorerede opløsningsmiddel ikke en kravværdi eller et grundvandskvalitetskriterie, og det er derfor ikke muligt at opgøre eventuelle overskridelser. De næsthyppigste fundne chlorerede alifatiske kulbrinter var cis-DCE og trichlorethylen (TCE) fundet i hhv. 91 og 86 indtag, hvilket i begge tilfælde gav fundandele på knap 4 %. Ses på chlorerede alifatiske kulbrinter under ét (chloroform undtaget), var der i perioden 2019-2023 fund i 254 ud af 2473 undersøgte vandforsyningsindtag (10,3 %) og en overskridelse af kravværdien i 35 vandforsyningsindtag (1,4 %). Forekomst af de individuelle stoffer og antal overskridelser ligger overordnet set på samme niveau som i de forrige opgørelser. I bilag 6 er der en samlet oversigt over hvilke organiske mikroforureninger der er analyseret i vandforsyningsboringerne i perioden 2018-2023.

## 1.5 Sporstoffer

### Indledning

Stofgruppen uorganiske sporstoffer omfatter bl.a. tungmetaller som cadmium og bly, men også letmetaller som aluminium og ikke-metaller som fx arsen, bor og cyanid. Uorganiske sporstoffer findes naturligt i grundvandet, typisk i koncentrationer i størrelsesordenen µg/l. De uorganiske sporstoffer har meget forskellige kemiske egenskaber, anvendelser og geologisk forekomst. Fælles for en lang række af sporstofferne gælder det dog, at de målte koncentrationer kan rumme bidrag fra både naturlige processer og menneskeskabt aktivitet.

### Datagrundlag

Sporstoffer i GRUMO-indtag og vandforsyningsboringer rapporteres for året 2023 og den 5-årige periode 2019-2023.

Tabel 3 viser hvilke stoffer, der indgår i grundvandsovervågningsprogrammet i programperioderne 2017-2022 og 2023-2027, og hvilke obligatoriske stoffer, der indgår i overvågning af grundvandskvaliteten i vandforsyningsboringerne i forbindelse med boringskontrollen. Prøvetagningsfrekvensen i såvel GRUMO-indtag som vandforsyningsboringer varierer fra årlige prøver til én prøve hvert 5 år.

Tabel 3. GRUMO og Vandforsyning. Uorganiske sporstoffer for programperioderne 2017-2022 og 2023-2027 i grundvandsovervågningen og obligatoriske stoffer i vandforsyningernes boringskontrol. Aluminium og Strontium er dog kun obligatoriske under særlige geologiske forhold.

Uorganiske sporstoffer	GRUMO 2017-2022	GRUMO 2023-2027	Vandforsyningsboringer
Aluminium (Al)	X	X	X
Arsen (As)	X	X	X
Barium (Ba)		X	X
Beryllium (Be)	X		
Bly (Pb)	X	X	
Bor (B)	X		X
Cadmium (Cd)	X	X	
Cyanid, total (CN)		X	
Jod (I)	X		
Kobber (Cu)	X	X	
Kobolt (Co)			X
Krom (Cr)		X	
Kviksølv (Hg)		X	
Nikkel (Ni)	X	X	X
Strontium (Sr)			X
Vanadium (V)		X	
Zink (Zn)	X	X	

## Grundvandsovervågning

I perioden 2019-2023 er GRUMO-indtag analyseret for 15 sporstoffer: aluminium, arsen, barium, beryllium, bly, bor, cadmium, cyanid total, jod, kobber, krom, kviksølv, nikkel, vanadium og zink. I den periode er stofferne analyseret op til otte gange i et varierende antal indtag. Den gennemsnitlige koncentration for perioden 2019-2023 er højere end kravværdien for ni stoffer: aluminium, arsen, barium, bly, bor, kobber, kviksølv, nikkel og zink. Andelen af GRUMO-indtag med koncentrationer højere end kravværdien i perioden er 7,1 % for aluminium, 6,8 % for arsen, 0,1 % for barium, 2,8 % for bly, 3,0 % for bor, 0,4 % for kobber, 0,2 % for kviksølv, 7,1 % for nikkel og 1,7 % for zink. Overskridelserne er fordelt på 226 indtag, svarende til 22 % af de undersøgte indtag. I 37 indtag (3,5 %) er koncentrationer højere end kravværdien for to stoffer. I 6 indtag (0,5 %) er koncentrationer højere end kravværdien for tre stoffer. I 3 indtag (0,3 %) er koncentrationer højere end kravværdien for fire stoffer. For perioden 2019-2023 var gennemsnitskoncentrationen af beryllium, cadmium, cyanid total og krom under kravværdien i alle GRUMO-indtag.

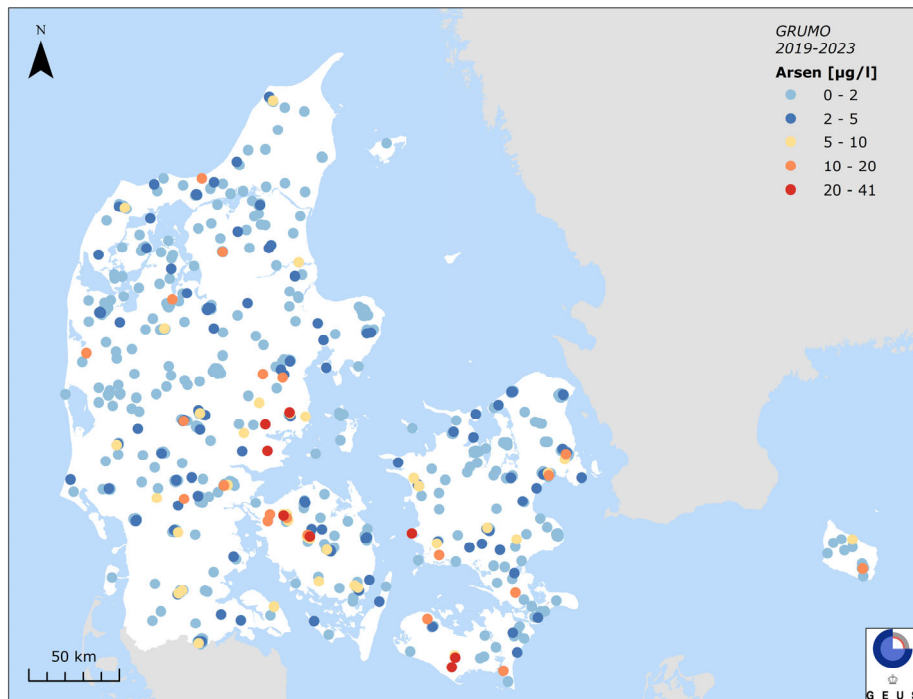
I hovedrapporten er ni stoffer beskrevet uddybende: aluminium, arsen, barium, bly, kobber, kviksølv, nikkel, vanadium og zink. Aluminium, arsen og nikkel er de sporstoffer, hvor koncentrationen i GRUMO-indtag i perioden 2019-2023 hyppigst er højere end kravværdien, hvor specielt arsen kan være giftigt. Aluminium, arsen og nikkel forekommer naturligt i en række mineraler og redoxforholdene og/eller pH er stærkt styrende for mobiliteten for disse stoffer i jordlagene.

Figur 13 viser, at arsen findes jævnt fordelt over landet i koncentrationer under kravværdien på 5 µg/l i GRUMO-indtag i perioden 2019-2023. Grundvand med arsenkoncentrationer højere end kravværdien findes i den sydlige del af Sjælland, på Falster og Lolland, i den vestlige del af Fyn og fra Vejle til Århus samt spredt i resten af Jylland.

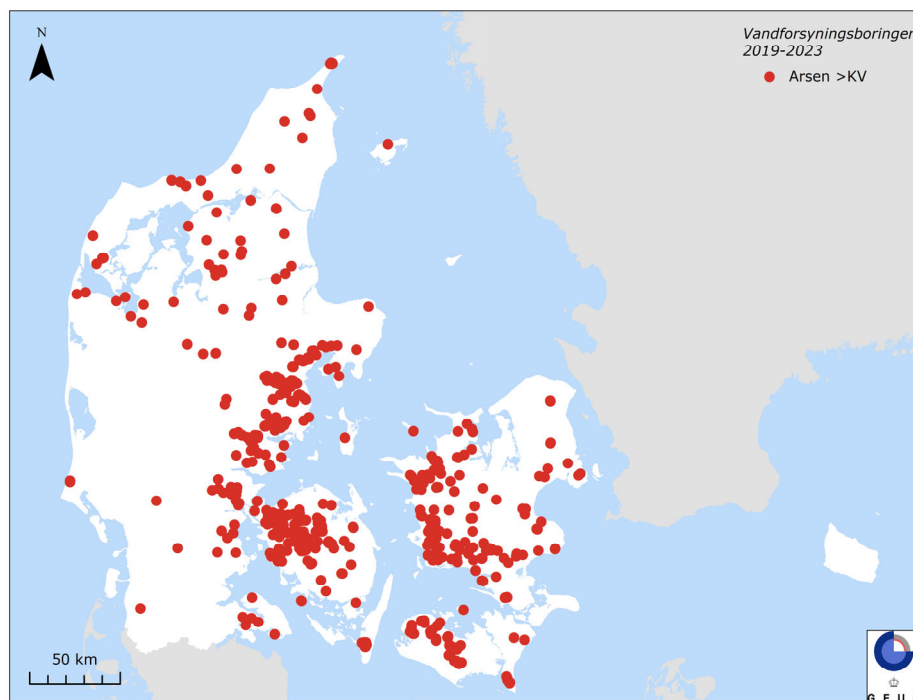
## Vandforsyningsboringer

For perioden 2019-2023, hvor alle vandforsyningsboringer kan forventes at være prøvetaget mindst én gang, er der indberettet analyser for uorganiske sporstoffer for 6.086 vandforsyningsboringer. Hovedparten af boringerne er analyseret for de obligatoriske stoffer: arsen, barium, bor, kobolt og nikkel. Desuden er et større antal boringer analyseret for strontium (indvinding fra skrivekridt) og aluminium (pH <6). Ud af de 6.086 vandforsyningsboringer er der fundet koncentrationer højere end kravværdien for ét eller flere stoffer i 1.277 boringer, svarende til 21 %. Hyppigheden af koncentrationer højere end kravværdien i indvindingsboringerne var for aluminium (1 %), arsen (12 %), barium (0,1 %), bly (1,3 %), bor (6 %), kobber (0,2%), kobolt (0,6 %), kviksølv (0,3 %), nikkel (3,1 %), strontium (4,9 %) og zink (0,7 %).

Arsen er det sporstof, hvor koncentrationen i vandforsyningsboringer i perioden 2019-2023 hyppigst er højere end kravværdien. Figur 14 viser den geografiske fordeling af vandforsyningsboringer med et arsenindhold højere end kravværdien. Koncentrationer højere end kravværdien for arsen optræder i store dele af Danmark med den største tæthed i Vestsjælland, i områderne langs Køge Bugt, i den nordvestlige del af Lolland, i den centrale og vestlige del af Fyn og i den østligste del af Jylland, fra Mols Bjerger til grænsen. Desuden findes en del boringer med højt indhold af arsen i Himmerland og Vendsyssel.



Figur 13. GRUMO. Gennemsnitlige arsenkoncentrationer på indtagningsniveau i 1.043 GRUMO-indtag i perioden 2019-2023. De højeste koncentrationer er afbildet øverst. Koncentrationer højere end kravværdien (5  $\mu\text{g/l}$ ) blev fundet i 71 indtag.



Figur 14. Vandforsyning. Arsenkoncentrationer over kravværdien (KV) for drikkevand (5  $\mu\text{g/l}$ ) i 760 vandforsyningsboringer i 2017-2021. I de fleste tilfælde vil optimeret indvinding og behandling af grundvandet på vandværket nedbringe indholdet af arsen i drikkevandet væsentligt.

## 2 Formål og juridiske rammer for overvågningen

Dette kapitel er udarbejdet i samarbejde med Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø, SGAV. Kapitel 2.1 er baseret på et udkast fra GEUS, mens kapitel 2.2, 2.3 og 2.4 er udarbejdet af SGAV.

### 2.1 Grundvandsovervågningen i Det Nationale Overvågningsprogram for Vand og Natur, NOVANA

Den landsdækkende grundvandsovervågning, GRUMO, er en del af Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljø og Natur (NOVANA). Grundvandsovervågningen er tilrettelagt sådan, at overvågningen kan levere data både til brug for opfyldelse af EU-retslige forpligtelser og til brug for udvikling og forvaltning af national lovgivning.

Formålet med grundvandsovervågningen er beskrevet således i programbeskrivelsen for NOVANA i perioden 2023-2027, (Miljøstyrelsen, 2023):

- *At levere data, der beskriver den generelle kemiske tilstand og udvikling, herunder langtidsændringer i grundvandet (kontrolovervågning).*
- *At levere data, der beskriver den kemiske tilstand for grundvandsforekomster, som anses for at være i risiko for ikke at kunne opfylde målene i forhold til vandrammedirektivet, herunder om der er en langsigtet menneskeskabt tendens til stigning i koncentrationen af nogen af de forurenende stoffer (operationel overvågning).*
- *At levere data, der dokumenterer effekten af nationale vandmiljøplaner, vandområdeplaner, nitrat-handlingsprogrammer og andre forvaltningsmæssige tiltag (operationel og anden overvågning).*
- *At bidrage med data, som med henblik på den årlige opdatering af kravene til vandværkernes boringskontrol belyser, hvorvidt der er grund til at antage, at der i grundvandet og dermed drikkevandet findes stoffer, der ikke hidtil har været undersøgt for, og som kan udgøre en potentiel fare for sundheden (anden overvågning).*
- *At levere data, der beskriver tilstand og udvikling i ændringerne i grundvandsstanden (kvantitativ overvågning).*
- *At levere data, der for grundvandsforekomster, som er i risiko for manglende opfyldelse af vandrammedirektivets mål om god kvantitativ tilstand, beskriver hvordan indvinding og afstrømning påvirker grundvandsstanden (kvantitativ overvågning).*
- *At bidrage til datagrundlaget anvendt ved hydrologisk modellering i blandt andet arbejdet med vandområdeplanerne.*

Kontrolovervågningen udgør den grundlæggende overvågning af grundvandets generelle tilstand og udvikling i Danmark. Kontrolovervågningen repræsenterer grundvandsforekomster i hele landet og alle dybder og foregår som udgangspunkt i de samme boringsindtag over en længere årrække. Den samlede mængde af programlagte indtag i overvågningsboringerne kaldes også stationsnettet og indtagene omtales som GRUMO-indtag.

Operationel overvågning er et supplement til kontrolovervågningen og gennemføres i indtag placeret i grundvandsforekomster i ringe tilstand og i indtag herudover, hvor der i indtaget er konstateret overskridelser af fastsatte kravværdier. Den operationelle overvågning gennemføres årligt på en delmængde af de indtag, hvor der foretages kontrolovervågning.

#### Historik for grundvandsovervågningen, GRUMO

Det Nationale Overvågningsprogram for Vand og Natur, NOVANA, som grundvandsovervågningsprogrammet, GRUMO, er en del af, var oprindeligt et program for en national overvågning af vandmiljøet og blev iværksat som en del af den første vandmiljøplan i 1987. Det daværende overvågningsprogram havde to hovedformål: for det første at overvåge effekten af vandmiljøplanerne og de generelle landbrugsreguleringer i forhold til næringsstofbelastningen (fosfor og nitrat) af vandmiljøet og for det andet at sikre befolkningen en forsyning af drikkevand af god kvalitet (Miljøstyrelsen, 1988).

GRUMO-stationsnettet blev derfor dengang designet med det formål at give et billede af grundvandets tilstand og udvikling i en række udvalgte oplande, de såkaldte GRUMO-områder. Det blev vurderet, at disse områder kunne repræsentere grundvandet på landsplan. Programmet for GRUMO er siden tilpasset – og tilpasses fortsat løbende - både på grundlag af større viden og som følge af de varierende forvaltningsmæssige behov, herunder opfyldelse af forpligtelserne til at overvåge og afrapportere efter EU-direktiver.

Hvordan denne tilpasning er sket, er beskrevet nærmere i Appendiks 2.

Tabel 4 giver et overblik over de forskellige programperioder siden overvågningens start og giver referencerne til programbeskrivelserne gennem tiden. Programbeskrivelserne, indeholder oplysninger om de fastlagte strategier for grundvandsovervågningen i de respektive perioder, herunder om udbygningen af stationsnettet af GRUMO-indtag og hvordan overvågningsdata fra de enkelte typer af indtag anvendes.

Tabel 4. Historik for Det Nationale Overvågningsprogram af Vand og Natur, NOVANA.

Periode	Programnavn	Antal år	Bemærkning	Reference
1988-1992	Vandmiljøplanens overvågningsprogram	5	Etablering af GRUMO-områder	Miljøstyrelsen, 1988 og 1989
1993-1997	Vandmiljøplanens overvågningsprogram	5		Miljøstyrelsen, 1993
1998-2003	NOVA-2003	6		Miljøstyrelsen, 2000a
2004-2009 (2007-2009)	NOVANA	6 (3)	Strukturreform og Midtvejsrevision	DMU, 2004 DMU, 2007a,b
2010	NOVANA	1	Forlængelse 1 år	DMU 2010a,b
2011-2015	NOVANA 2011-2015	5		Naturstyrelsen, DMU & GEUS, 2011
2016	NOVANA 2016	1	Forlængelse 1 år	Naturstyrelsen & DCE, 2016
2017-2021	NOVANA 2017-2021	5		Miljøstyrelsen, DCE og GEUS, 2017
2022	NOVANA 2022	1	Forlængelse 1 år	Miljøstyrelsen, DCE og GEUS, 2021
2023-2027	NOVANA 2023-2027	5		Miljøstyrelsen, 2023

## 2.2 Retligt grundlag for Grundvandsovervågningen

Bemærk, at der refereres til love og bekendtgørelser gældende for overvågningsåret 2023.

### Overvågningsbekendtgørelsen

Bekendtgørelse nr. 792 af 13. juni 2023 om overvågning af overfladevandets, grundvandets og beskyttede områders tilstand og om naturovervågning af internationale naturbeskyttelsesområder (overvågningsbekendtgørelsen) indeholder regler for udarbejdelse af programmer for overvågning af vandmiljøet i vandforekomster og naturen i internationale naturbeskyttelsesområder. Bekendtgørelsen indeholder også bestemmelser om klassificering af overfladevandområders tilstand og om vurdering af grundvandsforekomsternes tilstand. Bekendtgørelsen er grundlaget for NOVANA 2023-2027, herunder delprogrammerne GRUMO og LOOP.

Overvågningsbekendtgørelsen gennemfører bl.a. bestemmelser i Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2000/60/EF af 23. oktober 2000 om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger (vandrammedirektivet), Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2006/118/EF af 12. december 2006 om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelse med senere ændringer (grundvandsdirektivet) og Rådets direktiv af 12. december 1991 om beskyttelse af vand mod forurening forårsaget af nitrater, der stammer fra landbruget ([91/676/EØF](#)) med senere ændringer (nitratdirektivet).

## **Drikkevandsbekendtgørelsen**

Drikkevandsbekendtgørelsen opdateres jævnligt. Seneste ændring til forskriften gældende for 2023 er Bekendtgørelse nr. 1023 af 29. juni 2023 om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. November 2024 er den gældende ændring til forskriften Bekendtgørelse nr. 940 af 22. juli 2024.

Drikkevandsbekendtgørelsen fastsætter reglerne for de kvalitetskrav, som drikkevand skal opfylde, og hvordan det kontrolleres, at kvalitetskravene overholdes. Denne kontrol omfatter både kontrol af det drikkevand, der leveres ved forbrugerens taphane og kontrollen af det råvand, der indvindes fra vandforsyningsboringerne (boringskontrollen). Drikkevandsbekendtgørelsens bilag indeholder de stoffer, som vandforsyninger, der leverer drikkevand, som minimum skal sørge for at analysere drikkevandet og råvandet for. Langt de fleste vandforsyninger er omfattet af bekendtgørelsens regler: de almene vandværker (forsyner minimum 10 husstande), ikke almene vandforsyninger med anden kommerciel eller offentlig aktivitet (institutioner, restaurationer, hoteller, campingplads m.m.) og ikke almene vandforsyninger, der forsyner mere end én husholdning. De eneste vandforsyninger, der er undtaget fra bekendtgørelsens regler, og som kun skal tage en prøve efter opfordring fra kommunerne, dog uden pligt om at tage en prøve, er vandforsyninger, der dagligt leverer under 10 m<sup>3</sup> vand til en enkelt husstand, der ikke har kommerciel eller offentlig aktivitet. Miljøstyrelsen er efter drikkevandsbekendtgørelsen forpligtet til mindst én gang årligt at vurdere, om resultaterne fra det nationale overvågningsprogram for grundvand, GRUMO, giver grundlag for at justere drikkevandsbekendtgørelsens krav til kontrol af drikkevandet og til boringskontrollen.

Drikkevandsbekendtgørelsen gennemfører bestemmelser i Rådets direktiv 98/83/EF af 3. nov. 1998 samt Europaparlamentets og Rådets direktiv 2020/2184/EF af 16. december 2020 om kvaliteten af drikkevand med senere ændringer (drikkevandsdirektivet) og bestemmelser i vandrammedirektivet.

## **Analysekvalitetsbekendtgørelsen**

Bekendtgørelse nr. 529 af 14. maj 2023 om kvalitetskrav til miljømålinger (analysekvalitetsbekendtgørelsen) fastsætter bl.a. kravene til kemiske og mikrobiologiske analyser og de prøveudtagninger, der udføres som grundlag for myndigheders forvaltning efter miljølovgivningen og de kemiske analyser m.v., der gennemføres i offentligt finansierede overvågningsprogrammer som NOVANA.

Bekendtgørelsen gennemfører bl.a. bestemmelser i drikkevandsdirektivet og i Kommissionens direktiv 2009/90/EF af 31. juli 2009 om tekniske specifikationer for kemisk analyse og kontrol af vandets tilstand som omhandlet i Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2000/60/EF (vandrammedirektivet).

## **2.3 Rapportering af data fra Grundvandsovervågningen**

Samtlige rapporterede data er tilgængelige for offentligheden i den fællesoffentlige database Jupiter (se fx Jupiter hjemmesiden, se litteraturlisten).

### **Rapport om grundvandsovervågning**

Offentliggørelse af denne årlige overvågningsrapport sker ikke for at opfylde direktivkrav, men er en national rapportering af resultaterne for udvalgte dele af overvågningsresultaterne, og den udgør en væsentlig del af den løbende nationale formidling af oplysninger om udviklingen i grundvandets kvalitet og kvantitet. GEUS har som fagdatacenter for grundvand siden 1990 udarbejdet en årlig landsdækkende rapport over resultaterne fra grundvandsovervågningen, dvs. resultaterne fra GRUMO-stationsnettet, grundvandsdelen af landovervågningsprogrammet, LOOP, og de almene vandforsyningers boringskontrol samt data fra indberettede indvundne vandmængder (Grundvandsovervågningens hjemmeside, se litteraturlisten). De forskellige datakilder er nærmere beskrevet i Appendiks 1.

Siden 2005, der var det første år, hvor NOVANA-programmerne blev afrapporteret (se Tabel 4), er der rapporteret således, at en række figurer og tabeller for vandbalance og for grundvandets indhold af nitrat og pesticider opdateres hvert år. Det er typisk figurer eller tabeller for data, der har generel, landsdækkende karakter. Der suppleres med relevante og aktuelle figurer og diskussioner. Nogle emner rapporteres ikke hvert år: fosfor, organiske mikroforurenings, sporstoffer samt resultater fra redoxboringerne. Vurderingen af udviklingen i grundvandets nitratindehold som funktion af grundvandets alder (opholdstid) ved brug af aldersdateringer rapporteres ca. 1 gang i hver programperiode. Dette har til



formål at knytte udviklingen i grundvandskvaliteten bedre sammen med miljøindsatserne. Endelig kan forskellige temaer være uddybet enkelte år, det kan være i form af belysning af et særskilt emne som fx perfluorerede stoffer eller i form af en mere omfattende bearbejdning af de faste emner.

Betydningen af ændringer i overvågningsstrategien for afrapportering af resultaterne fra overvågningen, og håndteringen heraf er beskrevet, hvor det er relevant i de enkelte fagkapitler og i Appendiks 2.

### **Afrapportering til EU efter vandrammedirektivet og grundvandsdirektivet**

Data fra vandforsyningernes boringskontrol, fra GRUMO, og grundvandsdata fra LOOP-boringer anvendes sammen med andre relevante data, indberettet til Jupiter, ved afrapporteringen til EU af overvågning og vurdering af vandforekomsters tilstand efter vandrammedirektivet og grundvandsdirektivet.

Vandrammedirektivet, der trådte i kraft i 2000, har blandt andet til formål at forebygge yderligere forringelse og beskytte og forbedre grundvandets tilstand med henblik på at *'opnå og bevare god tilstand i grundvandet'*. Efter vandrammedirektivet skal medlemsstaterne hvert sjette år udarbejde vandområdeplaner. Disse skal bl.a. indeholde vurderinger af grundvandsforekomsters kemiske og kvantitative tilstand: Vurderingerne gennemføres efter bestemmelser i både vandrammedirektivet og grundvandsdirektivet.

En grundvandsforekomst er en separat mængde grundvand i en eller flere grundvandsmagasiner: De danske grundvandsforekomster er (senest) afgrænset i 2.050 grundvandsforekomster (Troldborg, 2020) forud for 3. vandplanperiode (2021-27). Afgrænsningen af grundvandsforekomsterne og en efterfølgende gruppering af grundvandsforekomsterne har bl.a. betydning for den løbende tilpasning af stationsnettet i grundvandsovervågningen.

Vurderingerne af forekomsternes kvantitative og kemiske tilstand er grundlaget for at vurdere, om forekomsterne kan opfylde de fastsatte miljømål om god tilstand, og i fortsættelse heraf om der i den sammenhæng vil være behov for skærpet overvågning af visse forekomster eller særlige indsatser for at beskytte og forbedre forekomsters tilstand.

### **Afrapportering til EU efter nitratdirektivet**

Hvert fjerde år er Danmark forpligtet til at forelægge en rapport for EU-Kommissionen om status for gennemførelse af nitratdirektivet. Rapporten skal blandt andet indeholde resultaterne af den overvågning, der gennemføres efter direktivet. Rapportering efter nitratdirektivet for grundvand er alene baseret på data fra analyser af grundvand fra GRUMO-indtag. Den seneste rapportering efter nitratdirektivet er fra 2021 og dækker perioden 2016-2019. (Miljøstyrelsen, 2021a). I skrivende stund rapporteres for perioden 2020-2023.

Danmark er endvidere forpligtet til en årlig afrapportering for så vidt angår status vedrørende Kommissionens gennemførelsesafgørelse om undtagelse fra nitratdirektivet (kvægundtagelsen) (2020/1074). Det er bl.a. en forudsætning for opretholdelse af kvægundtagelsen, at Danmark gennemfører en skærpet overvågning af vandkvaliteten i grundvand eller overfladevand på mindst 3 % af de bedrifter, der er omfattet af undtagelsen og GRUMO-data bidrager til denne status. Da kvægundtagelsen er bortfaldet fra august 2024, vil overvågningsforpligtelsen til kvægundtagelsen fremover bortfalde.

Nitratdirektivet har til formål at nedbringe vandforurening forårsaget eller fremkaldt af nitrat, der stammer fra landbruget, og at forebygge yderligere forurening af denne art. Nitratdirektivet forpligter medlemsstaterne til at udarbejde og gennemføre handlingsprogrammer for udpegede nitratsårbare zoner. Danmark har dog ét nitrathandlingsprogram, der anvendes på hele det danske område og er dermed fritaget for at udpege nitratsårbare zoner. Direktivet forpligter også til at gennemføre passende overvågningsprogrammer med henblik på at vurdere effektiviteten af nitrathandlingsprogrammet. Nitratindholdet i grundvand skal overvåges på udvalgte målesteder, som gør det muligt at fastslå omfanget af nitratforureningen i vandet hidrørende fra landbrugsvirksomhed'.

## Indberetning til EEA

GRUMO-data og data om indvundne vandmængder indberettes som udgangspunkt hvert år til det Europæiske Miljøagentur (EEA) efter en såkaldt EEA request (anmodning). Data indgår i den internationale rapportering, som EEA forestår (EEA-hjemmesiden, se litteraturlisten).

## 2.4 Kvalitetskrav til grundvand og drikkevand anvendt i rapporteringen.

### Kvalitetskrav ved afrapportering af nitrat

For nitrat er fastsat kvalitetskravene 'grundvandskvalitetskrav' og 'drikkevandskvalitetskrav'. Da kvalitetskravene er enslydende, kan analysedata i denne rapport sammenholdes med begge kvalitetskrav ved afrapportering af data fra analyser af grundvandsprøver for nitrat.

Grundvandskvalitetskravet, der anvendes ved vurdering af grundvandsforekomsters kemiske tilstand, er fastsat i bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for overfladevand og grundvandsforekomster, § 4, jf. bilag 3.

Grundvandskvalitetskravet er fastsat til 50 mg/l.

Drikkevandskvalitetskrav for nitrat er fastsat i drikkevandsbekendtgørelsens § 4, jf. bilag 1 b. Kravet gælder (bl.a.) for indvundet og simpelt behandlet grundvand, der leveres til forbrugere.

Drikkevandskvalitetskravet er fastsat til 50 mg/l.

### Om rapporteringen af data for pesticider

I denne rapport afrapporteres data fra analyser af grundvandsprøver for pesticiders aktivstoffer og aktivstoffernes nedbrydningsprodukter. Nedenfor er der redegjort for, hvad der (i forskellige sammenhænge) forstås ved ordene 'pesticider', 'aktivstoffer' og 'nedbrydningsprodukter', og hvordan de forstås og anvendes i rapporten.

#### **Pesticider**

I EU-regulering og i en række videnskabelige sammenhænge anvendes ordet 'pesticider' i stedet for det danske 'bekæmpelsesmidler'.

Pesticider er defineret i Europa-parlamentets og rådets direktiv 2009/128/EF af 21. oktober 2009 om en ramme for Fællesskabets indsats for en bæredygtig anvendelse af pesticider med senere ændringer art. 3, nr. 10:

»*Pesticid*«:

a) *et plantebeskyttelsesmiddel som defineret i forordning (EF) nr. 1107/2009*

b) *et biocidholdigt produkt som defineret i Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 98/8/EF af 16. februar 1998 om markedsføring af biocidholdige produkter.*

Bekæmpelsesmidler - pesticider - er således, som det fremgår ovenfor, opdelt i de 2 hovedgrupper: Plantebeskyttelsesmidler og biocidholdige produkter.

Retten til at markedsføre bekæmpelsesmidlerne og til hvilke formål reguleres i de to forordninger:

1) *Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EF) nr. 1107/2009 af 21. oktober 2009 om markedsføring af plantebeskyttelsesmidler og om ophævelse af Rådets direktiv 79/117/EØF og 91/414/EØF med senere ændringer*

2) *Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EU) nr. 528/2012 af 22. maj 2012 om tilgængeliggørelse på markedet og anvendelse af biocidholdige produkter med senere ændringer.*

Forordningerne betegnes oftest som henholdsvis 'forordningen om plantebeskyttelsesmidler' (eller 'pesticidforordningen') og 'biocidforordningen'.

Plantebeskyttelsesmidler er produkter, der i den form, hvori de leveres til brugeren, består af eller indeholder aktivstoffer, safenere eller synergister og er bestemt til et af følgende formål:

- a) at beskytte planter eller planteprodukter mod alle skadegørere eller at forebygge angreb fra sådanne skadegørere, medmindre hovedformålet med det pågældende produkt må anses for at være af hygiejnemæssig karakter snarere end beskyttelse af planter eller planteprodukter
- b) at påvirke planters livsprocesser, fx ved at indvirke på planternes vækst, på anden måde end som næringsstof eller biostimulant til planter
- c) at konservere planteprodukter, for så vidt de pågældende stoffer eller produkter ikke er omfattet af særlige fællesskabsbestemmelser om konserveringsmidler
- d) at ødelægge uønskede planter eller plantedele, bortset fra alger, medmindre produkterne anvendes på jord eller vand for at beskytte planter
- e) at bremse eller forebygge uønsket vækst af planter, bortset fra alger, medmindre produkterne anvendes på jord eller vand for at beskytte planter'.

Se evt. forordningen om plantebeskyttelsesmidler, art. 2, stk. 1.

Ordet 'plantebeskyttelsesmidler' anvendes imidlertid sjældent i ikke-fagkredse i Danmark, midlerne betegnes i stedet som fx 'sprøjtemidler' eller 'pesticider'.

Biocidmidler eller biocidholdige produkter, som de også kaldes, er:

*'- stoffer eller blandinger i den form, hvori de leveres til brugeren, som består af, indeholder eller genererer et eller flere aktivstoffer, som er bestemt til at kunne ødelægge, afskrække, uskadeliggøre, hindre virkningen af eller bekæmpe virkningen af skadegørere på anden vis end blot ved fysisk eller mekanisk påvirkning,*

*- stoffer eller blandinger genereret fra stoffer eller blandinger, der ikke i sig selv er produkter i den i første led omhandlede forstand, og som er bestemt til at kunne ødelægge, afskrække, uskadeliggøre, hindre virkningen af eller bekæmpe virkningen af skadegørere på anden vis end blot ved fysisk eller mekanisk påvirkning.*

*En behandlet artikel, der har en primær biocidfunktion, betragtes som et biocidholdigt produkt.'*

Se evt. biocidforordningen, art. 3, litra a.

Biocidmidler eller biocidholdige produkter betegnes ofte som biocider.

Plantebeskyttelsesmidler og biocidholdige produkter er omfattet af definitionen af pesticider uafhængigt af, om de er eller har været godkendt til brug i Danmark eller EU. Afgørende er, hvorvidt midlerne har de egenskaber, der indebærer, at midlerne må anses for omfattet af forordningernes definitioner af henholdsvis 'plantebeskyttelsesmiddel' og 'biocidholdigt produkt'.

### **Aktivstoffer og nedbrydningsprodukter**

Grundvandsovervågningen er ikke rettet mod forekomsten af plantebeskyttelsesmidler eller biocidholdige produkter, men mod forekomsten af de aktive stoffer i midlerne eller produkterne og disse aktivstoffers omdannelses- og nedbrydningsprodukter.

Et aktivstof er i denne sammenhæng:

*'et stof eller en mikroorganisme, der har virkning på eller imod skadegørere – eller på planter, plantedele eller planteprodukter'.*

Se biocidforordningens art. 3, litra c, og forordningen om plantebeskyttelsesmidler art. 2, stk. 2. I denne rapport anvendes ordet nedbrydningsprodukter som en samlet betegnelse for omdannelses- og nedbrydningsprodukter (også kaldet metabolitter). Bemærk, at i mange sammenhænge bruges ordet 'pesticider' for aktivstofferne i bekæmpelsesmidler.

I denne rapport bruges ordet pesticidstoffer som en samlet betegnelse for aktivstoffer og aktivstofferne nedbrydningsprodukter.

En række kemiske stoffer har været anvendt og/eller anvendes som aktivstof i både plantebeskyttelsesmidler og biocidholdige produkter, det gælder fx aktivstoffer i en række svampemidler. Det er vigtigt at være opmærksom på, at der også er stoffer, som er anvendt både som aktivstoffer i plantebeskyttelsesmidler og biocidholdige produkter og i fx industrielle processer eller i andre produkter som veterinær eller human medicin. Det gælder fx formaldehyd og triazol. For disse stoffer gælder, at en omfattende analyse af data om anvendte mængder af stoffet eller moderstoffet (historisk og aktuelt) og til hvilke formål, karakteren af forureninger med stoffet, forureningernes spredning geografisk mv. vil være et nødvendigt grundlag for konklusioner om, hvorvidt fund af stoffet er et resultat af anvendelse af (aktiv)stoffet i bekæmpelsesmidler eller anden anvendelse. Denne analyse ligger udenfor rammerne af grundvandsrapporten.

### **Kvalitetskrav ved afrapportering af pesticider**

For pesticiders aktivstoffer og aktivstoffers relevante nedbrydningsprodukter er kvalitetskravene 'grundvandskvalitetskrav' og 'drikkevandskvalitetskrav' fastsat. I Danmark reguleres alle nedbrydningsprodukter med enkelte undtagelser, uanset om de er relevante eller ikke-relevante efter kravværdien 0,10 µg/l. Dette er ikke tilfældet i andre EU-lande.

Ved afrapportering af data fra analyser af pesticiders aktivstoffer og aktivstoffers relevante nedbrydningsprodukter sammenholdes analysedata i denne rapport med både grundvandskvalitetskrav og drikkevandskvalitetskrav.

Grundvandskvalitetskravene, der anvendes ved vurdering af grundvandsforekomsters kemiske tilstand, er fastsat i bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for overfladevand og grundvandsforekomster, § 4, jf. bilag 3. Grundvandskvalitetskravet gælder for aktivstoffer i alle pesticider og for aktivstofferne nedbrydningsprodukter. For enkelte biocidstoffer er det uafklaret, i hvor stort omfang de skal anses som pesticidstoffer i grundvandet eller om de primært stammer fra industrikemikalier.

Grundvandskvalitetskravene er fastsat til:

- 1) 0,1 µg/l for hvert aktivstof i et bekæmpelsesmiddel og hvert nedbrydningsprodukt af et aktivstof
- 2) 0,5 µg/l for summen af de af 1) omfattede stoffer

Drikkevandskvalitetskrav for pesticider og stofferne nedbrydningsprodukter er fastsat i drikkevandsbekendtgørelsens § 4, jf. bilag 1 b, d og e og bilag 2. Kravene, der (bl.a.) gælder for indvundet og simpelt behandlet grundvand, der leveres til forbrugere, er fastsat for aktivstoffer i absolut størstedelen af de forskellige typer af bekæmpelsesmidler - og for aktivstofferne nedbrydningsprodukter, men altså ikke for aktivstoffer i alle typer af bekæmpelsesmidler - og disse stofferne nedbrydningsprodukter. Drikkevandskvalitetskravene gælder for aktivstoffer og stofferne nedbrydningsprodukter fra følgende typer af bekæmpelsesmidler: Organiske insekticider, organiske herbicider, organiske fungicider, organiske nematocider, organiske acaricider, organiske algicider, organiske rodenticider og organiske slimicider samt lignende produkter (bl.a. vækstregulatorer). Dette betyder, at drikkevandskvalitetskravene gælder for organiske aktivstoffer i pesticider, der anvendes mod insekter, uønskede planter (ukrudt), svampe, (rund)orme, spindlere, alger, gnavere (særligt mus og rotter), slimdannelse og lignende produkter - samt disse aktivstofferne nedbrydningsprodukter. Drikkevandskvalitetskravene gælder dermed for absolut størstedelen af de kendte aktivstoffer i bekæmpelsesmidler og disse stofferne nedbrydningsprodukter.

Drikkevandskvalitetskravene er fastsat til:

- 1) 0,030 µg/l for hvert enkelt af stofferne aldrin, dieldrin, heptachlor, heptachlorepoxyd. Anvendelse af stofferne er forbudt for mange år siden, og kun stoffet dieldrin har været anvendt i væsentligt omfang i Danmark. Målinger for stofferne i grundvand i perioden 1993-2003 førte ikke til fund.
- 2) 0,10 µg/l for hvert aktivstof i de andre ovennævnte bekæmpelsesmidler og hvert nedbrydningsprodukt af et af aktivstofferne.
- 3) 0,50 µg/l for summen af de af 1 og 2) omfattede stoffer.

### **Analyse for pesticidernes aktivstoffer og stoffernes nedbrydningsprodukter**

Grundvandet overvåges ikke for alle pesticidernes aktivstoffer og aktivstoffers nedbrydningsprodukter. Overvågningen er som udgangspunkt målrettet de stoffer, der vurderes at have de mest problematiske egenskaber og/eller stammer fra aktivstoffer, som er anvendt i et omfang og på en sådan måde, at det må forventes, at de kan have forurenede grundvandet i ikke ubetydeligt omfang. Miljøstyrelsen vurderer løbende, om der er behov for at justere overvågningen, og der er med den politiske tillægsaftale til Pesticidstrategi 2017-2021 sikret finansiering til måling for væsentlig flere stoffer i årene 2019-2022.

I bilagene er der redegjort for hvilke aktivstoffer i pesticider og hvilke aktivstoffers nedbrydningsprodukter, der er analyseret for i GRUMO og i boringskontrollen i perioden 1989-2022. Det fremgår heraf, at i årene 1989-2016 er det især plantebeskyttelsesmidlernes aktivstoffer og disse stoffers nedbrydningsprodukter, der er analyseret for.

### **Kvalitetskrav ved afrapportering af PFAS**

For FPAS er der i drikkevandsbekendtgørelsens § 4, jf. bilag 1d fastsat kvalitetskrav til PFAS-22 og PFAS-4 på henholdsvis 0,1 µg/l og 0,002 µg/l samt for trifluoreddikesyre (TFA) på 9 µg/l, se Tabel 5.

Tærskelværdien for PFAS i grundvand er givet i overvågningsbekendtgørelsens § 6, jf. bilag 4. Her fremgår det tidligere krav til drikkevandsbekendtgørelsen på 0,1 µg/l for PFAS-12. Ved kommende genbesøg af vandområdeplanerne 2021-2027 vil tærskelværdien for PFAS blive opdateret i forhold til nyeste viden på området.

Ved afrapportering af data fra analyser af grundvandsprøver for PFAS sammenholdes analysedata i denne rapport derfor med kvalitetskravene fastsat i drikkevandsbekendtgørelsen.

Tabel 5. Drikkevandskvalitetskrav for PFAS-forbindelser ifølge drikkevandsbekendtgørelsen

<b>PFAS</b>	<b>Drikkevandskvalitetskrav</b>
Sum af 22 stoffer: PFBS, PFPeS, PFHxS, PFHpS, PFOS, PFNS, PFDS, PFUnS, PFDoS, PFTTrS, PFOSA, 6:2 FTS, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDODA, PFTrDA	0,1 µg/l
Summen af de fire stoffer: PFOA, PFOS, PFNA og PFHxS	0,002 µg/l
Trifluoreddikesyre (TFA)	9 µg/l

### **Kvalitetskrav ved afrapportering af øvrige miljøfremmede forurenende stoffer**

For øvrige miljøfremmede forurenende stoffer, udover pesticider og nedbrydningsprodukter heraf samt PFAS-forbindelser, er der i overvågningsbekendtgørelsen, § 6, jf. bilag 4 fastsat nationale tærskelværdier for de stoffer, der anvendes ved vurdering af grundvandsforekomsters kemiske tilstand. Ved

afrapportering af data fra analyser af grundvandsprøver for disse stoffer sammenholdes analysedata i denne rapport med disse tærskelværdier.

For nogle af de uorganiske sporstoffer (aluminium, arsen, cadmium og nikkel) er der i overvågningsbekendtgørelsen, udover de nationale tærskelværdier, fastsat grundvandsforekomsts-specifikke tærskelværdier for visse grundvandsforekomster. Disse er fastsat på grundlag af en vurdering af den naturlige baggrundsværdi af stofferne i disse forekomster. Disse grundvandsforekomsts-specifikke tærskelværdier anvendes ikke i denne rapport.

Ved afrapportering af data fra analyser af grundvandsprøver for øvrige miljøfremmede forurenende stoffer for hvilke, der ikke er fastsat hverken grundvandskvalitetskrav jf. bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for overfladevand og grundvandsforekomster eller nationale tærskelværdier jf. overvågningsbekendtgørelsen, sammenholdes analysedata i denne rapport med det mest restriktive krav eller kriterie af nedenstående:

- 1) Grundvandskvalitetskriterierne fastsat i "Liste over kvalitetskriterier i relation til forurennet jord", (Miljøministeriet, juli 2021)
- 2) Drikkevandskvalitetskriterierne fastsat i "Liste over drikkevandskvalitetskriterier", (Miljø- og Fødevareministeriet, april 2023)
- 3) Drikkevandskvalitetskrav fastsat i drikkevandsbekendtgørelsens § 4, jf. bilag 1 b, c, d og e

Samlet liste over øvrige stoffer samt de kvalitetskrav eller kvalitetskriterier, der er knyttet til disse stoffer, fremgår af bilag 8.

## Referencer: Formål og juridiske rammer for overvågningen

### Programbeskrivelser mv.

DMU, 2004: NOVANA. Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse. Faglig rapport fra DMU nr. 495. NOVANA 2004-2010 del 1: [http://www2.dmu.dk/1\\_viden/2\\_Publikationer/3\\_fagrappporter/rapporter/FR495.PDF](http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrappporter/rapporter/FR495.PDF) (2-12-2024) og NOVANA 2004-2010 del 2: <http://www.dmu.dk/Pub/FR615.pdf> (2-12-2024)

DMU, 2007a: NOVANA – det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet og Naturen. Programbeskrivelse del 1, 2 og 3. Faglig rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser nr. 495 og 508.

DMU, 2007b: Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse 2007-2009. Faglig rapport fra DMU nr. 615, 2007.

DMU, 2010a: Program NOVANA 2010. Opdatering af faglig rapport nr. 615 fra DMU – Programbeskrivelse for NOVANA del 2. NOTAT, 31. maj 2010.

DMU, 2010b: DEVANO 2010. Decentral Vand og Naturovervågning. NOTAT, 31. maj 2010.

Miljøstyrelsen, 1988: Sammenstilling af det totale overvågningsprogram i henhold til vandmiljøplanen, okt. 1988.

Miljøstyrelsen, 1989: Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Miljøprojekt nr. 115, Miljøstyrelsen 1989.

Miljøstyrelsen, 1993: Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1993-1997. Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr.2/1993, Miljøstyrelsen.

Miljøstyrelsen, 2000a: NOVA-2003. Redegørelse nr. 1, 2000, Miljøstyrelsen <http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2000/87-7909-884-3/html/default.htm> (2-12-2024)

Miljøstyrelsen, DCE og GEUS, 2017: NOVANA. Det nationale overvågningsprogram for vandmiljø og natur 2017-21. Programbeskrivelse. September 2017. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2017/novana.pdf> (2-12-2024)

Miljøstyrelsen, DCE og GEUS, 2021: NOVANA Det nationale overvågningsprogram for vandmiljø og natur 2022: <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2022/05/978-87-7038-419-3.pdf> (2-12-2024)

Miljøstyrelsen, 2021: Status and trends of the aquatic environment and agricultural practice in Denmark. Report to the European Commission of the period 2016-2019 in accordance with article 10 of the Nitrates Directive (1991/676/EEC). March 2021.

Miljøstyrelsen, 2023: NOVANA, Det nationale overvågningsprogram for vandmiljø og natur 2023-2027. Programbeskrivelse. September 2023. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2023/09/978-87-7038-556-5.pdf> (30-10-2024)

Naturstyrelsen, DMU og GEUS, 2011: Det Nationale Overvågningsprogram for Vand og Natur. NOVANA 2011-15. Programbeskrivelse <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2011/novana.pdf> og <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2011/novana2.pdf> (2-12-2024)

Naturstyrelsen og DCE, 2016: NOVANA 2016, Programbeskrivelse. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2016/novana.pdf> (2-12-2024)

### Andre henvisninger

Thorling, L., 2012a: Pejling af grundvandsstanden i felten. Teknisk anvisning. GEUS, 2012. [https://www.geus.dk/media/6777/q03\\_pejlinger.pdf](https://www.geus.dk/media/6777/q03_pejlinger.pdf) (2-12-2024)

Thorling, L., 2023: Prøvetagning af grundvand i felten. Teknisk anvisning. GEUS 2023. <https://data.geus.dk/pure-pdf/Pr%C3%B8vetagning%20af%20grundvand.pdf> 2-12-2024)

Thorling, L., Thomsen, C. T., Sørensen, E. N. og Wandall, T., 2014: Datateknisk anvisning for pejledata. Teknisk rapport GEUS. Senest opdateret 19.dec 2018. [https://www.geus.dk/Media/E/A/dq01-pejl\\_20140615\\_20181219.pdf](https://www.geus.dk/Media/E/A/dq01-pejl_20140615_20181219.pdf) 2-12-2024)

Thorling, L. og Kjøller, C., 2017: Datakilder til vurdering af grundvandet tilstand. GEUS-notat 07-VA-2017-1.

Trolborg, L., 2020: Afgrænsning af de danske grundvandsforekomster. Ny afgrænsning og delkarakterisering samt fagligt grundlag for udpegning af drikkevandsforekomster. GEUS-rapport 2020/1 [https://www.geus.dk/Media/2/5/GEUSrapport\\_2020\\_1\\_GVF\\_afgrænsning\\_web.pdf](https://www.geus.dk/Media/2/5/GEUSrapport_2020_1_GVF_afgrænsning_web.pdf) (2-12-2024)

Thorling, L., Mortensen, M., Sivertsen, J., Iversen, L., Wandall, T., 2022: Etablering og vedligehold af overvågningsboringer. Teknisk anvisning. GEUS, 2022. [https://data.geus.dk/pure-pdf/GEUS\\_Teknisk\\_Anvisning\\_2022\\_Etablering%20og%20vedligehold%20af%20overv%C3%A5gningsboringer%20i%20grundvandsoverv%C3%A5gningen\\_web.pdf](https://data.geus.dk/pure-pdf/GEUS_Teknisk_Anvisning_2022_Etablering%20og%20vedligehold%20af%20overv%C3%A5gningsboringer%20i%20grundvandsoverv%C3%A5gningen_web.pdf) (2-12-2024)

Wandall, T., 2023: Datateknisk anvisning for Grundvandskemi. (senest opdateret 28.06.2023) <https://mst.dk/media/s3vpqghj/dta-dq02-grundvandskemi.pdf> (2-12-2024)

### Relevante hjemmesider og links

EEA-hjemmesiden: <http://www.eea.europa.eu/> (2-12-2024)

Grundvandskortlægningens hjemmeside hos Styrelsen for Vand og Naturforvaltning: <http://mst.dk/natur-vand/vand-i-hverdagen/grundvand/grundvandskortlaegning/> 2-12-2024)

Grundvandsovervågningens hjemmeside: <http://www.geus.dk/vandressourcer/overvaagningsprogrammer/grundvandsovervaagning> (2-12-2024)

Jordforurening, hjemmeside for regionernes videncenter for Miljø og ressourcer: <https://www.miljoegressourcer.dk/> (2-12-2024)

Jupiter hjemmesiden: <http://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-boringsdatabase-jupiter> (2-12-2024)

NOVANA hjemmeside: <https://mst.dk/erhverv/riq-natur/naturen-i-danmark/novana-overvaagning-af-natur-og-vandmiljoe> (2-12-2024)

Parameterlisten: <https://parameterlisten.miljoportal.dk/parameters>

STANCODE hjemmesiden, DCE: <http://dce.au.dk/overvaagning/standat/> (2-12-2024)

Vandområdeplanernes hjemmeside: <https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/vandmiljoe/vandomraadeplaner>(2-12-2024)

Varslingssystemet for pesticider, hjemmeside: [www.pesticidvarsling.dk](http://www.pesticidvarsling.dk) (2-12-2024)

## 3 Vandindvinding og det Nationale Pejleprogram

Mængden af indvundet grundvand og overfladevand, kaldet 'Indvundne vandmængder', er en vigtig parameter i den nationale vandbalanceopgørelse. Disse data er uundværlige for vurderingen af grundvands-forekomsternes kvantitative tilstand i arbejdet med vandområdeplanlægningen. For at muliggøre en optimal allokering af den tilgængelige vandressource er der behov for, at kommunerne fortsat sikrer, at de indvundne vandmængder i videst muligt omfang indberettes til den fælles offentlige database Jupiter, jf. drikkevandsbekendtgørelsen.

Det Nationale Pejleprogram er etableret for at kunne overvåge og vurdere udviklingen af vandstanden og dermed udviklingen i størrelsen af vandressourcerne i grundvandsforekomsterne. Programmet skal derfor afspejle repræsentative variationer i grundvandsstanden og samtidigt kunne fungere som grundlag for fortolkning af andre pejetidsserier og enkeltmålinger af vandstanden. Data fra pejleprogrammet indgår desuden i grundvandsmodeller til vurderinger af såvel vandbalance, den tilgængelige mængde grundvand til vandforsyningsformål, strømningsretning, samt påvirkningen af grundvand og grundvandsafhængige økosystemer. Pejledata af god kvalitet er afgørende for, at man kan foretage pålidelige vurderinger og modelberegninger. Der er derfor til stadighed fokus på, at der foretages velfungerende pejlinger og kvalitetssikring af de indsamlede data. Pejlestationsnettet undergår en igangværende omlægning ud fra kriterier beskrevet i Ditlevsen m.fl. 2022.

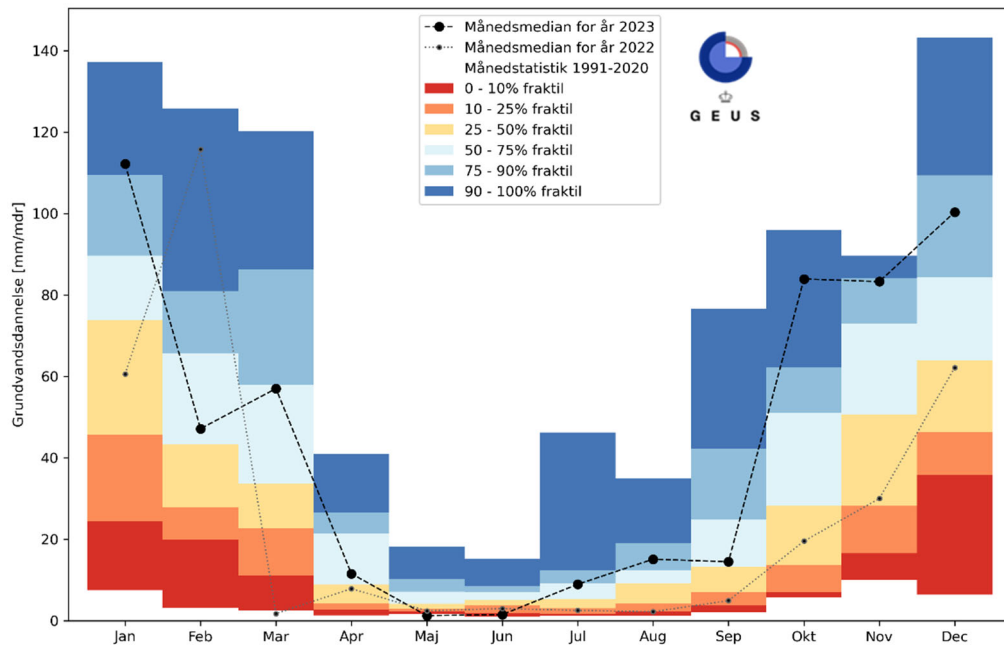
### 3.1 Grundvandsdannelsen

For at forstå udviklingen i grundvandetets mængdemæssige forhold er det vigtigt at skelne mellem effekter fra ændret oppumpning og ændringer i nedbør og grundvandsdannelse. Med den Nationale Hydrologiske Model (Stisen mfl. 2019) kan der på dagligt niveau udregnes en vandbalance for rodzonen under hensyntagen til udvikling i roddebyer, jordbundsforhold, afstand til grundvandet og klima. Den del af vandbalancen for rodzonen, som er i overskud, går til dannelse af nyt grundvand (kaldet grundvandsdannelsen). Dannelse af nyt grundvand sker løbende hen over året, men primært i de kolde måneder, hvor der er lille fordampning og stor nedbør. Figur 15 viser årsvariationen for månedsmedianen af grundvandsdannelsen for de seneste to år, 2022 og 2023. Denne månedsmedian sammenlignes med fordelingen af tidligere observationer for hver måned i klimanormalperioden 1991-2020, idet der beregnes hhv. værdier for hver måned repræsenterende 0, 10, 40, 60, 90 og 100 % fraktiler for grundvandsdannelsen med baggrund grundvandsdannelsen for klimanormalperioden 1991-2020. Intervallerne mellem fraktilerne 0-10, 10-40, 40-60, 60-90 og 90-100 % er vist med hver sin farve. Således kan den lysegule farve repræsentere niveauer omkring medianen (40-60 % fraktilen) for perioden 1991-2020. De røde og orange farver repræsenterer lave grundvandsdannelser (90-100 og 60-90 % fraktilerne), mens de blå farver viser værdier for høj grundvandsdannelse (0-10 og 10-40 % fraktilerne) i indtagene i forhold til klimanormal-perioden.

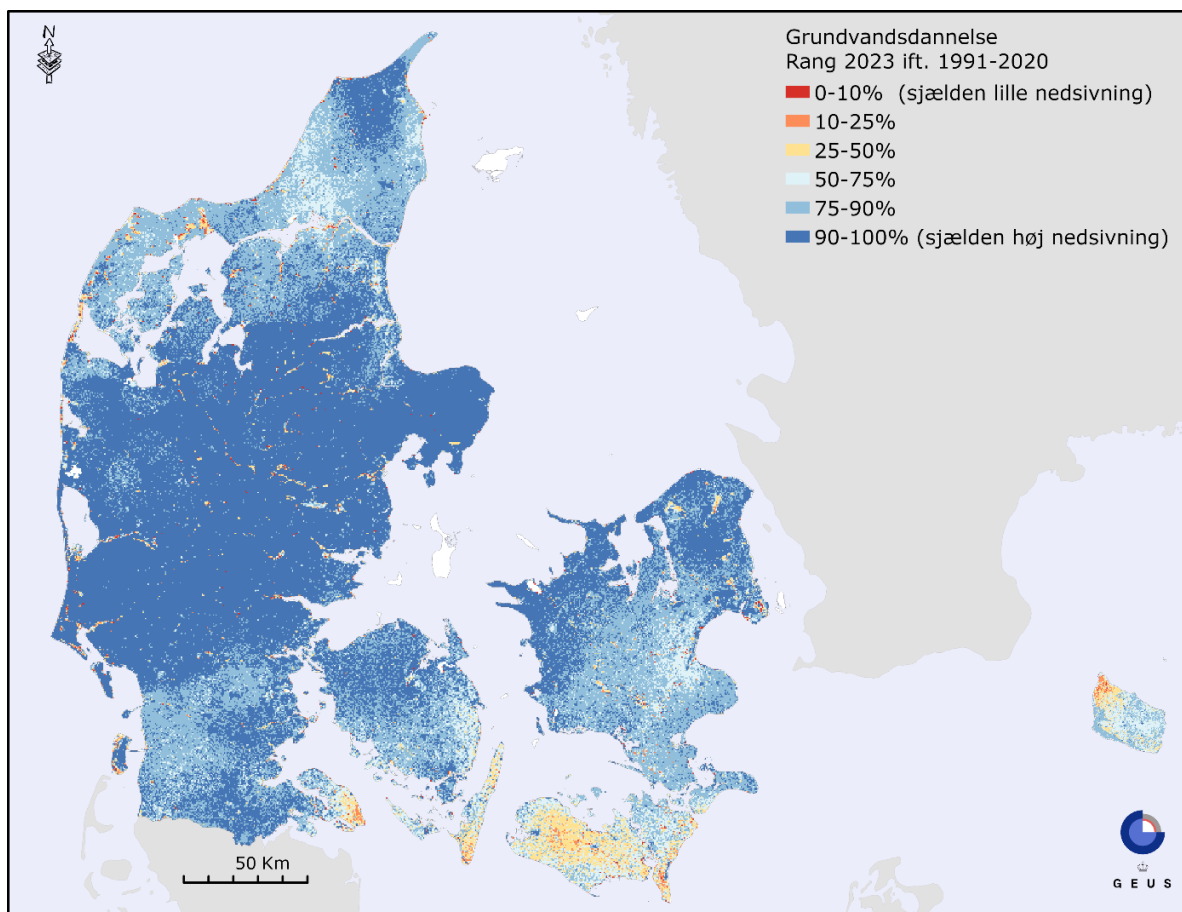
2023 var præget af en relativt høj grundvandsdannelse sammenlignet med normalen for klimaperioden 1991-2020, mens grundvandsdannelsen for året før (2022) i de fleste måneder var præget af relativ lav grundvandsdannelse.

Figur 16 viser, at der for størstedelen af landet var en meget høj grundvandsdannelse for 2023. Særligt for den midterste del af Jylland og vestlige del af Sjælland, men stort set hele landet var præget af relativ høj grundvandsdannelse, der typisk var større end 75 % kvartilen for klimanormalen og i mange tilfælde over 90 % fraktilen. Den samlede grundvandsdannelse for 2023 er opgjort til at være på niveau med den højeste grundvandsdannelse for hele perioden (1989-2023). Den relative grundvandsdannelse for alle år i perioden 1989-2023 fremgår af bilag 1, hvor også det forholdende omkring grundvandsdannelsen i Danmark er uddybet.





Figur 15. Kurven viser den gennemsnitlige månedsgrundvandsdannelse på landsplan for 2023 og 2022 opgjort ift. den seneste klimanormalperiode (1991-2020). De farvelagte søjler viser fraktiler for månedsgrundvandsdannelsen for klimanormalperioden.



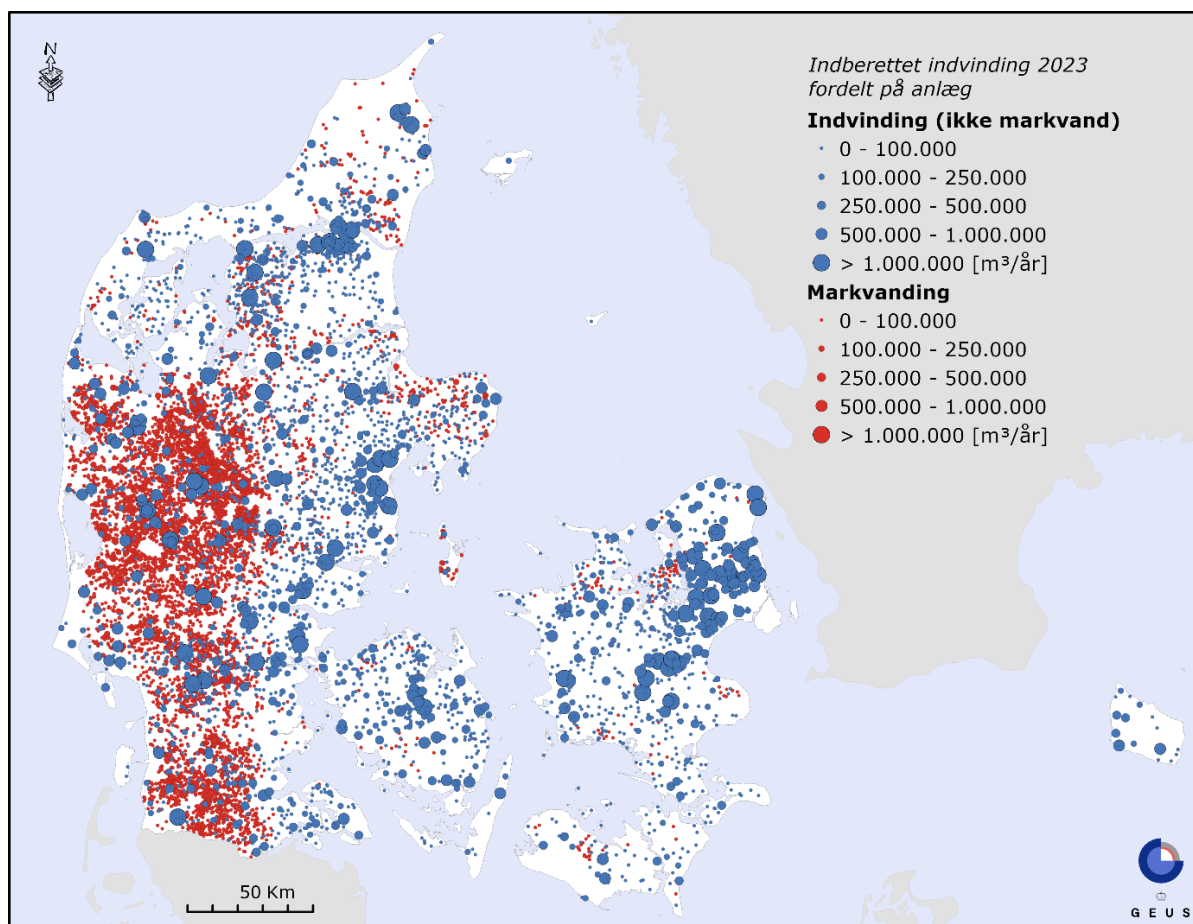
Figur 16. Den geografiske fordeling af grundvandsdannelsen for 2023 opgjort som fraktiler af hele klimanormalperioden 1991-2020. (10 % fraktilen svarer til den tredje laveste grundvandsdannelse i perioden, mens 90% fraktilen svarer til den tredje største grundvandsdannelse i den 30 års periode). Se også Bilag 1.

## 3.2 Vandindvinding

### Indledning

Drikkevandsforsyningen i Danmark er udelukkende baseret på oppumpning af grundvand. Undtaget er kun Christiansø, hvor forsyningen er baseret på afsaltning af havvand suppleret med oppumpning af grundvand. Drikkevandsforsyningen i Danmark er bygget op omkring en decentral struktur med godt 2.600 almene vandværker (jf. indberetningerne af indvundne vandmængder). Derudover indvindes der til drikkevand på en række vandværker til institutioner og små vandværker (ikke almene vandværker), som hver forsyner mindre end 10 ejendomme (eller ca. 50 personer). Der er i Danmark registreret ca. 50.000 ikke-almene vandværker i Jupiter. Siden 1989 har der ud af disse været indberettet grundvandsindvinding fra 500-800 anlæg pr. år med en samlet indberettet vandmængde på mellem 1,5 – 5,0 mio. m<sup>3</sup>/år. For 2023 er der indberettet vandindvinding for omkring 635 af disse med en samlet indvinding på godt 3,8 mio. m<sup>3</sup>.

Figur 17 viser den geografiske fordeling af indberettet grundvandsindvinding for 2023 på anlægsniveau, opdelt i markvandingsanlæg og øvrige anlæg. I Danmark anvendes den største andel af de indvundne vandmængder til drikkevandsforsyning, men der bruges også betragtelige mængder til andre formål, hvoraf markvanding udgør den største andel. Figur 17 viser også at, markvandingen primært er koncentreret vest for Hovedopholdslinjen i det sydvestlige Jylland.



Figur 17. Grundvandsindvinding i Danmark i 2023 fordelt på anlæg med en signatur, der angiver størrelsen af indvindingen. Rød signatur angiver markvandingsanlæg, og blå signatur angiver de øvrige anlæg.

Endeligt anvendes grundvand til en lang række forskellige formål indenfor industri, institutioner, gartneri og dambrug. Samlet set blev der i 2023 indberettet indvinding af grundvand fra 12.900 anlæg, herunder markvandingsanlæg med en indvinding større end 1.000 m<sup>3</sup>/år. Overfladevand udgør kun en begrænset del af den samlede indvinding. Den største enkelte indvinding af overfladevand, der udpumpes med

drikkevandskvalitet, finder sted ved Kalundborg Forsyning, der indvinder knap 4 mio. m<sup>3</sup>/år til procesvand på lokale virksomheder.

## Målsætning

Af hensyn til forsyningssikkerheden, miljøpåvirkninger og det stigende fokus på klimaets betydning for den fremtidige vandindvinding er det væsentligt, at man kender mængden og udviklingen af de vandmængder, der årligt indvindes. Det skyldes, at grundvand indgår som en vigtig del af vandets kredsløb. Når nedbørsmængden og fordampningen ændres som følge af klimaændringer, ændres den mængde grundvand, der er til rådighed til indvinding. Derved kan der blive behov for en ny afvejning af de tilladte indvundne vandmængder i forhold til behovet for vandføring i vandløb og vandstanden i moser, rigkær, søer mv. For at kunne sikre en optimal udnyttelse af det grundvand, der er til rådighed, er det nødvendigt at kende de samlede indvindinger på såvel lokal, regional som national skala.

Det følger af lov om vandplanlægning, at de konkrete miljømål fastlægges med henblik på, at *'forringelse af tilstanden af alle overfladevandområder og af alle grundvandsforekomster forebygges, og balancen mellem indvinding og grundvandsdannelse sikres'*. Det er derfor nødvendigt at kunne dokumentere såvel den absolutte størrelse som ændringer i indvundne grundvands- og overfladevandmængder på såvel lokal som regional og national skala. Den miljømæssige påvirkning af den samlede indvinding for grundvandsforekomsterne vurderes i vandområdeplanerne hvert 6. år, se også Kapitel 2. De indsamlede data i grundvandsovervågningen er et vigtigt bidrag hertil.

## Datagrundlag

Data om indvundne vandmængder indberettes af kommunerne til Jupiter efter drikkevandsbekendtgørelsen og i overensstemmelse med dataansvarsaftalen (Miljøministeriet, Danske Regioner og KL, 2023). Data i Jupiter er dynamiske, således forstået at fejlbehæftede indberetninger løbende bliver tilrettet. Typisk er der tale om en korrektion af indberettede vandmængder og/eller korrektion af formålsangivelser. Dette betyder, at data i Tabel 6 ikke vil være helt identiske med de tidligere rapporterede data, (fx Thorling mfl., 2024).

Otte kommuner havde ikke indberettet indvindingsdata for 2023 inden udtræksdatoen 12. juni 2024. Det er ikke usædvanligt, at der mangler indberetninger, efter tidsfristen for indberetning 1. april er overskredet, men det er sjældent de samme kommuner, der mangler indberetninger af indvindinger fra år til år. Derfor er det til denne rapport skønnet hvor store vandmængder, der ikke er indberettet, på baggrund af de samme kommuners indberetninger de forudgående ti år. Samlet set vurderes der på denne baggrund at mangle indberetninger af omkring 12 mio. m<sup>3</sup> for 2023, svarende til ca. 3 % af de samlede indvindinger, hvilket er en forbedring ift. de seneste år.

Til tabeller og figurer i denne rapport er de udtrukne, indberettede data derfor justeret manuelt, hvis der som følge af ovennævnte manglende eller fejlagtige indberetninger er væsentlige afvigelser fra de foregående år.

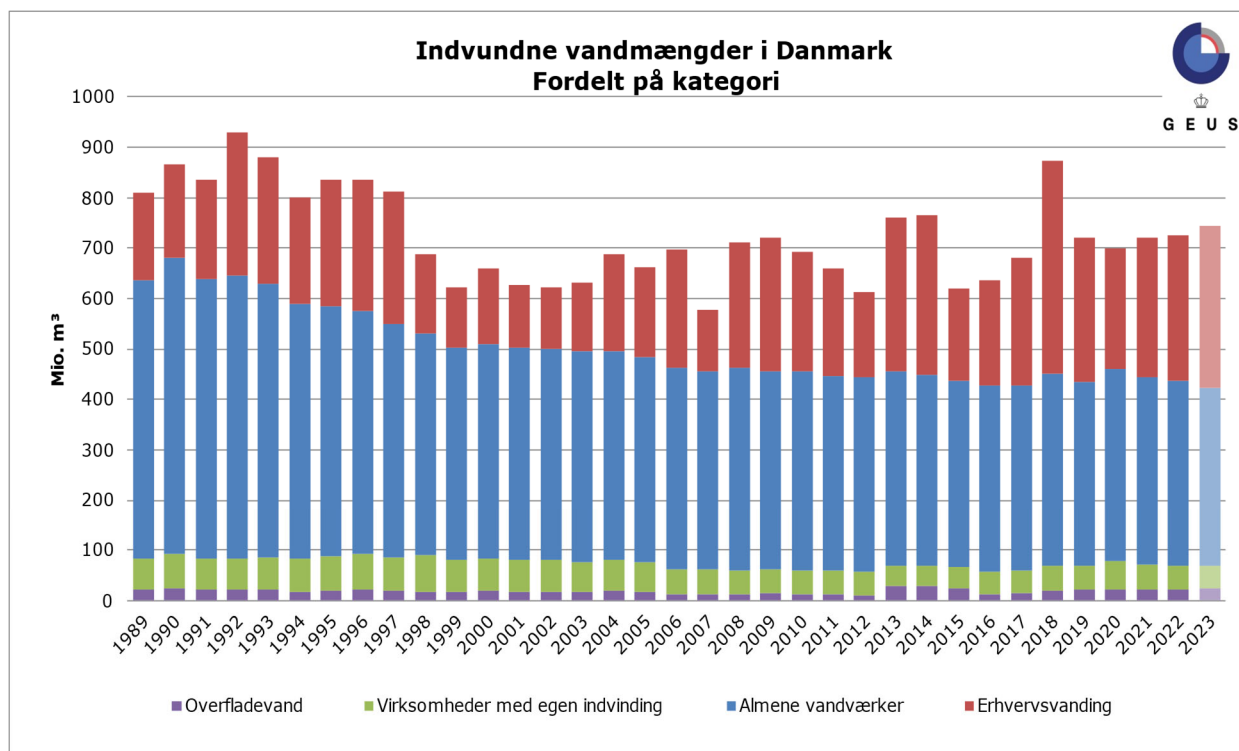
## Status og udvikling for vandindvinding

Figur 18 viser vandindvindingen for hele landet samlet og fordelt på fire kategorier i perioden 1989-2023. Vandindvindingen er opdelt på disse kategorier:

- *Almene vandværker: Vandforsyningsanlæg, der forsyner 10 eller flere ejendomme*
- *Erhvervs Vanding: Dambrug, markvand, gartneri.*
- *Virksomheder med egen indvinding: Erhverv, industri, institutioner, afværgepumpninger, grundvands-sænkninger samt ikke-almene vandværker (forsyning til mindre end 10 ejendomme).*
- *Overfladevand til alle formål.*

Indvindingen af overfladevand på 24 mio. m<sup>3</sup> i 2023 er vanskelig at erkende i figuren og er ikke meget forskellig fra de forudgående år. Overordnet antages det, at dambrugen anvendelse af overfladevand ikke ændrer nævneværdigt på vandbalancen eller på vandføringen i vandløbene, idet vandet ledes tilbage til vandløbet efter gennemløb i dambruget. For hele perioden er dambrug derfor

medtaget i opgørelsen med maksimalt 1 mio. m<sup>3</sup>/år. Det skal bemærkes at dambrug indvinder såvel grundvand som overfladevand.



Figur 18. Vandindvinding i Danmark i perioden 1989-2023 opdelt på almene vandværker, erhvervs vand, industri og overfladevand. Data fra 2023 er justeret med skøn over manglende rapportering og er vist med nedtonede farver.

Tabel 6 viser de data, der ligger til grund for Figur 18. For kategorien 'almene vandværker' ses et fald i de indvundne vandmængder gennem 90'erne fra ca. 600 mio. m<sup>3</sup> i 1990 og i mindre grad gennem 00'erne til et niveau på knap 360 mio. m<sup>3</sup> i 2023.

Indvinding af grundvand til markvanding, gartneri og dambrug (kategorien erhvervs vand) er for 2023 opgjort til godt 320 mio. m<sup>3</sup>, hvilket ligger i den øvre kvartil sammenlignet med hele perioden (1989-2023), formodentligt som følge af højt markvandingsbehov på trods af meget høj samlet grundvandsdannelse for 2023 pga. en relativt tør vækstperiode 2023, se grundvandsdannelse for april-juni på Figur 15. Vandforbruget for virksomheder med egen indvinding har udvist en svagt faldende tendens fra slutningen af 1990'erne og frem, men synes nu at være stabiliseret omkring 40-50 mio. m<sup>3</sup>/år.

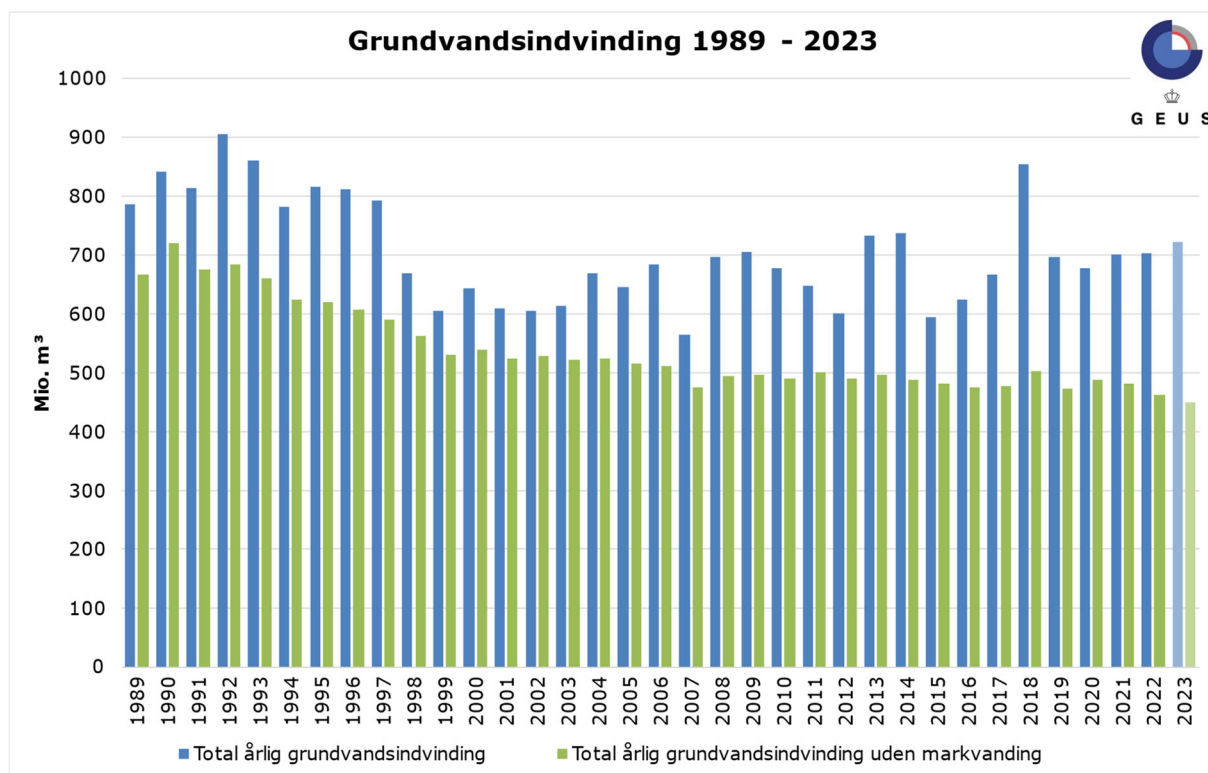
### Status og udvikling for indvinding af grundvand

Figur 19 viser de totale indvundne mængder grundvand i perioden 1989-2023 med blå søjler, mens de grønne søjler viser samlet mængde indvundet grundvand uden markvanding. Indvinding til markvanding udviser store variationer fra år til år, da behovet afhænger af nedbør og fordampning i vækstsæsonen.

Udviklingen i de indvundne vandmængder i Danmark (uden markvanding) viser en faldende tendens frem til år 2002 og en svagt faldende tendens siden. Den samlede indvundne mængde af grundvand i Danmark (uden markvanding) er for 2023 opgjort til 450 mio. m<sup>3</sup>/år, mens den for 1990 er opgjort til ca. 700 mio. m<sup>3</sup>/år. Medregnes markvandingen, der typisk udgør 15-40 % af de samlede mængder indvundet grundvand i Danmark, er der ingen tydelige udviklingstendenser i samlet grundvandsindvinding fra 2002 og frem.

Tabel 6. Indvundne vandmængder i Danmark er opdelt på fire kategorier i mio. m<sup>3</sup>/år. Bemærk: Kommunerne har i nogle tilfælde opdateret ældre data siden sidste rapportering (Thorling mfl., 2024).

<b>Årstal</b>	<b>Almene vandværker</b> <b>Mio. m<sup>3</sup>/år</b>	<b>Erhvervsvandin g</b> <b>Mio. m<sup>3</sup>/år</b>	<b>Virksomheder med egen indvinding</b> <b>Mio. m<sup>3</sup>/år</b>	<b>Overfladevand</b> <b>Mio. m<sup>3</sup>/år</b>
1989	554	173	60	23
1990	590	185	67	25
1991	556	198	60	22
1992	562	283	62	22
1993	543	252	65	21
1994	506	211	65	18
1995	497	251	69	19
1996	484	259	69	23
1997	464	263	66	20
1998	439	158	73	18
1999	421	121	63	18
2000	427	152	63	19
2001	423	125	62	18
2002	420	122	63	17
2003	420	136	58	18
2004	415	194	60	20
2005	407	179	58	18
2006	402	235	48	13
2007	394	121	50	12
2008	402	249	47	13
2009	393	266	47	15
2010	395	237	47	13
2011	387	214	48	12
2012	387	170	45	11
2013	385	306	42	28
2014	380	317	41	28
2015	370	183	42	24
2016	370	210	44	13
2017	369	253	45	14
2018	383	422	50	19
2019	364	286	48	22
2020	383	239	55	23
2021	373	277	51	21
2022	369	288	47	22
2023	356	321	44	24



Figur 19. Den totale årlige grundvandsindvinding med og uden markvanding (1989-2023) baseret på indberettede data. Data fra 2023 er justeret med skøn over manglende rapportering og er vist med nedtonede farver.

I alt er der i 2023 indberettet grundvandsindvindinger på 722 mio. m<sup>3</sup>, når markvandingen medregnes, hvilket er lidt over niveauet for medianen for de seneste 10 år (700 mio. m<sup>3</sup>). Det skal bemærkes, at specielt tallene for det seneste års indberetninger er behæftet med nogen usikkerhed som følge af manglende indberetninger, og de er derfor vist med nedtonede farver på Figur 19. En gennemgang af de årlige opgørelser i grundvandsovervågningen viser, at også tallene fra de seneste 5-10 år, specielt for kategorien almene vandforsyninger, kan være behæftet med en mindre usikkerhed, blandt andet som følge af forsinkede indberetninger og manglende opdatering af gamle data.

GEUS har i to rapporter gennemført en analyse af de indberettede data for markvanding i perioden 1990-2012 (Henriksen mfl., 2014 og 2015). Analysen viste, at der var betydelige variationer i kvaliteten af dataindberetningen fra kommune til kommune, specielt i den første del af perioden samt i perioden omkring Kommunalreformen (2006-2008). Uanset problemer med indberetningskvaliteten er markvandingen naturligt stærkt varierende, primært som følge af variationer i vejret. Det fremgår bl.a., at 2007 var et år med særligt lavt forbrug af vand til markvandingsformål. Beregninger (Hvid, 2011, se også Thorling mfl., 2011) viser samstemmende, at der var et markant mindre vandingsbehov i 2007 end årene før og efter. Beregningerne illustrerer, at vandingsbehovet kan variere med adskillige hundrede procent fra år til år, og i nogle år, fx 2018, udgør meget betragtelige andele af indvindingen på såvel lokal som national skala.

### 3.3 Det nationale pejleprogram

#### Indledning og målsætning

Det nationale pejleprogram er etableret for at kunne overvåge og vurdere udviklingen af vandstanden i grundvandsforekomsterne. Programmet skal således afspejle repræsentative variationer i grundvandsstanden og skal kunne fungere som grundlag for fortolkning af andre pejleserier og enkeltmålinger af vandstanden. Pejlestationsnettet er siden 2010 løbende blevet revideret for at give en bedre dækning af grundvandsforekomsterne og dermed dække kravene til den kvantitative overvågning i vandrammedirektivet.

Pejledata er en indikator for udviklingen i grundvandsressourcens størrelse. Ændringer i ressourcens størrelse har betydning for den mængde grundvand, der kan indvindes til drikkevandsforsyning, markvanding, erhverv og andre formål, samt for den økologiske tilstand i enge, moser, vandløb og søer mv., der er afhængige af tilførsel af grundvand. Derudover anvendes pejledata i forbindelse med risikovurderinger og planlægning for fx oversvømmelsesrisiko i bebyggede områder m.m.

## Datagrundlag

Grundvandsstanden registreres dagligt med dataloggere i de fuldt udbyggede pejlestationer tilknyttet overvågningsindtagene i Det Nationale Pejleprogram. En pejlestation er defineret som et indtag, med en fast indbygget datalogger. Derudover foretages der manuelle pejlinger af rolandspejlet i forbindelse med prøvetagningen af GRUMO-indtagene. Enkeltpejlinger lægges efterfølgende manuelt i Jupiter.

På nogle lokaliteter har overvågning af grundvandsstanden fundet sted gennem mange årtier, i nogle tilfælde mere end 70 år. Den meget lange tidshorizont udgør en udfordring mht. at fastholde en ensartet og sammenlignelig kvalitet i indsamlingen af data til pejletidsserier, da kvaliteten af de indsamlede data er meget følsom over for ændringer i fx målepunkter, personale og målemetoder. Flere af tidsserierne i Det Nationale Pejleprogram har et forløb, der indikerer, at fejl i data er opstået ved fx ændringer i borerens referencepunkt eller udfald i en datalogger. For at udbedre dette arbejdes der løbende med at rette oplagte datafejl i samarbejde med SGAV. Senest er der foretaget en samlet gennemgang af indtagenes fordeling og datakvalitet i det eksisterende pejlenet anno 2022 med tilhørende anbefalinger til opgradering af nettet (Ditlefsen og Sivertsen, 2022). Samtidig arbejdes der hos SGAV for etablering af nye metoder til dataopsamling i realtid. I 2024 er udskiftning af de faste dataloggere i Det Nationale Pejleprogram igangsat.

Nærværende opgørelse af udviklingen i grundvandsstanden omfatter 2023. Det samlede datasæt blev rapporteret af Miljøstyrelsen til Jupiter og var endelig kvalitetssikret 4. marts 2024. I 2021-22 omfattede pejlestationsnettet i alt 143 indtag og i 2023 141 indtag. Nogle ældre automatiske dataloggere stoppede med at virke i løbet af indsamlingsperioden.

I 2023 blev 82 indtag logget dagligt (typisk hver 4. time) gennem hele året, 7 indtag blev logget på denne højfrekvente måde, men med mindre huller i dataserien, mens de resterende 52 indtag ikke har højfrekvente pejlenserier for hele året (mangler typisk mere end to måneders data for rapporteringsperioden).

Figur 20 viser et kort over pejlestationer i Det Nationale Pejleprogram i 2023. Antallet af pejlestationer med ubrudte dataserier faldt fra 114 i 2021, 103 i 2022, og til 82 i 2023.

I forhold til den geografiske fordeling af pejlestationerne skal det derudover bemærkes, at der stort set, ikke er pejlestationer ved København og sydvest herfor, i Sydvestsjælland, i Trekantområdet og syd herfor, herunder Als, i det østlige Himmerland og omkring det sydfynske Øhav, herunder Langeland og Ærø og slet ingen på Lolland. På baggrund af en nærmere analyse af geografiske mangler i pejlenettet (Ditlefsen og Sivertsen, 2022) arbejdes der fortsat på at finde praktiske løsninger til at indhente pejledata fra disse områder, fx via samarbejde med forsyningsselskaber.

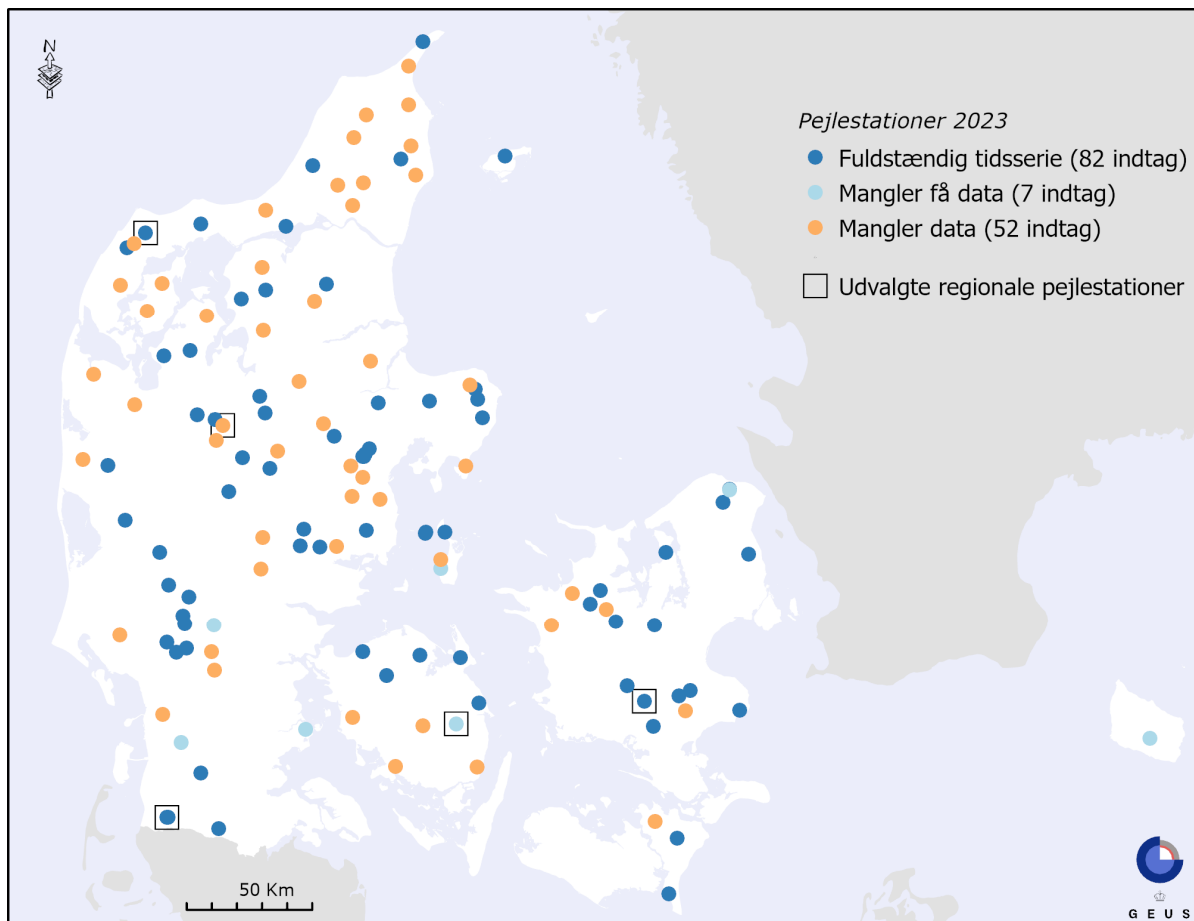
Specifikt for 2023, som generelt havde større end normal grundvandsdannelse, se Figur 16, var der på Als, Langeland og Lolland områder med mindre end normal grundvandsdannelse, men grundet manglende pejlestationer på disse øer, kan effekten i grundvandsforekomsterne ikke belyses.

For rapporteringsperioden 2023 ses udfald ved pejlestationerne, hvilket er gældende ved de 52 indtag markeret med gult i Figur 20, hvor der ikke findes sammenhængende tidsserier for 2023. Data fra de 52 indtag er derfor kun brugt i mindre omfang i nærværende rapportering og ikke til de statistiske analyser ved sammenligning med klimanormalperioden 1991-2020.

## Udvikling af grundvandsstanden

Grundvandsstandens reaktionstid i forhold til nedbør og grundvandsdannelse kan strække sig over flere år og derfor må den aktuelle grundvandsstand ses i relation til tidligere års grundvandsstand, nedbør og grundvandsdannelse.

Med et landsgennemsnit på 973 mm nedbør, 214 mm mere end klimanormalen for 1991-2020, var 2023 det vådeste år registeret siden de landsdækkende nedbørsmålinger startede i 1874! Nedbørsmæssigt blev januar den vådeste, marts den niendevådeste, juli den vådeste, oktober den femtevådeste, og efteråret som helhed det ottendevådeste siden 1874, hvor nedbørsmålingerne begyndte (DMI, 2024). Det står i kontrast til 2022, som modsat 2023 var et tørt og varmt år, hvor der på landsplan faldt 691 mm, hvilket er 68 mm eller 9 % mindre end normalen for perioden (DMI, 2023). Mindre nedbør prægede store dele af 2022, idet 9 ud af 12 måneder var tørrere end normalt.



Figur 20. Geografisk fordeling af de 141 pejlestationer, der indgik i Det nationale Pejlenet 2023. De 82 indtag med komplette tidsserier er vist med blå markeringer og de 7 indtag med næsten komplette tidsserier er markeret som lyseblå markeringer. 52 indtag mangler enten mere end 2 måneders data fra 2023 eller tidsserierne har andre formodede fejlmålinger (markeret med gult).

For at forstå udviklingen i grundvandsmængden er det vigtigt at skelne mellem effekter fra ændret oppumpning og ændringer i nettonedbør og grundvandsdannelse. Da effekterne af variationer i grundvandsdannelsen forventes at kunne spores først i de overfladenære grundvandsmagasiner, er der i afrapporteringen særlig fokus på vandstandsudviklingen i disse magasiner og her især indtag, som fremstår upåvirket af lokal oppumpning.

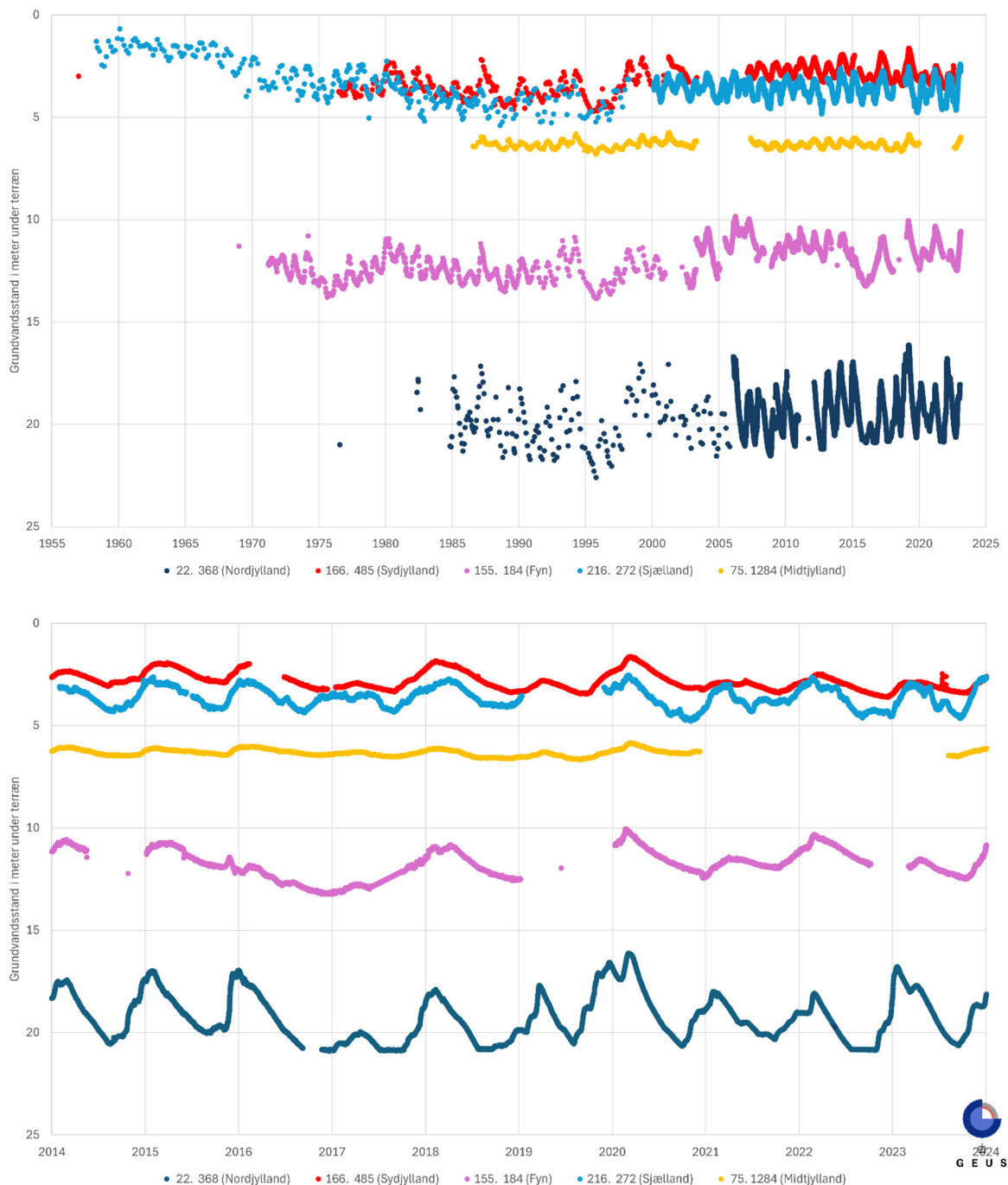
På baggrund af en analyse af pejleseriernes kvalitet (Thorling mfl., 2016) blev der i 2016 udpeget fem regionale terrænnære indtag (0-30 m u.t.) med lange tidsserier:

- Nordjylland DGU-nr. 22.368 indtag 1 (Kalk/kridt, frit magasin)
- Midtjylland DGU-nr. 75.1284 indtag 1 (Sand, frit magasin)
- Sønderjylland DGU-nr. 166.485 indtag 1 (Sand, frit magasin)
- Fyn DGU-nr. 155.184 indtag 1 (Sand, spændt magasin)
- Sjælland DGU-nr. 216.272 indtag 1 (Kalk/kridt, spændt magasin)



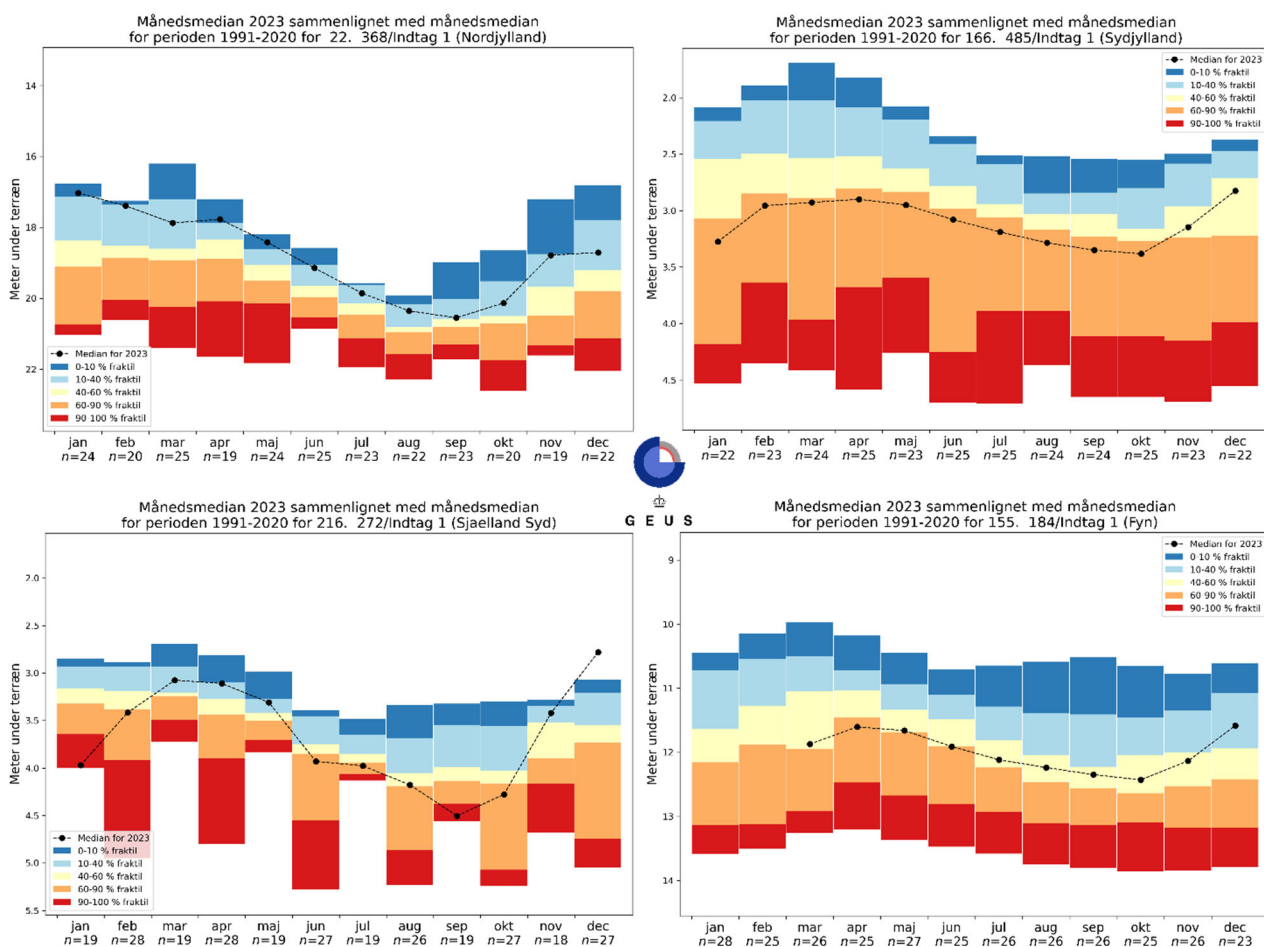
Tidligere vandstandsvariationer i de udvalgte indtag i perioden 1960-2015 er beskrevet i (Thorling mfl., 2016).

Figur 21 viser vandstandsvariationerne i hele observationsperioden fra 1958 (øverst) og med fokus på de sidste 10 år (nederst). Her ses karakteristiske årstidsvariationer (Thorling mfl. 2018), hvor vandstanden de fleste år stiger i 4. kvartal for at toppe i begyndelsen af det efterfølgende år. Analysen af de lange pejletidsserier viser bl.a. effekten af 2 tidligere tørkeperioder i hhv. 1975-76 og 1996.



Figur 21. Pejletidsserier (grundvandsstand i m u.t.) i de 5 udvalgte regionale borer, 1958-2024 (øverst), zoom 2014-2024 (nederst). En nærmere analyse af borer og udvikling frem til 2015 findes i Thorling mfl. 2016.

Figur 22 viser 2023 månedsmedian for de 4 regionale udtag, som har data for det meste af 2023 (75.1284 udelades, se Figur 21). Hver delfigur viser for hver måned i 2023 en markering af medianværdien af alle pejlinger i det enkelte indtag. Denne månedsmedian sammenlignes med fordelingen af tidligere observationer fra samme indtag for hver måned i klimanormalperioden 1991-2020, idet der beregnes hhv. vandspejlsværdier hver måned repræsenterende 0, 10, 40, 60, 90 og 100 % fraktiler for pejlinger i det enkelte indtag med baggrund i målinger fra klimanormalperioden 1991-2020. Intervallerne mellem fraktilerne 0-10, 10-40, 40-60, 60-90 og 90-100 % er vist med hver sin farve. Således kan den lysegule farve repræsentere niveauer omkring medianen (40-60 % fraktilen) for perioden 1991-2020. De røde og orange farver repræsenterer lave grundvandsstande (90-100 og 60-90 % fraktilerne), mens de blå farver viser værdier for høj grundvandsstand (0-10 og 10-40 % fraktilerne) i indtagene i forhold til klimanormalperioden.



Figur 22. Kurverne viser pejletidsserier (vandstand m u.t.) vist som månedsmedian af grundvandsstand i meter under terræn i 2023 sammenlignet med fordelingen af månedsværdier i klimanormalperioden 1991-2020 vist som kolonner, for 4 udvalgte pejleindtag: DGU-nr. 22.368 i Nordjylland, DGU-nr. 166.485 i Syddjylland, DGU-nr. 155.184 på Fyn og DGU-nr. 216.272 ved Storstrøm. n angiver antal år, der indgår i beregningen af månedsfordelingerne.

Til rapportering af grundvandsstanden for 2023 er der lavet tilsvarende plot som vist i Figur 22 for i alt 86 indtag. Ved gennemgang af disse statistiske plot ses 2 typiske udviklinger af grundvandsstanden i løbet af 2023. Den første typiske udvikling kan repræsenteres af boring 22.368, Figur 22, hvor høj grundvandsdannelse (Figur 15) medfører høj vandstand allerede fra starten af 2023, hvilket forstærkes af meget høj grundvandsdannelse i oktober og året ud. Denne konstante høje grundvandsstand ses i mange jyske indtag, specielt i nord og Midtjylland, men også på Fyn og Sjælland. Den anden typiske

udvikling af grundvandsstanden i 2023 starter som en lav eller middel grundvandsstand i første halvår, men efter stor grundvandsdannelse, is specielt efteråret, stiger denne til en høj eller middel høj grundvandsstand fra oktober til december (se indtag 216.272 og 155.184, Figur 22). Denne udvikling ses i mange indtag i Jylland, samt Fyn og Sjælland. Begge typiske udviklinger af grundvandsstanden henover 2023 har en kraftig stigning fra oktober til december. I alle monitorerede områder af Danmark ses indtag som 216.272, Figur 22, hvor grundvandsstanden i slutningen af 2023 er indenfor, eller over, 0-10 % fraktilen for klimanormalperioden 1991-2020. Værdier over 0-10 % fraktilen (som fx 216.272 i december) betyder, at den observerede månedsmedian er højere end observeret i den 30-årige klimanormalperiode.

I analysen af de 86 indtag, hvor den fraktilbaserede udregning var mulig (med tilstrækkelige data for 2023 samt mellem 1991 og 2020), ses der enkelte indtag flere steder i Danmark, men mest på Sjælland, som ligger i de tørre fraktiler med lave grundvandsstande igennem hele 2023. De fulde historiske tidsserier for disse indtag er gennemgået og årsagen til den vedvarende relative tørre tilstand i 2023 er sandsynligvis, at de målte grundvandsstande gennem en længere periode i klimanormalperioden har været vedvarende højere end de sidste år. Det skyldes sandsynligvis, for det første, at grundvandsindvindingen i området er ændret og for det andet, at udslagene i indvinding slår igennem i de aktuelle indtag. Der ses ikke umiddelbart nogen sammenhæng mellem udviklingen i grundvandsdannelsen for disse og grundvandsstanden.

Den megen nedbør i 2023 (DMI, 2024) har medført usædvanlig høj grundvandsdannelse over det meste af Danmark (Figur 16). Specielt fra oktober 2023 er grundvandsstanden steget kraftigt til et generelt højt niveau. Der er derfor god overensstemmelse med den observerede grundvandsstand i grundvandsforekomsterne ved Det Nationale Pejleprogram og den beregnede grundvandsdannelse ved den Nationale Hydrologiske Model.

## Referencer: Vandindvinding og Pejleprogram

### Vejledninger mv.

Miljøministeriet, Danske regioner og KL, 2023: Dataansvarsaftalen, [https://miljoeportal.dk/media/1395/dataansvarsaftalens-bilag-3-om-grundvand-revideret-maj-2020\\_ver20200616.pdf](https://miljoeportal.dk/media/1395/dataansvarsaftalens-bilag-3-om-grundvand-revideret-maj-2020_ver20200616.pdf) (2-12-2024)

### Andre referencer:

Ditlefsen C. og Sivertsen, J. (2022): Datakvalitet og stationsfordeling i Det nationale Pejlenet. Intern rapport GEUS.

DMI. 2024. Sammendrag af året 2023.

[https://www.dmi.dk/fileadmin/user\\_upload/Afrapportering/Aarssammendrag/Sammendrag\\_2023.pdf](https://www.dmi.dk/fileadmin/user_upload/Afrapportering/Aarssammendrag/Sammendrag_2023.pdf) (2-12-2024)

DMI, 2023: <https://www.dmi.dk/vejarkiv/normaler-danmark/> (2-12-2024)

DMI, 2021: Klimanormalperioden 1991-2020. <https://www.dmi.dk/vejarkiv/normaler-danmark> (2-12-2024)

Ditlefsen C. og Sivertsen, J. (2022): Datakvalitet og stationsfordeling i Det nationale Pejlenet. Intern rapport GEUS.

Henriksen, H., Rasmussen, J., Olsen, M., He, X., Jørgensen, LF & Trolborg, L., 2014: Implementering af modeller til brug for vandforvaltning. Delprojekt: Effekt af vandindvinding, GEUS-rapport 2014/74 [www.geus.dk/media/7937/geus-rapport-om-implementering-af-modeller-til-brug-for-vandforvaltning2014\\_74.pdf](http://www.geus.dk/media/7937/geus-rapport-om-implementering-af-modeller-til-brug-for-vandforvaltning2014_74.pdf) (2-12-2024)

Henriksen, H., Stisen, S., Trolborg, L., He, X & Jørgensen, LF. 2015: Analyse af øget vandindvinding til markvanding. GEUS rapport 2015/29. [https://www.geus.dk/media/7936/geus-rapport-om-oeget-vandindvinding-til-markvanding29\\_2015.pdf](https://www.geus.dk/media/7936/geus-rapport-om-oeget-vandindvinding-til-markvanding29_2015.pdf) (2-12-2024)

Hvid, S. Kolind, 2011: Videncenter for Landbrug. Markvandingsbehov 1987-2010, [www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Vanding/Sider/pl\\_11\\_616.aspx](http://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Vanding/Sider/pl_11_616.aspx) (2-12-2024)

Mernild, S. H., Christensen J.H., Cappelen, J. (2019): Nedbørsekstremer og regnfattige somre. Aktuel Naturvidenskab Nr. 2 2019, 8-12.

Stisen, S., Ondracek, M., Trolborg, L., Schneider, R.J.M., van Til, M.J., 2019: National Vandressource Model – Modelopstilling og kalibrering af DK-model2019. GEUS-rapport 2019/31. GEUS 2019 [https://data.geus.dk/pure-pdf/32631\\_GEUS\\_R\\_2019\\_31\\_opt.pdf](https://data.geus.dk/pure-pdf/32631_GEUS_R_2019_31_opt.pdf) (2-12-2024)

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brusch, W., Møller, R.R., Mielby, S. og Højberg, A.L., 2011: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2010. Teknisk rapport, GEUS 2011. <https://www.geus.dk/Media/9/C/g-o-2010.pdf> (2-12-2024)

Thorling, L., Hansen, B., Johnsen, A.R., Larsen, C.L., Larsen, F., B., Mielby, S., og Trolborg, L. 2016: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2015. Teknisk rapport, GEUS 2015. <https://www.geus.dk/Media/8/B/g-o-2015.pdf> (2-12-2024)

Thorling, L., Ditlefsen, C., Ernstsen, V., Hansen, B., Johnsen, A.R., og Trolborg, L. 2018: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2016. Teknisk rapport, GEUS 2018. <https://www.geus.dk/media/7921/grundvand1989-2016-endelig-momslog.pdf> (2-12-2024)

Thorling, L., Albers, C. N., Ditlefsen, Hansen, B., Johnsen, A.R., Kazmierczak, J., Mortensen, M.H. og Trolborg, L. 2024: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2022. Teknisk rapport, <https://doi.org/10.22008/gpub/38547>, GEUS 2024. (2-12-2024)

### Relevante hjemmesider og links

Den Nationale Hydrologiske Model hjemmeside: <http://www.dennationalehydrologiskemodel.dk> (2-8-2024)

DMI's hjemmeside: [www.dmi.dk](http://www.dmi.dk) (2-12-2024)

EEA's hjemmesiden: <http://www.eea.europa.eu/> (2-12-2024)

Grundvandsovervågningens hjemmeside: <http://www.geus.dk/vandressourcer/overvaagningsprogrammer/grundvandsovervaagning> (2-12-2024)

Grundvandsstanden.dk <https://grundvandsstanden.dk/> (12-2-2024)

Jupiter hjemmesiden: <http://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-boringsdatabase-jupiter> (2-12-2024)

NOVANA hjemmeside: <https://mst.dk/erhverv/riq-natur/naturen-i-danmark/novana-overvaagning-af-natur-og-vandmiljoe> (2-12-2024)

Vandområdeplanernes hjemmeside: <https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/vandmiljoe/vandomraadeplaner>(2-12-2024)

## 4 Nitrat

### Indledning

Stort set overalt i Danmark findes der nitrat i den øvre del af grundvandsmagasinerne. Den dybdemæssige udbredelse af nitrat i grundvandsmagasinerne varierer dog meget, idet nitrat nogle steder kun findes tæt på terræn og andre steder ned til mere end 100 m's dybde. Udbredelsen af nitrat i grundvandsmagasinerne er størst, hvor beskyttelsen af magasinerne fra øvre lerlag er ringe, og der samtidig er en betydelig udvaskning af nitrat fra gødningsanvendelsen på markerne. Dette gælder fx områder i Nordjylland, Thy, Himmerland og på Djursland.

Koncentrationen af nitrat i grundvandet er påvirket af en række faktorer, hvoraf de vigtigste under danske forhold er:

- *Kvælstofudvaskning fra landbrugsarealer i oplandet*
- *Graden af nitratomsætning ved redoxprocesser i de geologiske lag*
- *Vandets strømningsveje i de geologiske lag*

I dette kapitel fokuseres der især på nitrat i iltet grundvand. I iltet grundvand er nitraten fra udvaskningen ikke omsat, og derfor kan nitratkoncentrationen direkte sammenlignes med nitratudvaskningen fra rodzonen, hvis der er viden om vandets transporttid. Datering af det iltholdige grundvand muliggør, at transporttiden for nitrat fra rodzonen til indtaget med det iltede grundvand kan vurderes, se appendiks 3.2. Derved kan tidspunktet for udvaskning af kvælstof fra landbrugsarealerne direkte relateres til de målte nitratkoncentrationer i det iltede grundvand på grundvandets dannelsesetidspunkt. Med denne metode er det dermed muligt at vurdere effekten af de nationale handlingsplaner, som har til formål at reducere udvaskningen af nitrat fra landbrugsarealerne og dermed også at reducere indholdet af nitrat i grundvandet.

### Målsætning

Nitrat i grundvandet er uønsket både af hensyn til drikkevandskvaliteten og på grund af risikoen for påvirkning af vandmiljøet. Det skyldes, at nitrat i drikkevandet kan være sundhedsskadeligt, og at nitrat i grundvandet kan bidrage til eutrofiering af vandløb, søer og det marine miljø ved udstrømning til overfladevand. Der er i EU's grundvandsdirektiv fastsat et grundvandskvalitetskrav på 50 mg/l svarende til kvalitetskravet for indholdet af nitrat i drikkevand i EU's drikkevandsdirektiv.

Nitrat i grundvandet stammer langt overvejende fra nitratudvaskning fra landbrugsarealer. Hensynet til en tilfredsstillende grundvandskvalitet er én af årsagerne til kvælstofregulering af landbruget. Reguleringen er sket i form af nationale handlingsplaner siden 1985 og ved udarbejdelse af kommunale indsats-planer for beskyttelse af grundvandet i forbindelse med Den Nationale Grundvandskortlægning, som startede i 2000. Her er ca. 17 % af Danmarks areal udpeget som nitratfølsomme indvindingsområder for drikkevand i 2022. I forhold til EU's nitratdirektiv anvendes handlingsplaner for hele Danmarks areal, og der er derfor ikke udpeget nitratfølsomme zoner i relation til nitratdirektivet. Dette har resulteret i udarbejdelse af nitrathandlingsprogrammer gældende for hele landet.

## 4.1 Sammenligning af datasæt

### Det samlede datagrundlag

Der udtages vandprøver til nitratanalyser fra indtag fra tre forskellige typer af borer: GRUMO-, LOOP- og vandforsyningsboringer. GRUMO- og LOOP-boringerne dækker grundvandsdelen af det nationale overvågningsprogram NOVANA. GRUMO-indtagene findes i grundvandsboringer med dybder ned til mere end 100 m u.t. LOOP-indtagene findes i korte, overfladenære borer, typisk < 5 m u.t., etableret for at følge udvaskningen af nitrat til højtliggende grundvand under dyrkede arealer. Data fra vandforsyningsboringerne stammer fra den lovpligtige boringskontrol. Dybdefordeling for indtagene i LOOP-, GRUMO- og vandforsyningsboringer er diskuteret i Appendiks 2.

Rapporteringen om nitrat i grundvandet er baseret på 1) det seneste prøvetagningsår (2023) og 2) en periodeopgørelse for den seneste 5-årsperiode (2019-2023). Periodelængden på fem år er valgt, fordi boringskontrollen for vandforsyningsboringer gennemføres i en turnus på op til fem år, mens GRUMO-indtag prøvetages mindst én gang i løbet af en periode på tre år. Sammenligning af data fra det seneste prøvetagningsår med den seneste 5-årsperiode muliggør vurdering af repræsentativiteten af de seneste målinger. For periodeopgørelser præsenteres nitrat som gennemsnittet af de årlige gennemsnit for nitrat i samme indtag.

Tabel 7 viser antallet af prøver analyseret for nitrat i GRUMO- og LOOP-indtag samt vandforsyningsboringer i de seneste fem år (2019-2023). Antallet af prøver i 2023 i GRUMO-indtag afspejler, at der er prøvetaget for nitrat til kontrolovervågning i 2023.

### Prøvetagningsfrekvens

Tabel 7 viser omfanget af prøver for nitrat i 2023 i grundvandsovervågningen. Der er udtaget 1.120 prøver fra 1.035 GRUMO-indtag. 951 indtag er prøvetaget én gang, og derudover er 83 indtag prøvetaget 2 gange og 1 indtag er prøvetaget 3 gange i 2023. I LOOP er der indsamlet i alt 389 prøver i 2023, fra 90 LOOP-indtag. Prøvetagningsfrekvensen varierer for LOOP-indtagene, idet indtag med nitratholdigt grundvand almindeligvis prøvetages seks gange om året, mens indtag med reduceret, nitratfrit grundvand oftest prøvetages én gang om året. I 2023 er der 1.905 prøver fra 1.757 vandforsyningsboringer, hvoraf de fleste indtag er prøvetaget én gang.

I perioden fra 2019-2023 er der analyseret for nitrat i 17.409 prøver fra i alt 7.436 indtag, som er fordelt på 1.231 GRUMO-indtag (prøvetaget én til 8 gange), 93 LOOP-indtag (prøvetaget 2 til 31 gange) og 6.111 vandforsyningsboringer (prøvetaget én til 41 gange).

Tabel 7. GRUMO, LOOP & Vandforsyning. Antal prøver analyseret for nitrat fra GRUMO-indtag, LOOP-indtag og vandforsyningsboringer for hvert år og den samlede periode 2019-2023. I parentes er vist antallet af indtag i løbet af sidste periode og for hele 5-års-perioden.

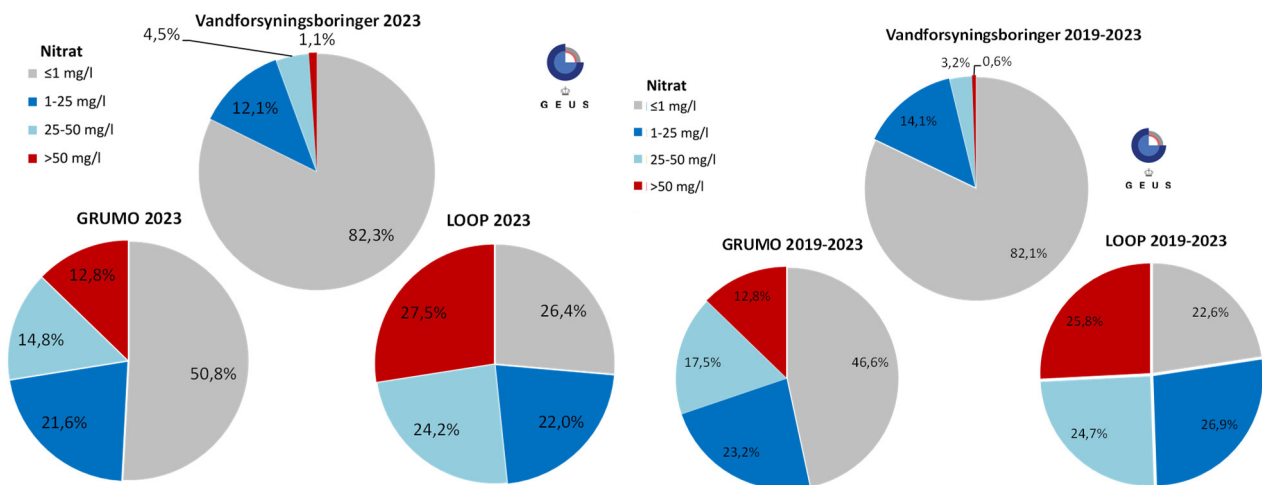
Årstal	Antal prøver (antal indtag)			
	GRUMO	LOOP	Vandforsyningsboringer	I alt
2023	1.120 (1.035)	389 (90)	1.905 (1.757)	3.414 (2.883)
2022	1.168	350	2099	3.617
2021	1.090	382	2.092	3.564
2020	979	368	1.937	3.284
2019	1.053	392	2.085	3.530
2019-2023	5.410 (1.231)	1.881 (93)	10.118 (6.111)	17.409 (7.435)

### Fordeling af nitrat

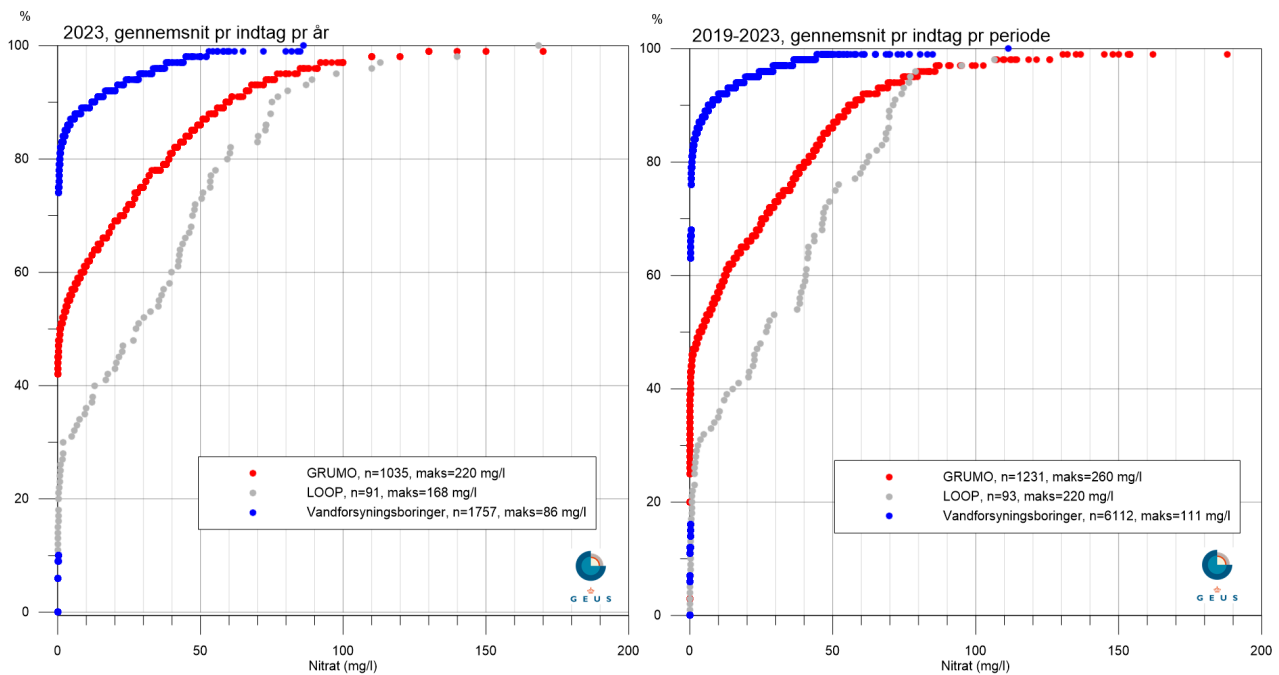
Figur 23 viser fordelingen af det gennemsnitlige nitratindehold for samtlige indtag analyseret i 2023 og i perioden 2019-2023. Nitratindeholdet er opdelt i koncentrationsintervaller for tre datatyper: LOOP, GRUMO og vandforsyningsboringer.

I 2023 er der et gennemsnitligt nitratindehold over 50 mg/l i hhv. 27,5 % og 12,8 % af LOOP- og GRUMO-indtagene. For grundvand i vandforsyningsboringer er den tilsvarende andel 1,1 %. I 2023 er der fundet nitratholdigt grundvand med >1 mg/l nitrat i hhv. 73,6 %, 49,2 % og 17,7 % af de prøvetagede indtag i hhv. LOOP- og GRUMO-indtag og vandforsyningsboringer.

Figur 24 viser fordelingen af den gennemsnitlige nitratkoncentration på indtagsniveau i grundvandet i 2023 og i perioden 2019-2023 i hhv. GRUMO-, LOOP-indtag og vandforsyningsboringer.



Figur 23. GRUMO, LOOP & Vandforsyning. Det gennemsnitlige nitratindehold pr. indtag opdelt på fire koncentrationsklasser i 2023 for 1.035 GRUMO-indtag, 90 LOOP-indtag og 1.757 vandforsyningsboringer og i perioden 2019-2023 for 1.231 GRUMO-indtag, 93 LOOP-indtag og 6.111 vandforsyningsboringer.



Figur 24. GRUMO, LOOP & Vandforsyning. Koncentrationsfordelingen af det gennemsnitlige nitratindehold i grundvandet i 2023 (venstre del af figuren) og i perioden 2019-2023 (højre del af figuren) i alle indtag fra GRUMO- og LOOP-indtag og vandforsyningsboringer med koncentrationer under 200 mg/l. Antallet af indtag og maks. koncentration af nitrat for hvert datasæt fremgår af signaturforklaringen.

Figur 24 og Figur 31 viser, at fordelingen af nitratkoncentrationer ligger på samme niveau i 2023 som i seneste 5-års-periode i GRUMO-indtagene, LOOP-indtagene og vandforsyningsboringerne.

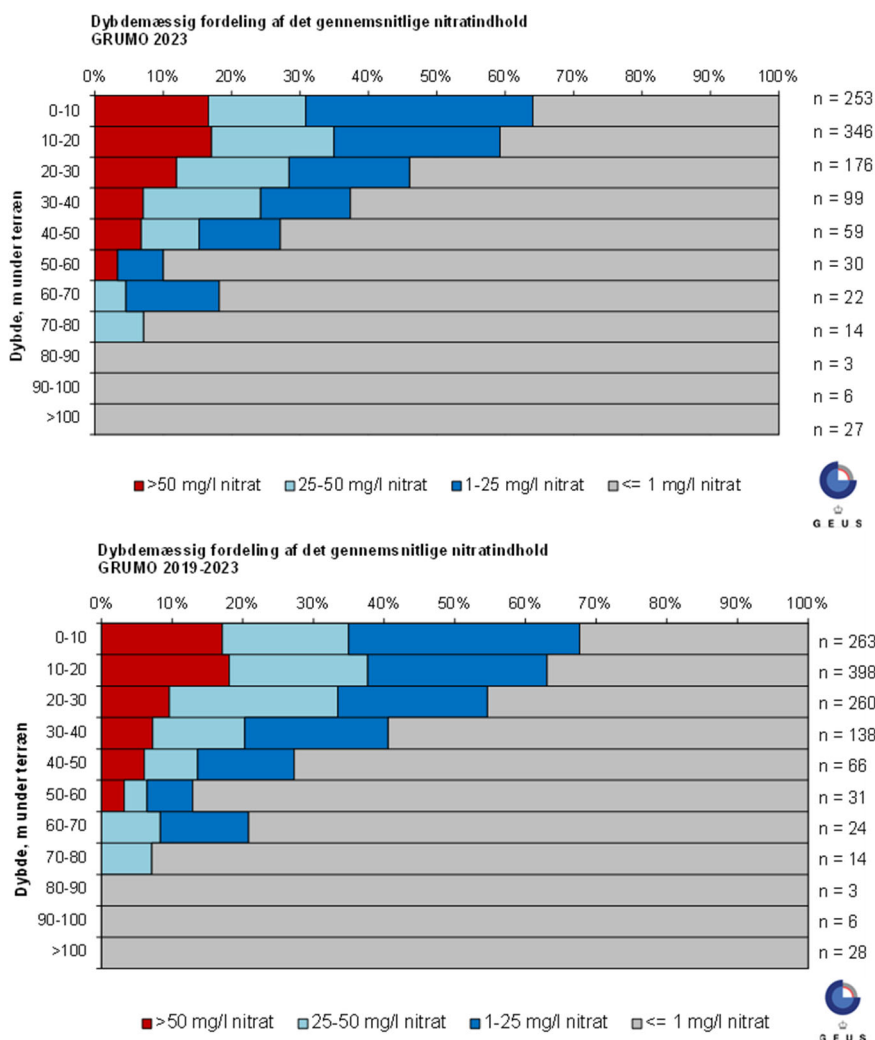
Det ses også, at for hver af de tre datagrupper er der en mindre andel af indtag med høje nitratkoncentrationer, som kan identificeres, der hvor kurverne flader ud. En anden delpopulation af data kan identificeres der, hvor kurverne skærer y-aksen ved  $x=1$  mg/l, og udgør den andel af indtagene, der indeholder nitratfrit grundvand. Nitratfrit grundvand (defineret som nitrat  $\leq 1$  mg/l) findes i 2023 i 50,8 %, 26,4 % og 82,3 % af indtagene i hhv. GRUMO-indtag, LOOP-indtag og vandforsyningsboringer, se også Figur 23.

Forskellene mellem de tre datasæt er hovedsageligt et resultat af forskelle i dybdefordelingen og af længden af indtagene i borerne i de forskellige stationsnet (se Figur 25, Figur 32, Figur 34 og Appendiks 2). Generelt vil længere filtre resultere i et større grundvandsdannende opland til et indtag, og at prøverne dækker en længere årrække af grundvandsdannelsen. Samtidig er der større mulighed for, at der er både nitratholdigt og nitratfrit vand i det oppumpede vand. Vandforsyningsboringerne overvåger dermed nitratudvaskningen fra et større geografisk område og en længere periode end GRUMO-indtagene og især LOOP-indtagene.

## 4.2 Grundvandsovervågning

### Status for nitrat

Figur 25 viser fordelingen af nitrat i GRUMO-indtagene i 2023 og i perioden 2019-2023 opdelt på dybdeintervaller à 10 m og i fire koncentrationsklasser ( $\leq 1$ , 1-25, 25-50 og  $>50$  mg/l). I dybdeintervallet 0-10 m u.t. er koncentrationen af nitrat i grundvandet over 50 mg/l i ca. 17 % af indtagene og over 25 mg/l i ca. 31 % af indtagene i 2023. Nogenlunde samme koncentrationsniveauer findes for perioden 2019-2023, hvor de tilsvarende værdier ligger på hhv. ca. 17 og 35 %. I 2023 ses en relativ høj andel (ca. 39 %) af nitratkoncentrationer over 50 mg/l i intervallet 10 – 20 m u.t.



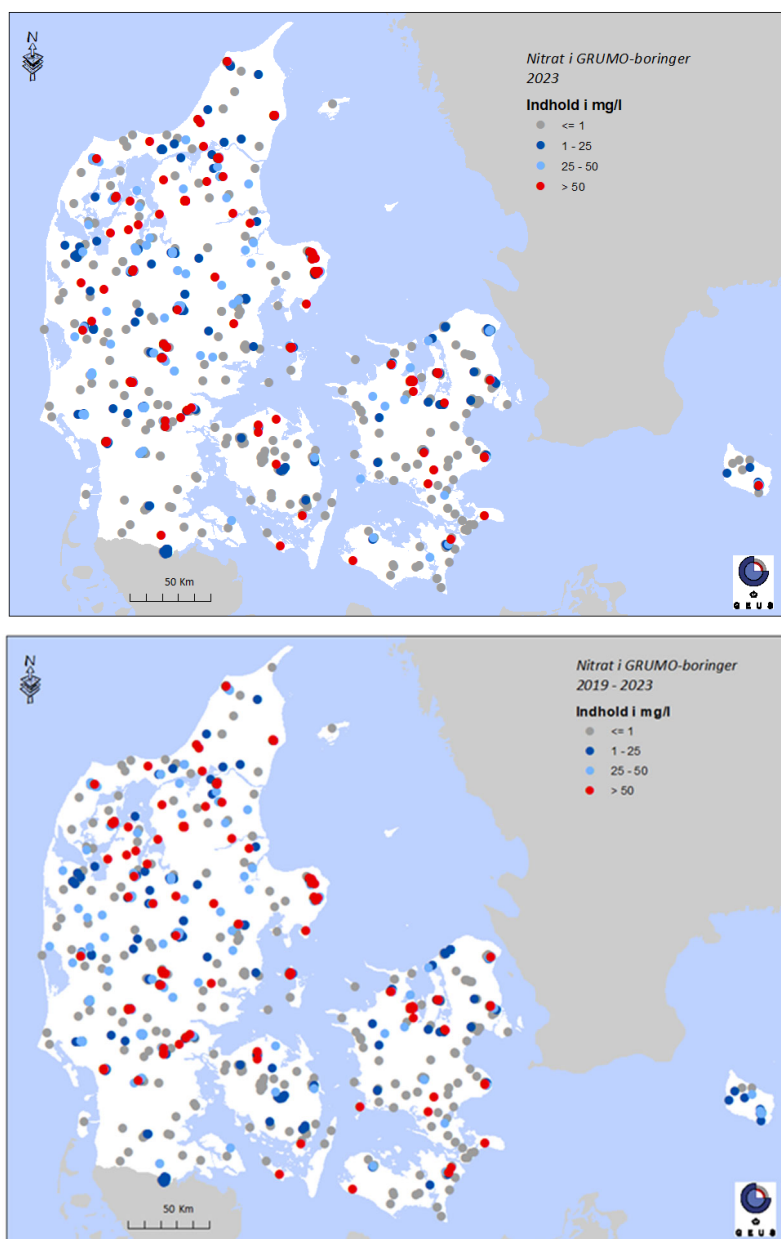
Figur 25. GRUMO. Dybdemæssige fordeling af det gennemsnitlige nitratindhold i forhold til top af indtag i m u.t. i 1.035 og 1.231 GRUMO-indtag for hhv. 2023 og perioden 2019-2023, opdelt i fire koncentrationsklasser. Antal indtag i hvert dybdeinterval er anført til højre for figuren (n).



Der ses et gradvist fald i nitratinholdet med dybden med omtrent det samme mønster i 2023 som i perioden 2019-2023. Dette skyldes en gradvis oxidation af jordlagene med tiden gennem infiltration af oxiderende stoffer (ilt og nitrat) fra overfladen. Dette giver generelt mere reducerede forhold med dybden og større relative andel af indtag i reduceret grundvand med dybden (nitratkoncentration  $\leq 1$  mg/l).

Antallet af indtag aftager med dybden med den største andel (ca. 90 %) af indtag i de øverste 50 m, se også Figur 81. Fra 60 m u.t. er der ingen indtag med en gennemsnitlig nitratkoncentration over 50 mg/l, og fra 80 m u.t. ligger nitratkoncentrationen generelt under 1 mg/l i GRUMO-indtag i 2023 og i perioden 2019-2023.

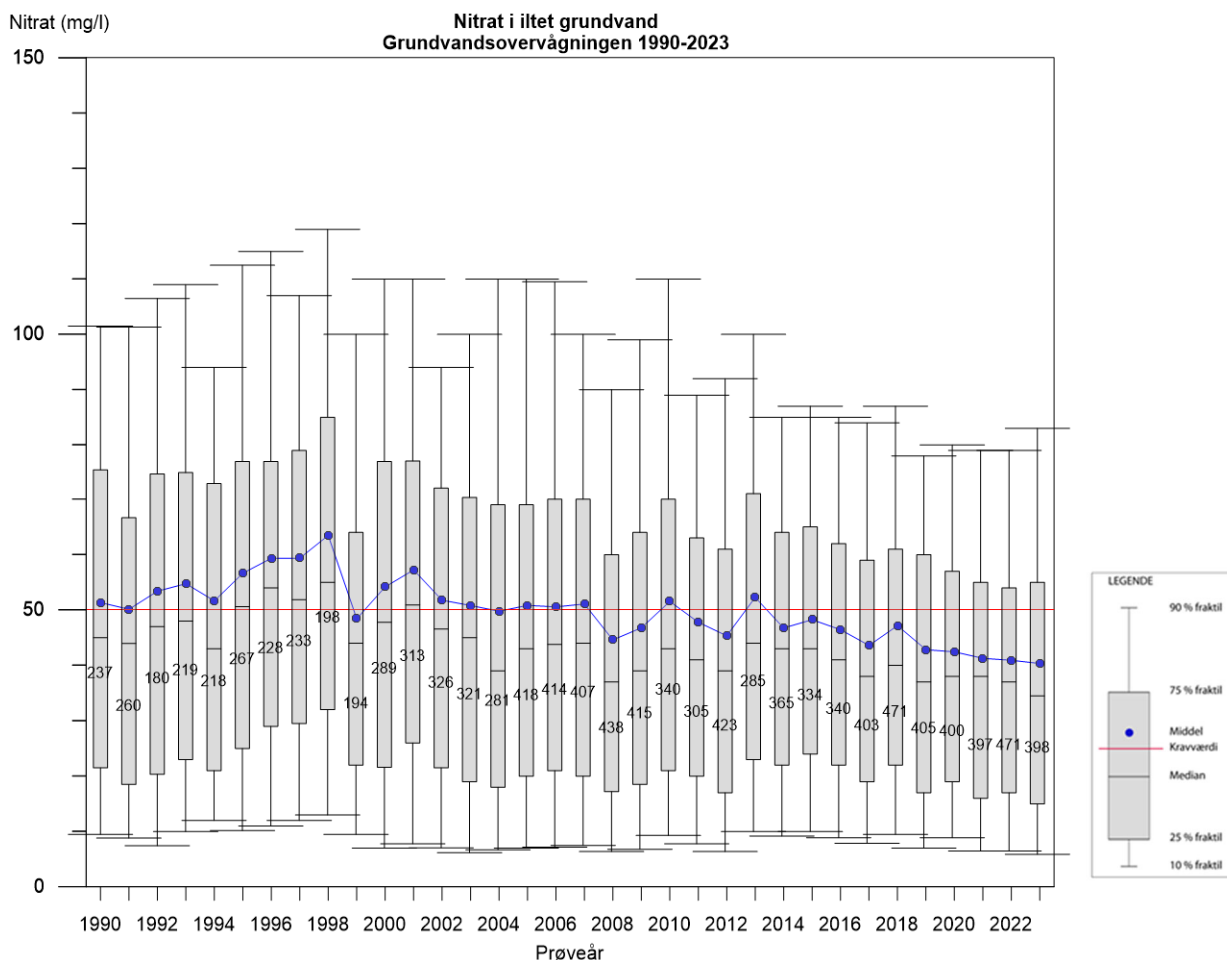
Figur 26 viser den geografiske fordeling af nitratinholdet for GRUMO-indtag i hhv. 2023 og 2019-2023. Det ses, at nitrat optræder i koncentrationer over kvalitetskravet i det meste af landet.



Figur 26. GRUMO. Gennemsnitligt nitratinhold i grundvandet i GRUMO-indtag 2023 (øverst) og 2019-2023 (nederst). Nitratinholdet i de hhv. 1.035 og 1.231 indtag er opdelt på fire koncentrationsklasser. De højeste koncentrationer er afbildet øverst.

Figur 27 viser udviklingen i fordelingen af det iltholdige grundvands nitratindhold i GRUMO-indtag fra prøvetagningsårene 1990-2023. Indtag med iltholdigt grundvand er identificeret ved hjælp af algoritmen i bilag 2 (se også Appendiks 3, Figur 88). Figuren er baseret på det gennemsnitlige årlige nitratindhold pr. indtag. Omkring 38 % (398 indtag) af de prøvetagede GRUMO-indtag i 2023 indeholdt iltholdigt grundvand, mens ca. 49 % (509 indtag) af GRUMO-indtagene indeholdt nitrat. Det iltholdige grundvands nitratindhold er vist som boksdiagrammer for hvert prøvetagningsår, hvor 10 %, 25 %, 50 % (median), 75 % og 90 % fraktile samt gennemsnitsværdi og kvalitetskrav er vist.

Figur 27 udtrykker nitratindholdet i grundvandet på prøvetagningstidspunktet og afspejler ikke en egentlig tidlig udvikling af nitratudvaskningen. Det skyldes, at alderen for det iltede grundvand varierer fra få år og op til 50 år, hvilket datering af grundvandet har vist, se Appendiks 3.2.



Figur 27. GRUMO. Tidsserie for nitratindholdet i iltholdigt grundvand i GRUMO-indtag vist som boksdiagrammer for hvert prøvetagningsår i perioden 1990-2023. Figuren er baseret på det gennemsnitlige nitratindhold pr. indtag pr. år. Antal af prøvetagede indtag med iltholdigt grundvand er angivet for hvert år.

Nitratindholdet i det iltholdige grundvand udviser alle år en stor spredning. Medianværdien ligger igennem hele overvågningsperioden noget under gennemsnitsværdien, hvilket indikerer, at der forekommer enkelte meget høje nitratværdier. De højeste median- og gennemsnitsværdier ses i prøver fra 1996-1998. De sidste 10 år har gennemsnitsværdien af nitratkoncentrationerne i iltholdigt grundvand ligget under kvalitetskravet på 50 mg/l, og der er en tendens til faldende koncentrationer for stort set alle fraktile. I 2023 ligger de gennemsnitsværdi af nitrat i det iltholdige grundvand på ca. 40 mg/l og median-værdien på ca. 35 mg/l, mens ca. 29 % (117 ud af 398 af indtagene) af nitratkoncentrationerne var højere end kravværdien på 50 mg/l.

## Evaluering af grundvandets respons på kvælstofregulering i landbruget

Nitratinholdet i GRUMO-indtag med iltholdigt grundvand og samhørende værdier for grundvandets dannelsesår anvendes til at evaluere nitratinholdet i grundvandets respons på kvælstofreguleringen i landbruget. Datering af nitratholdigt grundvand bruges til at estimere grundvandets dannelsesår, og dermed nitrats transporttid fra rodzonen til indtaget i grundvandet, hvor prøven udtages. Dermed kan det estimerede tidspunkt for udvaskning af kvælstof fra landbruget direkte relateres til de målte nitratkoncentrationer i iltet grundvand. Dette muliggør evaluering af effekten af indsatser i de danske vandmiljø-handlingsplaner for nedbringelse af nitratudvaskningen. Reelt er det, som man måler, transporttiden fra grundvandsspejlet og frem til indtaget, idet transporttiden gennem den umættede zone negligeres. Dateringsmetoderne er beskrevet i Appendiks 3.2. Der er for rapporteringen i 2024 gennemført analyser af udviklingen i nitratinholdet i grundvandet med data fra 1990-2023.

Figur 28 viser det 5-års glidende gennemsnit for nitratinholdet i iltet grundvand baseret på 8.767 prøver fra 439 GRUMO-indtag med mindst 8-års tidsserier. Disse indtag er dateret med CFC-metoden i perioden fra 1997-2006 og/eller med  $^3\text{H}/^3\text{He}$ - (tritium-helium) metoden i perioden fra 2013-2023. Dateringerne anvendes i en prioriteret rækkefølge til beregning af dannelsesåret for grundvand. Hvis et indtag er dateret med begge metoder, anvendes  $^3\text{H}/^3\text{He}$ -alderen, når denne er mindre end 15 år og prøvetagningsåret for CFC-dateringen ligger efter 2013, da  $^3\text{H}/^3\text{He}$ -metoden vurderes til at have størst sikkerhed. Det skyldes, at CFC-metoden ikke længere er anvendelig til datering af det yngste grundvand, da koncentrationerne i atmosfæren af CFC-gasser er faldet efter det globale forbud i Montreal Protokollen. Hvis der findes flere dateringer fra samme indtag, anvendes et gennemsnit baseret på begge metoder. Indtag med flere dateringer, der samtidigt har vekslende redoxforhold, indgår ikke i analysen.

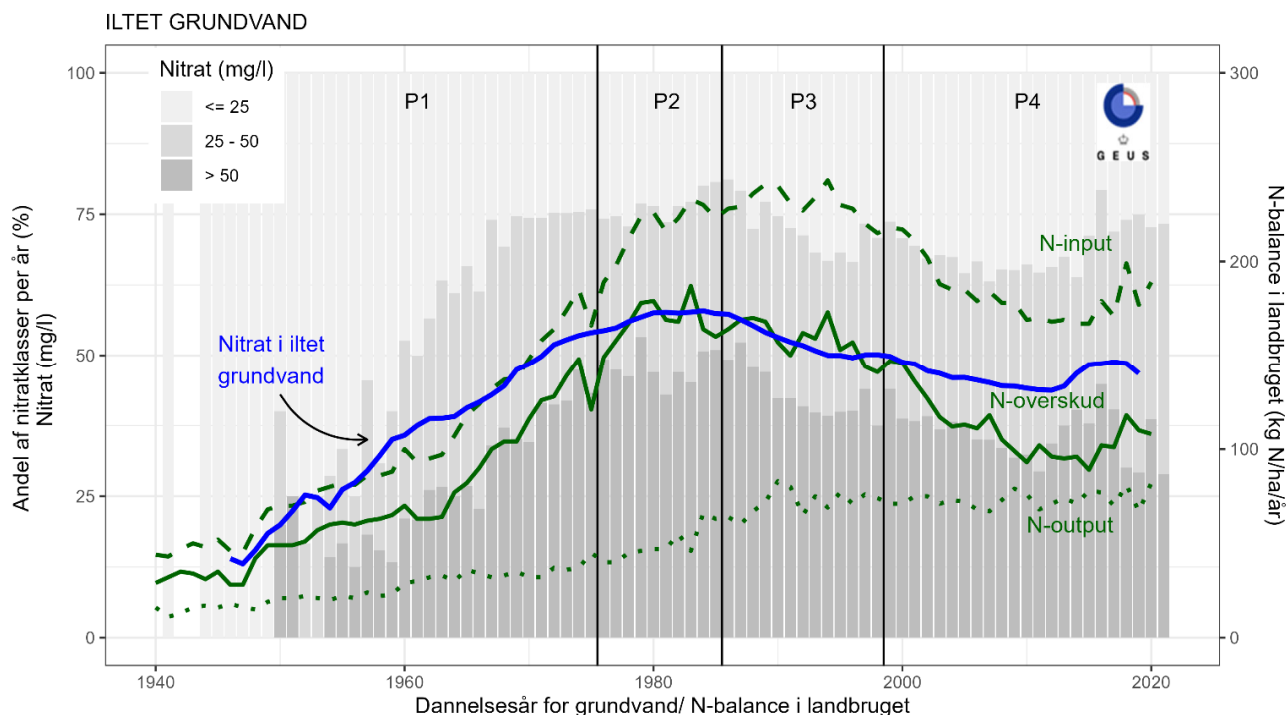
Figur 28 viser det 5-års glidende gennemsnit af nitratkoncentrationerne i iltholdigt grundvand inddelt i fire perioder som i tidligere analyser (Thorling mfl., 2016; Hansen & Larsen, 2016 og Hansen mfl., 2017): 1. periode 1940-1975, 2. periode 1976-1985, 3. periode 1986-1998 og 4. periode 1999-2021. Perioderne er fastlagt på baggrund af den overordnede udvikling i nitratinholdet i iltet grundvand og tidspunktet for igangsættelse af en række af vandmiljøhandlingsplaner. I 1. periode er nitratinholdet kraftig stigende og i 2. periode nås et maksimum omkring det tidligere fundne knæpunkt i 1983 (Thorling mfl., 2010a; Hansen mfl., 2011; Hansen mfl., 2012). I 3. periode blev NPo (1985), VMP I (1987) og Handlingsplan for bæredygtigt landbrug (1991) igangsat, mens VMP II (1998), Ammoniak-handlingsplanen (2001), VMP III (2004), Grøn vækst (2009), Vandplan I (2014), Fødevarer- og Landbrugspakken (2015), Vandplan II (2016) er initialiseret i 4. periode. Vandplan III (2023) ligger efter periode 4 og kan ikke vurderes med dette datasæt.

Figur 28 viser også N-overskuddet i dansk landbrug beregnet på baggrund af data fra Danmarks Statistik fra den primære danske landbrugssektor (personlig meddelelse: Tommy Dalgaard, Institut for Agrøkologi, AU). N-overskuddet er her defineret som forskellen mellem kvælstofimport til Danmark (handelsgødning, foder til dyr, organiske restprodukter, atmosfærisk deposition og fiksering) og kvælstofeksport (vegetabiliske og animalske produkter). N-overskuddet er den mængde kvælstof, der ikke udnyttes i landbrugsproduktionen, og som dermed potentielt kan tabes til miljøet fx i form af nitratudvaskning til grundvandet. Det ses bl.a., at kvælstofoverskuddet har været stigende fra 1940'erne og frem til ca. 1983.

Der ses en tydelig sammenhæng mellem den årlige udvikling i N-overskuddet og nitrat i iltet grundvand på det overordnede nationale niveau, hvor data fra hele landet indgår, som også vist i Hansen og Larsen (2016) og Hansen mfl. (2017). Der ses en tendens til stagnation i N-overskuddet i perioden 2012-2015 på ca. 90-96 kg N/ha/år nogenlunde samtidig med stagnationen i nitratinholdet i iltet grundvand i perioden 2009-2013 på ca. 45-46 mg/l. Tendensen til stagnationen i nitratinholdet i iltet grundvand er derfor en anelse tidligere end N-overskuddet, hvilket kan skyldes 1) usikkerhed i dateringen af det meget unge grundvand, 2) usikkerhed i beregningen af det årlige kvælstofoverskud og 3) sammenligningen af årlige kvælstofoverskud med et 5-års glidende middelindhold af nitrat i iltet grundvand.

I den sidste del af periode 4 ses en tendens til en stigning i både nitratinholdet i iltet grundvand og N-overskuddet i landbruget efter indførelse af Fødevarer- og Landbrugspakken fra 2016. Den procentuelle stigning i nitratinholdet i iltet grundvand fra 2010-2012 (årlige middel: ca. 44 mg/l) til 2016-2018 (årlige middel: ca. 49 mg/l) ligger på ca. 11 %. Denne observerede stigning er på niveau med den faglige

prognose fra 2016 af nitratpåvirkningen i iltet grundvand ved udfasning af normreduktion for kvælstof som følge af Fødevarer- og Landbrugspakken (Hansen og Larsen, 2016). Ved sammenligning med kvælstofbalancen beregnet på markniveau på baggrund af data fra Landovervågningen (Blicher-Mathiesen, 2024) ses også en tendens til en stigning i perioden 2016-2018 dog efterfulgt af et fald i markoverskuddet af kvælstof frem til 2023.



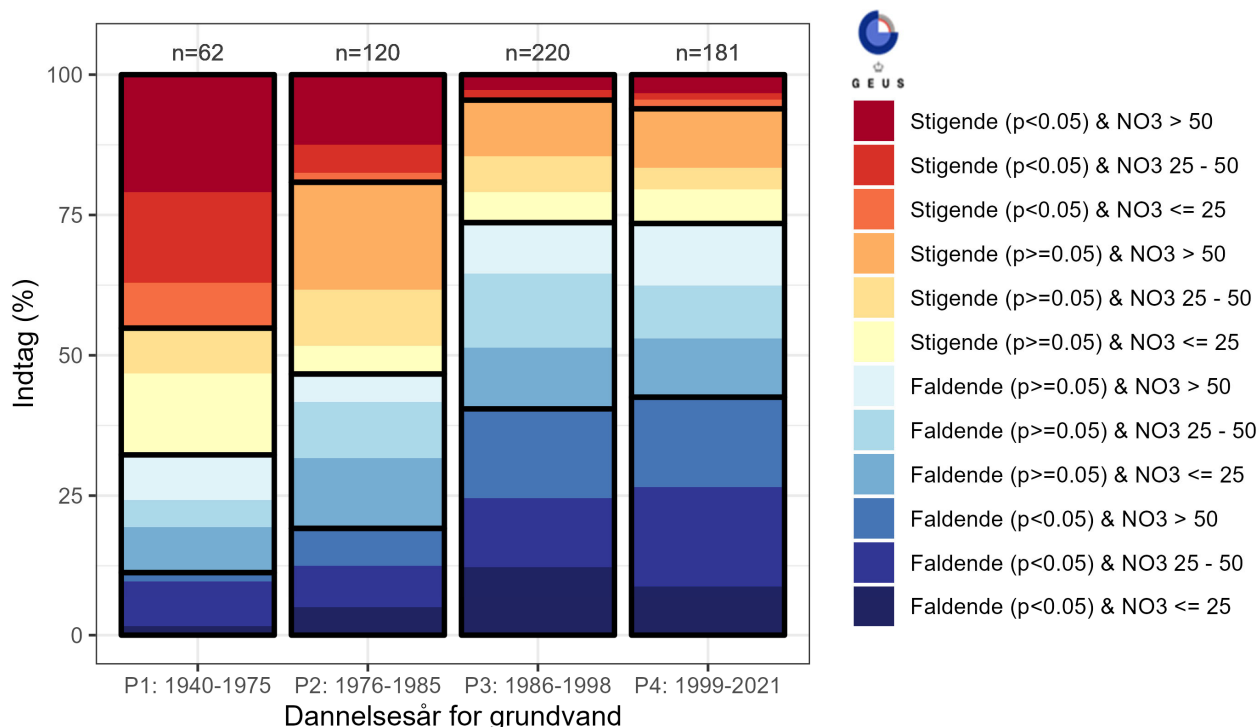
Figur 28. GRUMO. Udviklingen i nitrat i iltet grundvand: 5-års glidende gennemsnit af nitratkoncentrationen i iltet grundvand (blå linje). Andel af prøver i tre nitratklasser (>50 mg/l, 25-50 mg/l og 1-25 mg/l) som funktion af grundvandets dannelsesår. Figuren er baseret på 8.767 prøver fra 439 iltede, daterede indtag udtaget i perioden 1990-2023. Lodrette mørke linjer markerer inddelingen i de fire perioder nævnt i teksten. De årlige kvælstofbalancer (N-input, N-output og N-overskud) for landbruget er beregnet for den primære danske landbrugssektor (personlig meddelelse: Tommy Dalgaard, Institut for Agroøkologi, AU).

Udviklingen i nitratkoncentrationen i de individuelle GRUMO-indtag med iltet grundvand er undersøgt med en lineær regressionsanalyse af nitratindtidsrækker fra de enkelte indtag. Analysen inkluderer i alt 6.511 prøver fra 373 indtag, hvor tidsrækkerne dækker mindst otte år i de enkelte delperioder. I alt 583 tidsrækker indgår i de fire delperioder i Figur 29 (1940-75, 1976-85, 1986-1998 og 1999-2021), hvilket betyder, at nogle af de 373 indtag går igen i flere delperioder. Antal indtag i hver periode er ikke ens og varierer fra 62 til 220 indtag.

En nitratrend tolkes som stigende, hvis hældningskoefficienten af regressionslinjen gennem målepunkterne er positiv, og faldende, hvis den er negativ. Figur 29 viser det akkumulerede resultat af de 373 beregnede nitratrends fordelt på de fire perioder med både signifikante og ikke-signifikante trends ved et 95 % konfidensniveau. Desuden er koncentrationsfordelingen vist indenfor hver af de fire typer nitratrends.

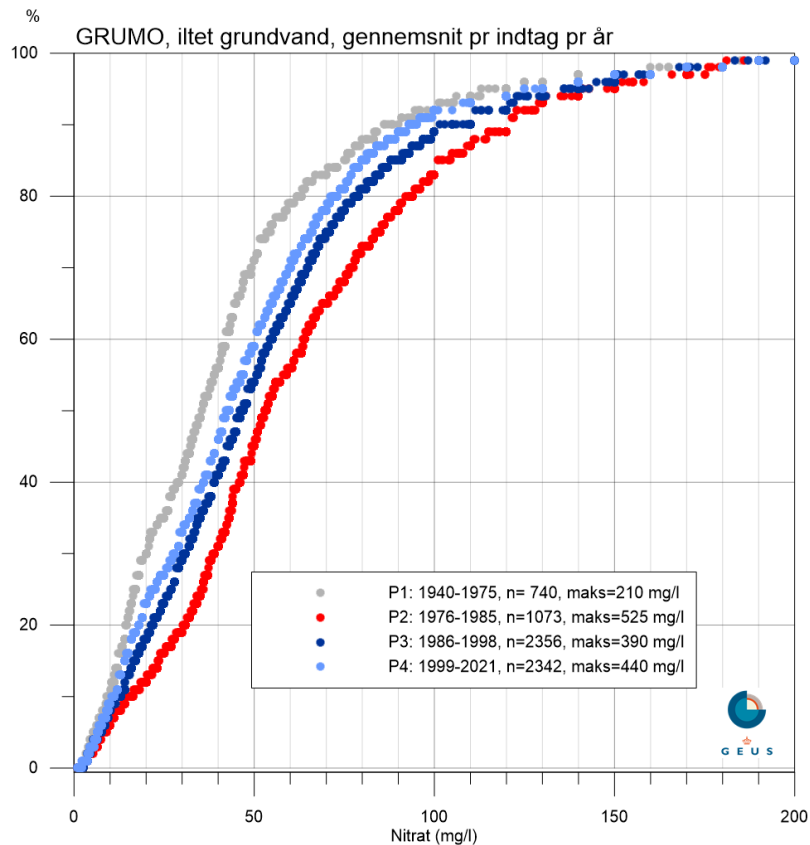
Figur 29 viser et tydeligt skift fra overvejende stigende til overvejende faldende nitratkoncentrationer fra 1. og 2. periode til 3. og 4. periode, både når kun udviklingen i de signifikante trends betragtes, og når både signifikante og ikke-signifikante trends på 95 % niveau undersøges. Figur 29 viser også, at der ikke er nogen væsentlig forskel på udviklingstendensen i nitratindholdet i iltet grundvand fra 3. periode (1986-1998) til 4. periode (1999-2021).

De seneste analyser i 4. periode (1999-2021) viser, at ca. 33 % (60 ud af 181) af indtagene har koncentrationer over 50 mg/l, hvor signifikant stigende nitratrends udgør 10 % (6 ud af 60) og ikke-signifikante nitratrends udgør 63 % (38 ud af 60) og signifikant faldende nitratrends udgør ca. 27 % (16 ud af 60).



Figur 29. GRUMO. Andel af nitratrends og seneste koncentrationsinterval for nitrat i iltet grundvand i fire perioder baseret på grundvandets dannelsesår. Analysen inkluderer i alt 6.511 nitratkoncentrationer (årlige gennemsnit) fra 373 indtag, hvor tidsserierne dækker mindst 8 år. Tallene (n) over søjlerne angiver antallet af indtag i hver periode. Der er vist både signifikante og ikke-signifikante nitratrends på 95 % konfidensniveau. Figuren er baseret på data indsamlet fra 1990-2023.

Figur 30 viser fordelingen af det gennemsnitlige årlige nitratindhold i iltet grundvand per indtag i hver af de fire perioder. En parvis statistisk analyse (Wilcoxon rank sum i R) viser, at populationen af data i hver af de fire perioder er statistisk forskellige ( $p < 0,00001$ ). Det ses, at fordelingen af nitratkoncentrationer i iltet grundvand lå lavest (28 % > 50 mg/l) i 1. periode (P1, 1940-1975) og var på det højeste (54% > 50 mg/l) i 2. periode (P2, 1976-1985). I 3. periode (P3, 1986-1998) er koncentrationerne faldet betydeligt (45 % > 50 mg/l) og i 4. periode (P4, 1999-2021) er der sket et yderligere fald i nitratkoncentrationerne (39 % > 50 mg/l).



Figur 30. GRUMO. Koncentrationsfordelingen i iltet grundvand i de fire perioder vist i Figur 29. Analysen inkluderer i alt 6.511 nitratkoncentrationer (årlige gennemsnit) fra 373 indtag og er baseret på data indsamlet fra 1990-2023.

### 4.3 Landovervågningen

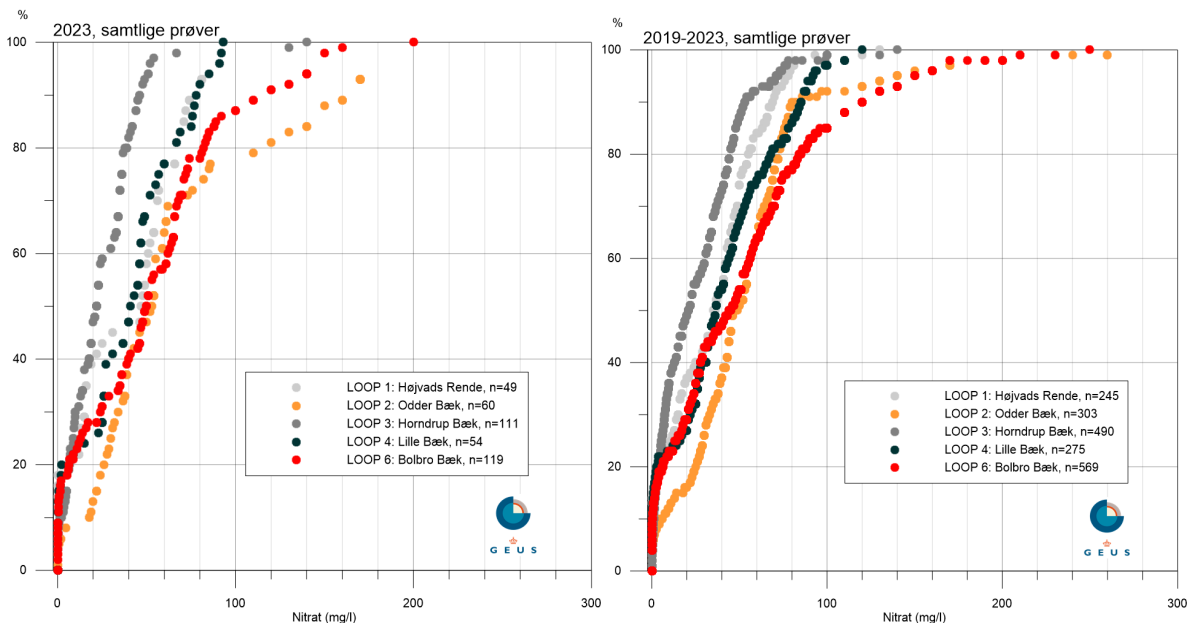
#### Status for nitrat

Figur 31 viser fordelingen af nitratkoncentrationen i samtlige prøver i 2023 og i perioden 2019-2023 i hvert af de fem målte LOOP-områder afbildet i et fraktildiagram, mens koncentrationsfordelingen for det gennemsnitlige nitratindhold på indtagsniveau for LOOP samlet set er vist i Figur 24.

Generelt ses en større andel af meget høje koncentrationer i sandjordsområderne (rødlige signaturer, LOOP 2 og 6) end i lerjordsområderne (grålige signaturer, LOOP 1, 3 og 4). Der er mindre variationer i fordelingen i 2023 fra det generelle billede i 2019-2023 som fx højere koncentrationer i LOOP 2 i Himmerland i 2023.

De højeste koncentrationer af nitrat er målt i LOOP 6 med koncentrationer på op til 200 mg/l og LOOP 2 med koncentrationer op til 170 mg/l i 2023. De høje koncentrationer skyldes dels, at nitratudvaskningen ofte er højere på sandjordene end på lerjordene på grund af forskelle i dyrkningspraksis, flere husdyr og en højere kvælstoftilførsel (Blicher-Mathiesen mfl., 2024), men også at flest indtag på lerjordene er placeret i anoxisk nitratreducerende eller reduceret grundvand.

Figur 32 viser den dybdemæssige fordeling af det gennemsnitlige nitratindhold i LOOP-områderne fra 2019-2023. Antallet af prøver, som ligger til grund for de beregnede gennemsnitlige nitratkoncentrationer varierer meget: fra 2 prøver (LOOP 2: indtagstop 1,2 m u.t.) til 313 prøver (LOOP 3: indtagstop 3 m u.t.). Der er i alle dybder fundet en forholdsvis stor spredning omkring den gennemsnitlige nitratkoncentration, og standardafvigelsen er op til 55 mg/l (LOOP 6: indtagstop 1,2 m u.t.).



Figur 31. LOOP. Koncentrationsfordelingen for nitrat i samtlige prøver fra 2023 (til venstre) og i perioden 2019-23 (til højre) i de 5 målte LOOP-områder afbildet i et fraktildiagram. Grålige signaturer viser lerjordsområder: LOOP 1, 3 og 4, mens rødlige signaturer viser sandjordsområder: LOOP 2 og 6.

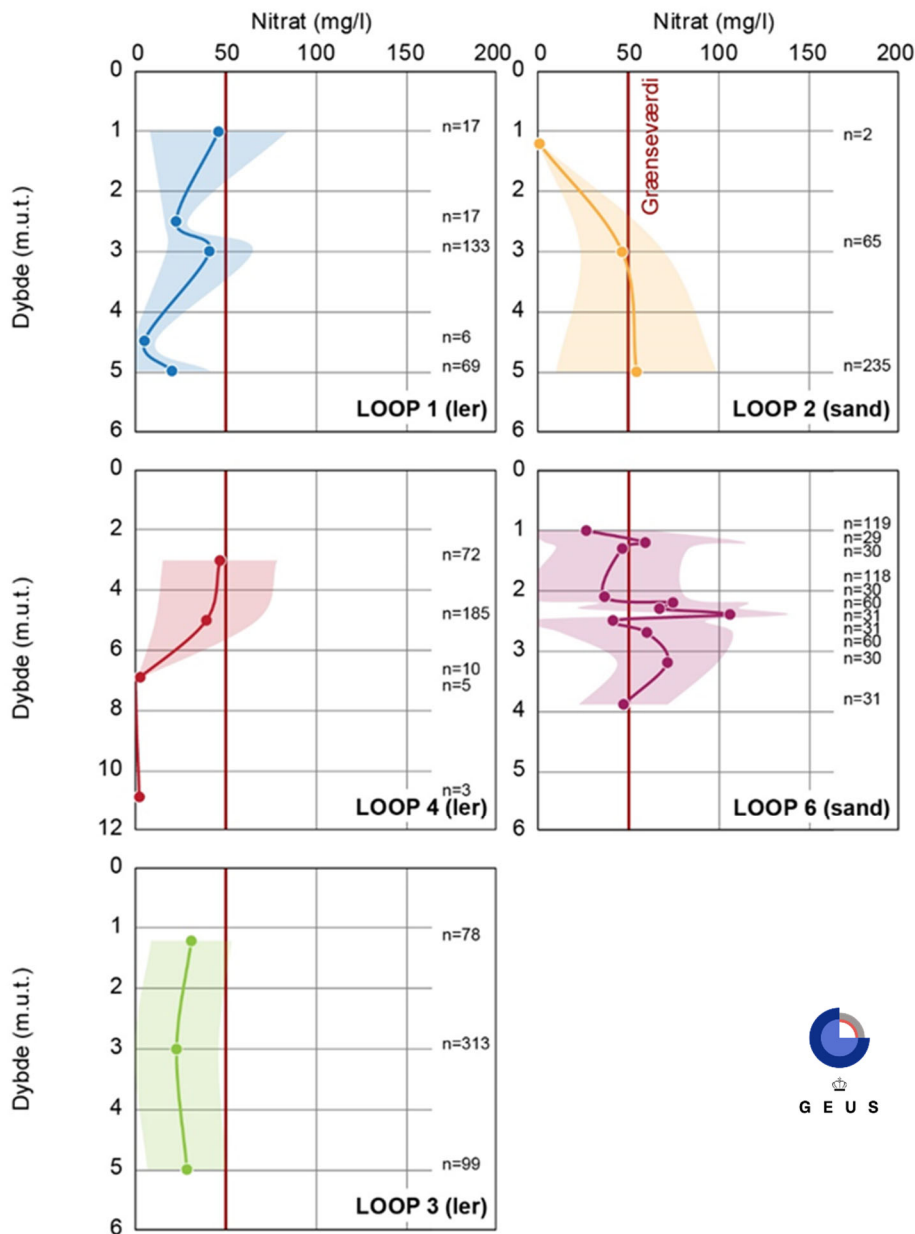
Figur 32 viser, i overensstemmelse med Figur 31, at nitratkoncentrationerne i sandjordsområderne er væsentligt højere end i lerjordsområderne i perioden 2019-2023. I to af lerjordsområderne (LOOP 1 og 4) aftager nitratindholdet med dybden, hvilket må tilskrives nitratreduktion, idet nitratfronten ligger forholdsvis tæt på terræn. I LOOP 4 (på Fyn) er der målinger til ca. 11 m u.t. Her viser resultaterne, at nitratfronten ligger mellem 5 og 7 m u.t., da grundvandet er nitratfrit fra 7 m u.t. I LOOP 2 og 6 (sandjord) og LOOP 1 (lerjord) er der stor dybdevariation i nitratindholdet. Dette er særlig udtalt på sandjordene og skyldes sandsynligvis lokale komplekse hydrogeologiske forhold med variationer i nitratreduktionen og horisontal strømning af nitratrigt grundvand fra tilstødende marker i dybere jordlag.

Figur 33 viser udviklingen i det gennemsnitlige nitratindhold pr. indtag i det iltholdige grundvand for LOOP-områder med sand (LOOP 2 og 6) og ler (LOOP 1, 3 og 4) i forhold til prøvetagningsåret. I andre sammenhænge rapporteres på basis af hydrologiske år (Blicher-Mathiesen mfl., 2024).

I 2023 indgik i alt 19 LOOP-indtag med iltholdigt grundvand på sand (LOOP 2: 7 indtag og LOOP 6: 12 indtag) og i alt 23 LOOP-indtag med iltholdigt grundvand på ler (LOOP 1: 2 indtag, LOOP 3: 16 indtag og LOOP 4: 5 indtag), hvor data er anvendt til analyse af udviklingen vist i Figur 33. De iltede indtag prøvetages om muligt seks gange om året, som tidligere beskrevet.

Figur 33 viser, at der er stor spredning i nitratindholdet mellem indtagene, når det illustreres som fordelingen af de årlige gennemsnit på indtagsniveau. Generelt er der et højere nitratindhold i grundvandet i sandjordsområderne end i lerjordsområderne, som det også fremgår af Figur 31 og Figur 32.

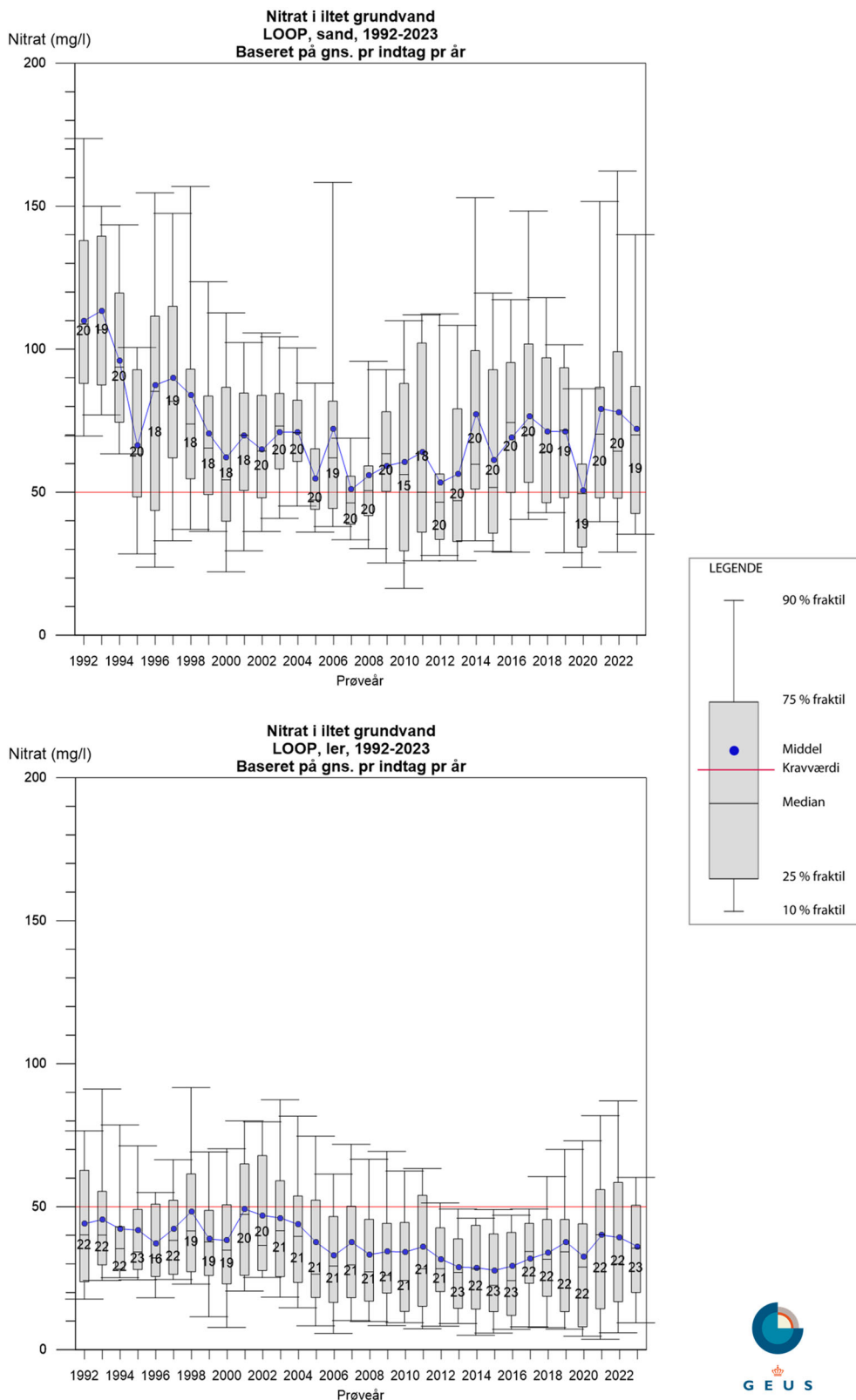
I 2023 ligger det gennemsnitlige nitratindhold over 50 mg/l i det iltholdige øvre grundvand i LOOP på sand- og lerjordsområderne i hhv. ca. 74 % (14 ud af 19) og ca. 26 % (6 ud af 23) af indtagene.



Figur 32. LOOP. Gennemsnitlig nitratkoncentration i grundvand i LOOP-indtag opgjort på filterdybder (indtagets top) i m u.t. for lerjords- og sandjordsoplandene i perioden 2019-2023. Gennemsnittet er baseret på alle målinger i det angivne dybdeniveau. Spredningen (standardafvigelsen) omkring gennemsnittet er angivet med det farvede område. Antallet af målinger (n) er vist for hver dybde.

På sandjords- og lerjordsoplandene observeres det største fald i nitratkoncentrationerne i første halvdel af overvågningsperioden frem til hhv. år 2000 og 2006. I hele perioden 1992-2023 ligger den årlige gennemsnitsskoncentration af nitrat for alle iltede indtag på sandjordene over kvalitetskravet, mens den årlige gennemsnitsskoncentration på lerjordene ligger under kvalitetskravet. I 2023 ligger det gennemsnitlige nitratindhold på 72 mg/l og 36 mg/l i hhv. sand- og lerjordsoplandene. Der ses en tendens til stigning i nitratkoncentrationer i det overfladenære iltede grundvand efter ca. 2015 i lerjordsoplandene og siden omkring 2007 i sandjordsoplandene. Der arbejdes på at vurdere, om der er tale om statistisk signifikante stigninger i nitratkoncentrationerne i grundvandet gennem de seneste år og om der er sammenhæng til udvaskningen af nitrat fra rodzonen. Dette arbejde udføres i samarbejde med DCE.



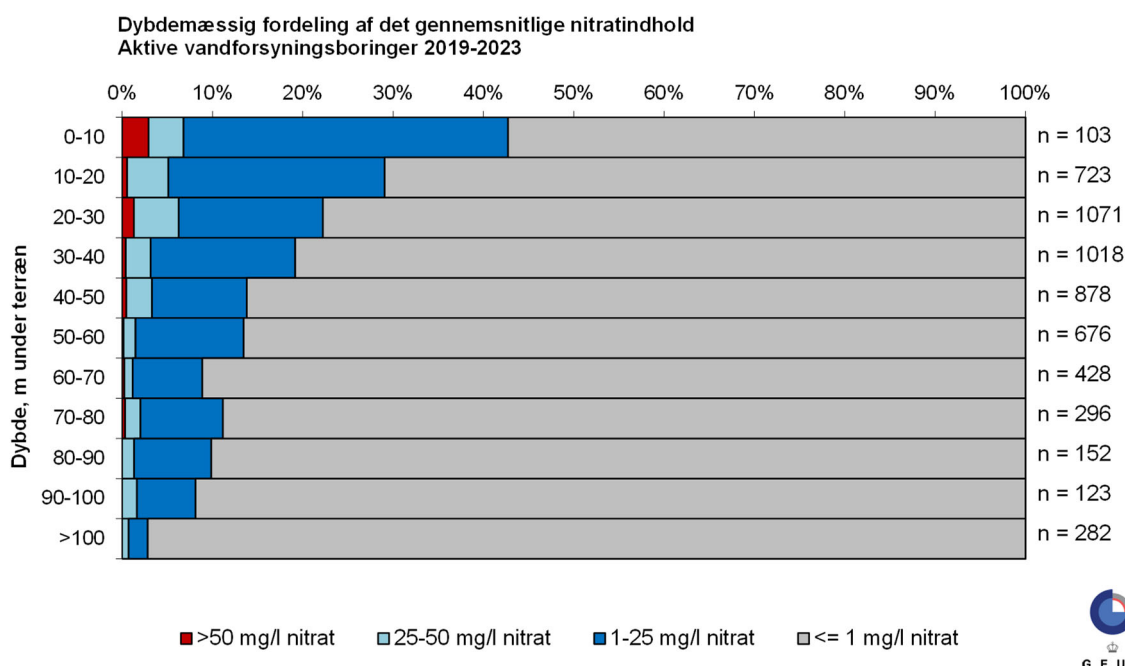


Figur 33. LOOP. Udviklingen i det iltede grundvands nitratindhold i LOOP-område opdelt på sandjord (øverste, LOOP 2 og 6) og lerjord (nederste, LOOP 1, 3 og 4) vist som boksdiagrammer for hvert prøvetagningsår i perioden 1992-2023, baseret på det gennemsnitlige nitratindhold pr. indtag. Antallet af indtag er angivet for hvert år.

## 4.4 Vandforsyningsboringer

### Status for nitrat

Figur 34 viser dybdefordelingen af det gennemsnitlige nitratindhold i vandforsyningsboringer i perioden 2019-2023. I figuren indgår data fra 5.750 vandforsyningsboringer, trods det at nitratindholdet er målt i 6.111 vandforsyningsboringer i perioden 2019-2023. Det skyldes, at der mangler dybdeoplysninger fra 361 vandforsyningsboringer især fra kalkboringer, der er blevet prøvetaget for nitrat i perioden 2019-2023. I figuren kan der indgå data fra vandforsyningsboringer, som er sat ud af drift, men som stadig overvåges, og derfor optræder som vandforsyningsboringer i Jupiter. Generelt er der betydeligt lavere koncentrationer af nitrat i vandforsyningsboringerne end i GRUMO- og LOOP-indtagene. Dette kan forklares med, at vandforsyningerne prøver at undgå indvinding fra den del af grundvandet, der overskrider kvalitetskravet på 50 mg/l (Schullehner & Hansen, 2014 og DANVA, 2018).



Figur 34. Vandforsyning. Dybdemæssig fordeling af det gennemsnitlige nitratindhold i 2019-2023 i forhold til top af indtag i m u.t. i 5.750 vandforsyningsboringer med kendt dybde til overkant af indtag, opdelt i fire koncentrationsklasser. Antal indtag i hvert dybdeinterval er anført til højre for figuren.

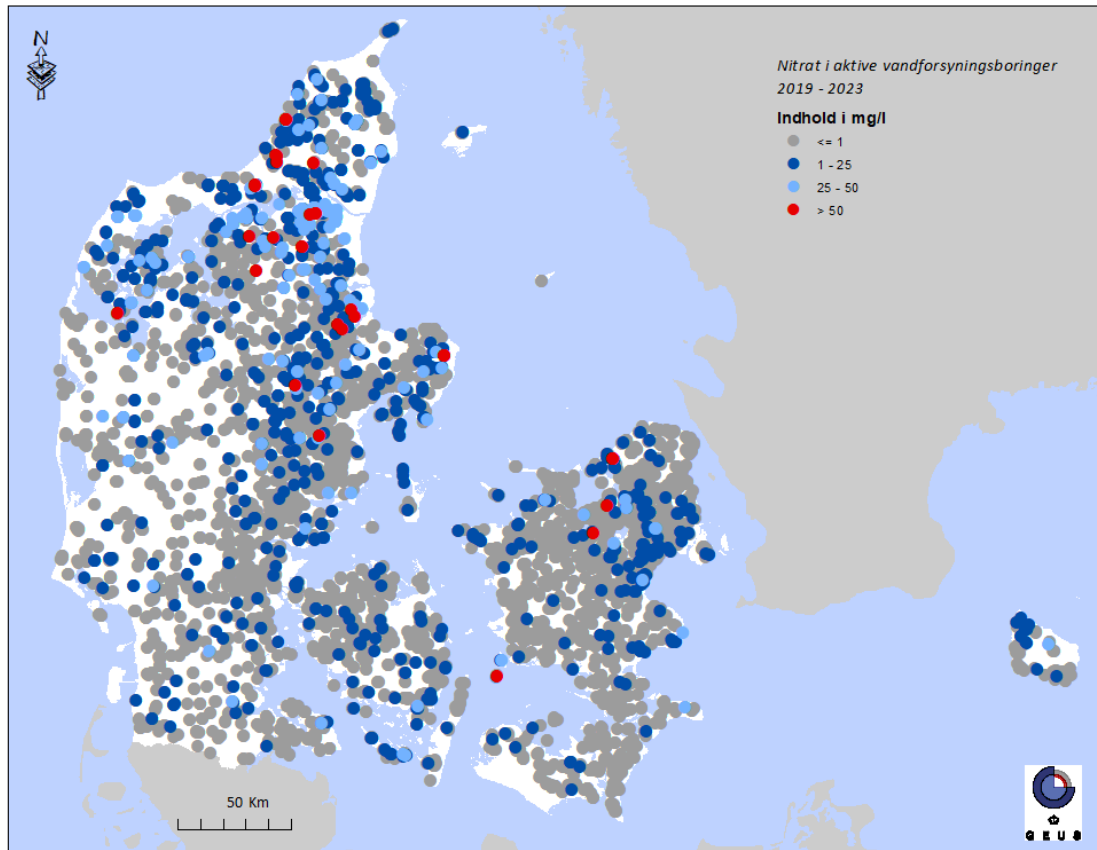
I intervallet 0-10 m u.t. er der påvist nitrat i omkring 43 % af indtagene. Her er koncentrationen af nitrat i grundvandet over 50 mg/l i omkring 3 % af indtagene og over 25 mg/l i omkring 7 % af indtagene. Der er i perioden 2019-2023 fundet nitrat med koncentrationer over 50 mg/l ned til 70-80 m u.t.

Der ses et gradvist fald med dybden i den nitratholdige andel af grundvandet. Nitrat er i få tilfælde fundet i koncentrationer over 25 mg/l i de dybeste vandforsyningsboringer med top af indtag i en dybde af mere end 100 m u.t. Forklaringen på den større hyppighed af fund af nitrat i dybe indtag i vandforsyningsboringerne, sammenlignet med GRUMO-indtagene, kan være, at indvindingen lokalt trækker nitrat dybt ned i grundvandsmagasinerne. Det kan også forklares ved, at der er flere data i de dybere dele af grundvandet for vandforsyningsboringerne end for GRUMO-indtag, se Figur 80, Appendiks 2.

Figur 35 viser den geografiske fordeling af nitratindholdet i 6.111 vandforsyningsboringer i 5-årsperioden 2019-2023. 34 boringer havde et gennemsnitligt nitratindhold over kvalitetskravet for grundvand og drikkevand i denne periode.

Nitrat i grundvandet i vandforsyningsboringer optræder særligt i Nordjylland, Thy, Himmerland og på Djursland. Dette hænger sammen med, at den naturlige geologiske beskyttelse af

grundvandsmagasinerne i disse områder er ringe på grund af tynde lerdæklag og højtliggende kalk med en relativ lav omsætningsrate af nitrat. Mulighederne for at finde nitratfrit grundvand til vandindvinding er samtidig ringere i disse områder end i resten af landet, da dybere grundvand i disse områder ofte har andre vandkvalitetsproblemer såsom forhøjede saltkoncentrationer.



Figur 35. Vandforsyning. Nitratindholdet i grundvandet i 6.111 vandforsyningsboringer fordelt på fire koncentrationsklasser. Kortet er baseret på gennemsnit pr. indtag i perioden 2019-2023. Der kan indgå boringer, som ikke længere anvendes til drikkevandsforsyning. De højeste koncentrationer er afbildet øverst.

## Referencer: Nitrat

Blicher-Mathiesen, G., Thorsen, M., Wienke, J., Petersen, Andersen, H.E., Frederiksen, R.R., J., Larsen, S.E., Jensen, P.G., Hansen, B. & Thorling, L. 2024. Landovervågningsoplande 2023. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt center for Miljø og Energi, 173 s. - Videnskabelig rapport nr. xxx, 2004.

DANVA, 2018. Personlig kommunikation, Seniorkonsulent Claus Vangsgård.

Hansen, B., Thorling, L., Dalgaard, T. & Erlandsen, M., 2011: Trend Reversal of Nitrate in Danish Groundwater – a Reflection of Agricultural Practices and Nitrogen Surpluses since 1950. Environmental Science and Technology, vol. 45 no. 1 pp 228-234.

Hansen, B., Dalgaard, T., Thorling, L., Sørensen, B. & Erlandsen, M., 2012: Regional analysis of groundwater nitrate concentrations and trends in Denmark in regard to agricultural influence. Biogeosciences Vol. 9, 5321-5346, 2012.

Hansen, B & Larsen, F., 2016: Faglig vurdering af nitratpåvirkningen i iltet grundvand ved udfasning af normreduktionen for kvælstof i 2016 -18. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2016/04.

Hansen, B., Thorling, L., Schullehner, J., Termansen, M. & Dalgaard, T., 2017: Groundwater nitrate response to sustainable nitrogen management. Scientific Reports, 7, 8566. DOI: 10.1038/s41598-017-07147-2.

Schullehner, J. & Hansen, B. (2014): Nitrate exposure from drinking water in Denmark over the last 35 years. Environmental Research Letters 9 095001 doi:10.1088/1748-9326/9/9/095001

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brusch, W., Møller, R.R., Iversen, C.H. og Højberg, A.L., 2010a: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2008. Teknisk rapport, GEUS 2010. <https://www.geus.dk/Media/B/4/g-o-2008.pdf> (2-12-2024)

Thorling, L., Hansen, B., Johnsen, A.R., Larsen, C.L., Larsen, F., B., Mielby, S., og Trolborg, L. 2016: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2015. Teknisk rapport, GEUS 2015. <https://www.geus.dk/Media/8/B/g-o-2015.pdf> (2-12-2024)

Thorling, L., Ditlefsen, C., Ernstsen, V., Hansen, B., Johnsen, A.R., og Trolborg, L. 2020: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2018. Teknisk rapport, <https://www.geus.dk/media/8321/grundvand1989-2018-rettet.pdf> GEUS 2020. (2-12-2024)

Thorling, L., Albers, C.N., Ditlefsen, C. Hansen, B., Johnsen, A.R., Mortensen, M.H. & Trolborg, L., 2021b: Grundvand. Status og udvikling 1989–2020. Teknisk rapport, GEUS 2021. [https://www.geus.dk/Media/637753300019725848/Grundvand%201989-2020\\_a.pdf](https://www.geus.dk/Media/637753300019725848/Grundvand%201989-2020_a.pdf) (2-12-2024)

## Links:

Grundvandsovervågningens hjemmeside: <http://www.geus.dk/vandressourcer/overvaagningsprogrammer/grundvandsovervaagning> (2-12-2024)

NOVANA hjemmeside: <https://mst.dk/erhverv/rig-natur/naturen-i-danmark/novana-overvaagning-af-natur-og-vandmiljoe> (2-12-2024)

## 5 Pesticider og deres nedbrydningsprodukter

### Indledning

Pesticidkapitlet er opdelt i tre hovedafsnit. Første hovedafsnit omhandler resultater fra grundvandsovervågningen (GRUMO). Andet hovedafsnit omhandler resultater fra de almene vandforsyningers lovpligtige overvågning af vandforsyningsboringer jf. Drikkevandsbekendtgørelsens bilag 2, se kapitel 2. I tredje hovedafsnit sammenlignes resultaterne fra de to programmer og de stofgrupper, der hyppigst findes i grundvandet, diskuteres.

Tabel 8 viser de aktivstoffer og nedbrydningsprodukter, der var programlagt i grundvandsovervågningen og drikkevandsbekendtgørelsen i 2023. Stoffer, der er tilføjet i 2023, er mærket med 'nyt'. Stoffer, der udgik af drikkevandsbekendtgørelsens bilag 2 i løbet af 2023, er mærket med "udgået". I grundvand kan pesticidstoffer stamme fra erhvervsmæssig brug af sprøjtemidler og bejdsemidler i skovbrug og jordbrug, fra virksomheders og privates anvendelse i haver og anlæg og fra anvendelse på befæstede arealer. Dertil kommer udvaskning fra spild og punktkilder, fx vaskepladser. Pesticidstofferne dækker også stoffer med biocidanvendelse og deres nedbrydningsprodukter, jf. grundvandsdirektivets bilag 1, se også kapitel 2 og Appendiks 1. Pesticidstoffer i grundvandet kan derfor også stamme fra biocidanvendelse i fx byggematerialer, imprægneret træ og facademaling. I praksis er det for nogle stoffer vanskeligt at afgøre, om stoffet bør opfattes som et pesticid/biocid i grundvands-analyser, da stofferne kan have andre kilder end pesticid/biocidanvendelse. I pesticidkapitlet har GEUS derfor medtaget udvalgte biocidstoffer, som har tydeligt miljøfremmede egenskaber (for flere detaljer, se Kapitel 2 og Appendiks 1.1).

Trifluoreddikesyre (TFA) og saccharin kan begge være pesticidnedbrydningsprodukter, men indgår ikke i gruppen af pesticidstoffer. Miljøstyrelsen har, på baggrund af TFA's store geografiske udbredelse i grundvandet i Danmark og internationale erfaringer, vurderet, at biocidanvendelse ikke er hovedkilden til TFA i grundvandet (Miljøstyrelsen, 2021c og d), se også kapitel 6. Saccharin er godkendt som fødevarer- og foderingsrediens. Miljøstyrelsen anser derfor ikke saccharin for en relevant metabolit, og udvaskningen til grundvandet indgår ikke i risikovurderingen ved moderstoffernes godkendelse (Miljøstyrelsen, 2021c).

ETU og 4-nitrophenol er pesticidnedbrydningsprodukter, men de kan også have industrielle kilder. Så vidt vides, har ETU og 4-nitrophenol ikke haft industrielle anvendelser, der indebærer bevidst spredning i det åbne land. Det forventes derfor, at grundvandsprøver udtaget i det åbne land kun i ringe grad vil være påvirket af stoffernes industrielle anvendelse. I analyseprogrammet for organiske mikroforureninger indgår biocidet pentachlorphenol, som for nuværende rapporteres som pesticid, samt biocidet chloroform, der rapporteres som organisk mikroforurening pga. et højt, naturligt baggrundsniveau. Stofferne hexachlorbenzen og pentachlorbenzen rapporteres som pesticidstoffer, men dannes også ved forbrændingsprocesser. Afgrænsningen af organiske mikroforureninger versus biocid-/pesticidstoffer opdateres i Jupiter og grundvandsovervågningen efterhånden som vidensgrundlaget og det administrative grundlag bliver bedre.

Ifølge drikkevandsdirektivets bilag 1B er kvalitetskravet (grænseværdien) for pesticidindholdet i drikkevand 0,10 µg/l for enkeltstoffer af pesticider og nedbrydningsprodukter, mens det for summen af enkeltstoffer i en prøve er 0,50 µg/l. I grundvandsdirektivets bilag 1 er de tilsvarende kvalitetskrav angivet til henholdsvis 0,1 µg/l og 0,5 µg/l. Kvalitetskravene gælder både for anvendelse som pesticid og som biocid. I grundvandsrapporten bruges kvalitetskravenes numeriske værdi og de indberettede pesticidkoncentrationer afrundes derfor ikke inden databearbejdning.

Insekticiderne aldrin, dieldrin, heptachlor og heptachlorepoxyd har i drikkevandsdirektivet skærpede kvalitetskrav på 0,030 µg/l. Disse stoffer er ikke nævnt i grundvandsdirektivet, hvorfor de generelle grundvandskvalitetskrav på henholdsvis 0,1 µg/l for enkeltstoffer og 0,5 µg/l for sum også anvendes for disse stoffer i de generelle pesticidopgørelser. Nogle biocidstoffer har desuden selvstændige kvalitetskrav udover det generelle kvalitetskrav for biocider på 0,1 µg/l, fx grundvandskvalitetskrav for phenoler (methylphenoler og dimethylphenoler) på 0,5 µg/l, (Miljøstyrelsen, 2021a) og drikkevandskrav på 0,01 µg/l for pentachlorphenol, (drikkevandsbekendtgørelsen) og 50 µg/l for formaldehyd (Miljøstyrelsen,

2023a). I tilfælde med dobbelte kvalitetskrav, rapporteres på baggrund af det generelle krav i grundvandsdirektivet på 0,1 µg/l for enkeltstoffer.

Som udgangspunkt indgår alle godkendte prøver fra GRUMO-indtag og vandforsyningsboringer, der er indberettet til Jupiter, i de samlede opgørelser af pesticidbelastningen, herunder også data for pesticider, der ikke har indgået i de obligatoriske analyseprogrammer. Eneste undtagelser er, hvis der tilfældigvis opdages analyseresultater, som er indlysende fejlbehæftede, fx hvis samtlige pesticider i en prøve er indberettet med værdien 0,01 µg/l i stedet for <0,01 µg/l, hvorefter data udgår af rapporteringen. Den indberettede detektionsgrænse fra laboratorierne på 0,01 µg/l har generelt været den samme for de programlagte pesticider i de sidste 30 år. Nogle stoffer har dog haft forhøjede detektionsgrænser de første år, stofferne har været analyseret. Detektionsgrænser over 0,01 µg/l forekommer hyppigst i data fra vandforsyningsboringer og massescreeninger. Indberettede biocidanalyser kan have andre detektionsgrænser end for de programlagte pesticider, hvorfor den generelle detektionsgrænse på 0,01 µg/l ofte ikke gælder for disse stoffer. Andelen af prøvetagede indtag med overskridelse af kvalitetskravet for summen af pesticidstoffer er beregnet for hvert enkelt prøveresultat, der er indberettet til Jupiter. Hvis en grundvandsprøve er splittet i flere delprøver, og resultatet for hver delprøve er selvstændigt indberettet, opgøres summen for hver delprøve.

Tabel 8. GRUMO & Vandforsyning. Pesticidstoffer, der indgik i grundvandsovervågningens stofliste for pesticider (GRUMO) eller drikkevandsbekendtgørelsens bilag 2 (Boringskontrol) i 2023 sorteret efter stofgruppe. Baggrundsfarven viser hvilke stoffer, der er fra samme stofgruppe eller er nedbrydningsprodukter fra samme stofgruppe. Stoffer markeret med \* er nedbrydningsprodukter eller synteseurenheder. Stoffer tilføjet grundvandsovervågningens stofliste eller drikkevandsbekendtgørelsens bilag 2 i 2023, er mærket med 'nyt', stoffer, som er udgået i løbet af 2023, er mærket med 'udgået'. Biocidet pentachlorphenol indgår i grundvandsovervågningens analyseprogram for organiske mikroforureninger. Stoffernes stofkode i stancode og deres CAS-registreringsnummer fremgår af bilag 3.4.

Pesticid/ nedbrydningsprodukt*	Stofgruppe	GRUMO	Borings- kontrol	Beskrivelse
BAM (2,6-dichlorbenzamid)*		X	X	Nedbrydningsprodukt fra herbiciderne dichlobenil og chlorthiamid, samt fungicidet fluopicolid, der som bejdsemiddel i importeret udsæd.
2,6-Dichlorbenzoesyre*		X	X	Nedbrydningsprodukt fra herbiciderne dichlobenil og chlorthiamid, samt fungicidet fluopicolid, der må forekomme som bejdsemiddel i importeret udsæd.
TFMP (5-trifluoromethylpyridin-2-ol)*		X	X	Nedbrydningsprodukt fra herbiciderne fluazifop/fluazifop-P og fluazifop-butyl/fluazifop-P-butyl anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemidler).
Metalaxyl/metalaxyl-M	Acylalanin	X	X	Fungicid. Anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemiddel og bejdsning). Kan forekomme som bejdsemiddel i importeret udsæd.
CGA 62826, N-(2,6-dimethylphenyl)-N-(methoxyacetyl)alanin*	Acylalanin	X	X	Nedbrydningsprodukt fra metalaxyl/metalaxyl-M.
CGA 108906, N-(2-carboxy-6-methylphenyl)-N-(methoxyacetyl)alanin*	Acylalanin	X	X	Nedbrydningsprodukt fra metalaxyl/metalaxyl-M.
Dichlobenil	Benzonitril		X <sup>udgået</sup>	Herbicid. Anvendt i plantebeskyttelsesmidler.

<b>Pesticid/ nedbrydningsprodukt*</b>	<b>Stofgruppe</b>	<b>GRUMO</b>	<b>Borings- kontrol</b>	<b>Beskrivelse</b>
Alachlor ESA*	Chloroacet- anilid	X	X	Nedbrydningsprodukt fra herbicidet alachlor, som har været anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemedler).
Dimethachlor ESA*	Chloroacet- anilid	X	X	Nedbrydningsprodukt fra herbicidet dimethachlor, som har været anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemedler).
Dimethachlor OA*	Chloroacet- anilid	X	X	Nedbrydningsprodukt fra herbicidet dimethachlor, som har været anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemedler).
(2,6-dimethyl- phenylcarbamoyl)- methansulfonsyre*	Chloroacet- anilid	X	X	Nedbrydningsprodukt fra herbicidet dimethachlor, som har været anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemedler).
[(2,6-dimethylphenyl)(2- sulfoacetyl)amino]eddikesyre*	Chloroacet- anilid	X	X	Nedbrydningsprodukt fra herbicidet dimethachlor, som har været anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemedler).
t-Sulfinyleddikesyre*	Chloroacet- anilid	X	X	Nedbrydningsprodukt fra herbicidet acetochlor, som har været anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemedler).
Metazachlor ESA*	Chloroacet- anilid	X	X	Nedbrydningsprodukt fra herbicidet metazachlor, som har været anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemedler) og som biocid.
Metazachlor OA*	Chloroacet- anilid	X	X	Nedbrydningsprodukt fra herbicidet metazachlor, som har været anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemedler) og som biocid.
Propachlor ESA*	Chloroacet- anilid	X	X	Nedbrydningsprodukt fra herbicidet propachlor, som har været anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemedler).
CTAS (chlorothalonilamid sulfonsyre)*	Chloronitril	X	X	Nedbrydningsprodukt fra fungicidet chlorothalonil der har været anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemedler og bejdsning) og som biocid eller konserveringsmiddel i maling.
R471811 (4-bis-amido-3,5,6- trichlorobenzensulfonat) *	Chloronitril	X <sup>nyt</sup>	X	Nedbrydningsprodukt fra fungicidet chlorothalonil der har været anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemedler og bejdsning) og som biocid eller konserveringsmiddel i maling.
2,4-Dichlorphenol*	Chlorphenol	X	X	Nedbrydningsprodukt og urenhed fra herbiciderne 2,4-D

Pesticid/ nedbrydningsprodukt*	Stofgruppe	GRUMO	Borings- kontrol	Beskrivelse
				og dichlorprop. Urenhed og nedbrydningsprodukt fra biociderne pentachlorphenol og triclosan.
2,6-Dichlorphenol*	Chlorphenol		X <sup>udgået</sup>	Nedbrydningsprodukt fra herbicid-urenheden 2,6-DCPP. Urenhed og nedbrydningsprodukt fra biocidet pentachlorphenol.
Imazalil	Diazol/imidazol	X	X	Fungicid. Anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemidler og bejdsemidler) og som biocid.
ETU (ethylthiourea)*	Dithiocarbamat	X	X	Nedbrydningsprodukt og synteseurenhed i dithiocarbamat fungicider fx maneb, zineb, metiram og mancozeb. Moderstoffer med biocidanvendelse: zineb, mancozeb, maneb og nabam. ETU bruges også i industrielle processer fx vulkanisering.
Imidacloprid	Neonicotinoïd	X		Insekticid, anvendt som plantebeskyttelsesmiddel (sprøjtemidler og bejdsning) og som biocid.
4-Nitrophenol*	Nitrophenol	X	X	Vækstregulerende middel (som <i>p</i> -nitrophenolate) og nedbrydningsprodukt fra de nu forbudte insekticider parathion og methylparathion (sprøjtemidler). Kan også stamme fra industrielle synteseprocesser.
Hexachlorbenzen	Organochlor	X		Fungicid. Anvendt som plantebeskyttelsesmiddel (bejsemiddel og fumigant) og som biocid. Også synteseurenhed i chlorothalonil og formodentlig i andre pesticider. Kommer også fra forbrændingsprocesser.
Pentachlorbenzen*	Organochlor	X	X <sup>nyt</sup>	Nedbrydningsprodukt fra fungicidet quintozen og hexachlorbenzen. Sandsynligvis også synteseurenhed i quintozen. Kommer også fra forbrændingsprocesser.
Glyphosat	Organofosfonat	X	X	Herbicid. Anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemidler).
AMPA (aminomethylphosphorsyre)*	Organofosfonat	X	X	Nedbrydningsprodukt fra glyphosat.
Dichlorprop/dichlorprop-P	Phenoxysyre	X	X	Herbicid. Anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemidler).
Mechlorprop/mechlorprop-P	Phenoxysyre	X	X	Herbicid. Anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemidler).



<b>Pesticid/ nedbrydningsprodukt*</b>	<b>Stofgruppe</b>	<b>GRUMO</b>	<b>Borings- kontrol</b>	<b>Beskrivelse</b>
MCPA	Phenoxysyre	X	X <sup>udgået</sup>	Herbicid. Anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemidler).
4-CPP (2-(4-chlorphenoxy)-propionsyre)*	Phenoxysyre	X	X	Urenhed i phenoxysyrerne dichlorprop og mechlorprop, også nedbrydningsprodukt fra dichlorprop.
2-CPP*	Phenoxysyre	X		Urenhed i phenoxysyren dichlorprop, muligvis også nedbrydningsprodukt fra dichlorprop
2C6MPP	Phenoxysyre	X		Urenhed i phenoxysyren mechlorprop.
2,6-DCPP (2-(2,6-dichlorphenoxy)propionsyre))*	Phenoxysyre	X	X	Urenhed i phenoxysyren dichlorprop.
Diuron	Phenylurea	X	X <sup>udgået</sup>	Herbicid. Anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemidler) og som biocid fx i overfladefilmkonservering og i bygningsmaterialer fx pudset murværk.
Monuron	Phenylurea	X	X	Herbicid. Anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemidler) og som biocid
DPC (desphenylchloridazon)*	Pyridazinon	X	X	Nedbrydningsprodukt fra herbicidet chloridazon, som har været anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemidler).
MDPC (methyl-desphenyl-chloridazon)*	Pyridazinon	X	X	Nedbrydningsprodukt fra herbicidet chloridazon, som har været anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemidler).
Clopyralid	Pyridin	X		Herbicid. Anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemidler).
DMS (N,N-dimethylsulfamid)*	Sulfamid	X	X	Nedbrydningsprodukt fra fungiciderne dichlofluanid og tolylfluanid, der har været anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtning og bejdsning) og som biocider og konserveringsmidler i fx træbeskyttelse og maling. Også nedbrydningsprodukt fra fungicidet cyazofamid, der har været anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtning af kartofler).
PPU (IN-70941)*	Sulfonylurea	X	X <sup>nyt</sup>	Nedbrydningsprodukt fra herbicidet rimsulfuron som har været anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtning af kartofler).
PPU-desamino (IN-70942)*	Sulfonylurea	X		Nedbrydningsprodukt fra herbicidet rimsulfuron som har været anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtning af kartofler).

<b>Pesticid/ nedbrydningsprodukt*</b>	<b>Stofgruppe</b>	<b>GRUMO</b>	<b>Borings- kontrol</b>	<b>Beskrivelse</b>
Metaldehyd	Tetroxocan	X	X	Molluskicid, anvendt som plantebeskyttelsesmiddel (sneglekorn) og som biocid.
Bentazon	Thiadiazin	X	X	Herbicid. Anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemidler).
Atrazin	Triazin (chlortriazin)	X	X	Herbicid. Anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemidler).
Atrazin, hydroxy-*	Triazin (chlortriazin)	X	X <sup>udgået</sup>	Nedbrydningsprodukt fra atrazin.
Atrazin, desethyl-*	Triazin (chlortriazin)	X	X	Nedbrydningsprodukt fra atrazin.
Atrazin, desisopropyl-*	Triazin (chlortriazin)	X	X	Nedbrydningsprodukt fra atrazin, terbuthylazin, simazin og cyanazin.
DEIA (desethyl-desisopropylatrazin)*	Triazin (chlortriazin)	X	X	Nedbrydningsprodukt fra atrazin, terbuthylazin, simazin og cyanazin.
Desethyl-hydroxyatrazin*	Triazin	X	X <sup>udgået</sup>	Nedbrydningsprodukt fra atrazin og prometryn.
Desisopropyl-hydroxyatrazin*	Triazin	X	X	Nedbrydningsprodukt fra atrazin, simazin, terbuthylazin, cyanazin, terbutryn og formentlig også prometryn.
Didealkyl-hydroxyatrazin (syn. hydroxy-DEIA)*	Triazin	X	X	Nedbrydningsprodukt fra atrazin, simazin, terbuthylazin, cyanazin, prometryn og formentlig også terbutryn og cybutryn
Simazin	Triazin (chlortriazin)	X	X	Herbicid. Anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemidler) og som biocid.
Simazin, hydroxy-*	Triazin		X <sup>udgået</sup>	Nedbrydningsprodukt fra simazin.
Terbuthylazin-desethyl*	Triazin (chlortriazin)	X	X <sup>udgået</sup>	Nedbrydningsprodukt fra herbicidet terbuthylazin anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemidler) og som biocid.
LM3 (6-Hydroxy-7,7-dimethyl- 6,8-dihydroimidazo[1,2- a][1,3,5]triazine-2,4-dion)*	Triazin		X <sup>nyt</sup>	Nedbrydningsprodukt fra herbicidet terbuthylazin anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemidler) og som biocid. Sandsynligt nedbrydningsprodukt fra herbicidet terbutryn anvendt som biocid i maling og byggematerialer
LM5 (6-(tert-Butylamino)- 1,3,5-triazin-2,4-diol)*	Triazin	X <sup>nyt</sup>	X	Nedbrydningsprodukt fra herbicidet terbuthylazin anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemidler) og som biocid. Sandsynligt nedbrydningsprodukt fra herbicidet terbutryn anvendt som biocid i maling og byggematerialer
LM6 (4-(tert-Butylamino)-6- hydroxy-1-methyl-1,3,5-triazin- 2(1H)-on)*	Triazin	X <sup>nyt</sup>	X	Nedbrydningsprodukt fra herbicidet terbuthylazin anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemidler) og som biocid.

Pesticid/ nedbrydningsprodukt*	Stofgruppe	GRUMO	Borings- kontrol	Beskrivelse
				Sandsynligt nedbrydningsprodukt fra herbicidet terbutryn anvendt som biocid i maling og byggematerialer
Hexazinon	Triazinon	X	X	Herbicid. Anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemedler).
Metribuzin	Triazinon	X	X	Herbicid. Anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtning af kartofler).
Metribuzin-desamino*	Triazinon		X <sup>udgået</sup>	Nedbrydningsprodukt fra metribuzin.
Metribuzin-diketo*	Triazinon	X	X	Nedbrydningsprodukt fra metribuzin.
Metribuzin-desamino-diketo*	Triazinon	X	X	Nedbrydningsprodukt fra metribuzin.
Metamitron-desamino*	Triazinon	X	X	Nedbrydningsprodukt fra herbicidet metamitron. Anvendt i plantebeskyttelsesmidler (sprøjtemedler)
1,2,4-triazol*	Triazol	X	X	Nedbrydningsprodukt fra herbicidet amitrol og triazolfungicider fx tebuconazol, metconazol, difenoconazol, epoxiconazol, propiconazol, prothioconazol og mefentrifluconazol. Moderstofferne har været anvendt i plantebeskyttelsesmidler, herunder bejdsemidler (fx tebuconazol og prothioconazol), i vækst-regulerende midler (fx metconazol), som biocid og konserveringsmidler i maling og træbeskyttelse (fx propiconazol og tebuconazol) og som lægemidler (fx fluconazol).

## 5.1 Grundvandsovervågning

### Datagrundlag

I dette afsnit rapporteres pesticidanalyser fra GRUMO-indtag fra de seneste 10 år, dvs. perioden 2014-2023. Undtaget herfra er tidsserierne for den faste kerne af indtag, som går tilbage til 1998. Periodeopgørelser for den generelle pesticidbelastning indeholder prøver for alle undersøgte pesticidstoffer, hvor prøveresultater er indberettede og godkendte i perioden. Grundvandsovervågningens stationsnet har over årene gennemgået en række ændringer, dels af tekniske årsager, dels for at dække forskellige forvaltningsmæssige behov, herunder en gradvis tilpasning til kravene i vandrammedirektivet. Resultatet er, at der gennem årene er udgået indtag fra stationsnettet, og andre er kommet til, se Appendiks 2.

Der har over årene indgået et varierende antal stoffer i analyseprogrammet, idet nye pesticider og nedbrydningsprodukter inddrages på grundvandsovervågningens stofliste for pesticider ved revision i forbindelse med ny programperiode, når der sker ændringer i drikkevandsbekendtgørelsens bilag 2, eller når Miljøstyrelsen i øvrigt vurderer det relevant at undersøge for nye stoffer. Samtidig udgår stoffer, der kun sjældent eller aldrig påvises i grundvandet. En oversigt over programlagte stoffer og den periode, de

har indgået i analyseprogrammerne, er vist i bilag 3. De programlagte stoffer er de senere år suppleret med screeningsundersøgelser af udvalgte indtag. Screeningsresultaterne indgår i de generelle opgørelser.

Stationsnettet dækker hovedsageligt pesticidbelastningen i det åbne land for at beskrive påvirkningen fra plantebeskyttelsesmidler. Det betyder samtidig, at belastningen fra biocidanvendelser i bebyggede områder, fx træbeskyttelsesmidler og biocider i byggematerialer og facademaling, er underrepræsenteret.

Prøvetagningsfrekvensen har varieret meget fra den ene programperiode til den næste, specielt er der stor forskel på perioderne før og efter 2007. Siden 2007 har den programlagte prøvetagningsfrekvens været afhængig af det enkelte indtags pesticidindhold, så indtag med tidligere pesticidfund er programlagt til prøvetagning oftere end indtag uden forudgående fund. Dette skyldes blandt andet, at overvågningen er tilpasset vandrammedirektivet, se kapitel 2. Prøvetagningen har siden 2017 vekslet mellem kontrolovervågning, hvor alle indtag programlagt til pesticidovervågning prøvetages, og operationel overvågning, hvor der fortrinsvist prøvetages indtag med tidligere pesticidfund. 2023 var et år med kontrolovervågning, se også kapitel 2. Datasættene for 2017-2023 afviger derfor markant fra de tidligere år og kan ikke sammenlignes direkte med tidligere år, der ikke var opdelt i kontrolovervågning og operationel overvågning.

## Metode

Variationen i prøvetagningsfrekvens betyder, at det er kompliceret at opstille meningsfulde generelle tidsserier baseret på enkeltår. I løbet af en treårs-periode er der imidlertid udtaget mindst én prøve fra stort set alle indtag, som er programlagt til pesticidovervågning. En tidsperiode på tre år anvendes derfor i mange pesticidopgørelser for at reducere effekterne af de varierende prøvetagningsfrekvenser. Rapporteringen af pesticidbelastningen bygger således på en metode, der opgør i hvor stor en andel af indtagene, der mindst én gang i en periode på typisk tre år har været mindst ét stof med fund over detektionsgrænsen eller mindst ét stof med overskridelse af kvalitetskravet, eller hvor summen af påviste pesticider har overskredet kvalitetskravet. Denne metode betegnes 'periodeopgørelsen', idet formålet med opgørelsen er at karakterisere pesticidbelastningen indenfor en given periode. Det helt centrale i opgørelsen er, at hvert indtag kun tæller med én gang i opgørelser over andelen af indtag i de tre koncentrationsintervaller (ikke påvist; påvist  $\leq 0,1 \mu\text{g/l}$ ;  $> 0,1 \mu\text{g/l}$ ), selv om der har været udtaget flere vandprøver eller er flere fund. De metodiske forhold er indgående diskuteret i Appendiks 1. Det optælles ikke, hvor mange stoffer, der har været påvist, eller hvor mange stoffer, der har overskredet kvalitetskravet.

## Analytiske problemer i 2023

De indberettede analyseresultater for pesticidstofferne R471811 og 1,2,4-triazol i grundvandsovervågningen viser meget højere fundprocenter i 2023 end i foregående år. R471811 blev screenet i 243 indtag i 2021 og indgik i analyseprogrammet for alle indtag i 2023. Når man kun sammenligner resultaterne for indtag, som blev prøvetaget begge år, og tager højde for at detektionsgrænsen var højere i 2021 end i 2023 er fundprocenten for R471811 stadigvæk forhøjet. Fundprocenten for 1,2,4-triazols er mere end fordoblet i 2023 sammenlignet med 2021, begge år er med kontrolovervågning af alle indtag, så årene er direkte sammenlignelige. 2022 havde operationel overvågning, og er derfor ikke sammenlignelig med 2023. 1,2,4-triazol er påvist i flere meget dybe indtag  $> 100 \text{ m u.t.}$ , hvilket kan tyde på falske positive.

SGAV er i gang med en udvidet kvalitetssikring af R471811 og 1,2,4-triazol for GRUMO-data, og indtil videre kan man ikke afgøre om 2021-data eller 2023-data er mest retvisende, men blot konstatere at begge stoffer er blandt de mest udbredte pesticidstoffer i grundvandsovervågningen. Uden data for 1,2,4-triazol og R471811 kan der ikke beregnes meningsfulde 'sum af pesticider' i de enkelte prøver og heller ikke aggregere data til beregning af pesticidstoffernes generelle forekomst i grundvandsovervågningens indtag, koncentrationsfordeling, dybdefordeling, rumlig fordeling med videre, disse opgørelser udgår derfor i denne rapport, og der må henvises til sidste års rapport (Thorling mfl., 2024). I modsætning til grundvandsovervågningen er R471811 og 1,2,4-triazol analyseret af en række forskellige laboratorier i vandforsyningernes boringskontrol. Boringskontrollens data forventes derfor at være i det store hele retvisende for disse stoffer.

Der henvises derfor til sidste års rapport for et overblik over pesticider i grundvandsovervågningen, herunder dybdefordelinger og geografiske fordelinger.

### Nye stoffer og ændringer af grundvandsovervågningens analyseprogram i 2023

LM5 (6-(tert-butylamino)-1,3,5-triazine-2,4-diol), LM6 (4-(tert-butylamino)-6-hydroxy-1-methyl-1,3,5-triazin-2(1H)-one) og R471811 (4-bis-amido-3,5,6-trichlorobenzenesulfonat) blev tilføjet grundvandsovervågningens generelle analyseprogram i 2023. Tabel 9 viser resultaterne for LM5, der forekom i 13,1 % af indtagene med overskridelse af kvalitetskravet i 2,0 %, og LM6, der forekom i 16,3 % af indtagene med overskridelse af kvalitetskravet i 3,3 %. Data for R471811 fra 2023 er muligvis fejlbehandlede og rapporteres derfor ikke.

Følgende stoffer udgik fra grundvandsovervågningens analyseprogram i 2023: 2,4D, 2,6-dichlorphenol, dichlobenil, metribuzin-desamino og hydroxy-simazin. Stofferne forekom i de foregående 10 år i <1 % af de analyserede indtag og overskred kvalitetskravet i <0,2 % af indtagene.

Tabel 9. GRUMO. Forekomst af to ud af tre "nye" pesticidstoffer, som blev tilføjet grundvandsovervågningens stofliste for pesticidstoffer i 2023.

GRUMO	Indtag antal			Indtag andel (%)	
	I alt	Med fund	>0,1 µg/l	Med fund	>0,1 µg/l
LM5 (6-(tert-butylamino)-1,3,5-triazine-2,4-diol)	1031	135	21	13,1	2,0
LM6 (4-(tert-butylamino)-6-hydroxy-1-methyl-1,3,5-triazin-2(1H)-one)	1031	168	34	16,3	3,3

### Screening i 2023

I 2023 blev 247 udvalgte indtag med ungt vand screenet for dimethylsulfamid (DMSA), som ikke tidligere har indgået i grundvandsovervågningens stofliste for pesticidstoffer. DMSA er et nedbrydningsprodukt fra cyazofamid, som var tilladt til bekæmpelse af svampesygdomme i kartofler i perioden 2004-2023. DMSA blev påvist i 8 indtag (3,2 %) med overskridelse af kvalitetskravet i 6 indtag (2,4 %). Højeste påviste koncentration var 0,49 µg/l. Cyazofamid nedbrydes også til DMS, og der var også DMS i alle otte boringer med DMSA-fund, men oftest i lavere koncentration end DMSA.

### Tidslig udvikling i den faste kerne af indtag

I dette afsnit præsenteres resultater for en fast kerne af indtag, som er prøvetaget jævnlige siden 1998. Opgørelser af pesticidstoffernes tidslige udvikling kompliceres af, at der over årene har indgået forskellige indtag i måleprogrammet. GEUS har derfor udvalgt en fast kerne på 323 indtag, som er prøvetaget til pesticidanalyse nogenlunde regelmæssigt. 1998 er valgt som første år, idet analyseprogrammet før 1998 var meget anderledes, end det er i dag. Der blev udvalgt indtag, hvor datahullerne er på højst tre sammenhængende år, men har accepteret, at der i tidsserierne kan forekomme et enkelt datahul på fire sammenhængende år. Indtagene i den faste kerne er spredt over det meste af landet og udgør en delmængde af det oprindelige GRUMO-stationsnet, der i hvert af 73 GRUMO-områder repræsenterede oplandet til en vandforsyning, se Appendiks 2. Da der er tale om udvalgte indtag, er fundandelene ikke nødvendigvis repræsentative for stationsnettet som helhed.

Den tidslige udvikling i den faste kerne bygger på treårige periodeopgørelser. Perioderne 2004-2006, 2013-2015 og 2014-2016 havde færre prøvetagede indtag end resten af perioderne. Fundandelene afviger også for disse tre periodeopgørelser, hvorfor de udgår af datasættet.

Udviklingen i den generelle pesticidbelastning kan i sagens natur kun beregnes for de stoffer, der indgik i analyseprogrammerne i de enkelte programperioder, DPC, DMS, 1,2,4-triazol, R471811 og LM3 har meget høje fundandele, se Tabel 12 og Tabel 13, men har kun været analyseret i få år. Det må formodes, at de har været vidt udbredte i grundvandet i en årrække, men det er ikke muligt at vurdere, hvor stort

omfanget har været. Derfor kan man heller ikke beregne retvisende trends for den generelle pesticidbelastning, det er kun muligt at beregne den tidlige udvikling for enkeltstoffer.

Figur 36 og bilag 5 viser udviklingen i fundandele for udvalgte stoffer i den faste kerne af indtag. Stofferne er oprindeligt valgt ud fra, at de skal repræsentere forskellige stofgrupper og så vidt muligt have lange tidsserier. "Nye" stoffer som DPC og DMS er tilføjet de senere år pga. stoffernes meget høje fundandele. Det skal bemærkes, at fundandelene under 3 % er usikre, idet 3 % svarer til 10 indtag og ændringer i enkelte indtag kan derfor påvirke udviklingen betydeligt.

Figur 36 viser, at **DMS** var det hyppigst påviste af de udvalgte stoffer i den faste kerne af indtag. DMS er kun monitoreret i en kort periode, men i disse år har fundandelen været stigende, mens andelen af overskridelser af kvalitetskravet har været stabil. DMS stammer fra moderstofferne dichlofluamid, tolylfluanid og cyazofamid, hvoraf cyazofamid er det senest tilladte med sidste salgsår i 2023.

**DPC** er det næsthøypigste af de udvalgte stoffer og har den største andel indtag med overskridelse af kvalitetskravet. DPC's udbredelse i den faste kerne af indtag har været stort set konstant siden 2018, dog muligvis med en svagt stigende tendens for overskridelse af kvalitetskravet. DPC's moderstof chloridazon har ikke været anvendt siden 1996.

**BAMs** samlede fundandele har været jævnt faldende i hele perioden. BAM's overskridelser af kvalitetskravet var faldende frem til 2014 og har derefter været stort set konstant omkring 5 %. Salget af BAMs ene moderstof dichlobenil stoppede i 1996, salget af det andet moderstof chlorthiamid stoppede i 1980 (Miljøstyrelsen, 2017a). Såsæd bejdset med det tredje moderstof fluopicolid kan fortsat importeres fra EU-lande, hvor bejdningen er tilladt.

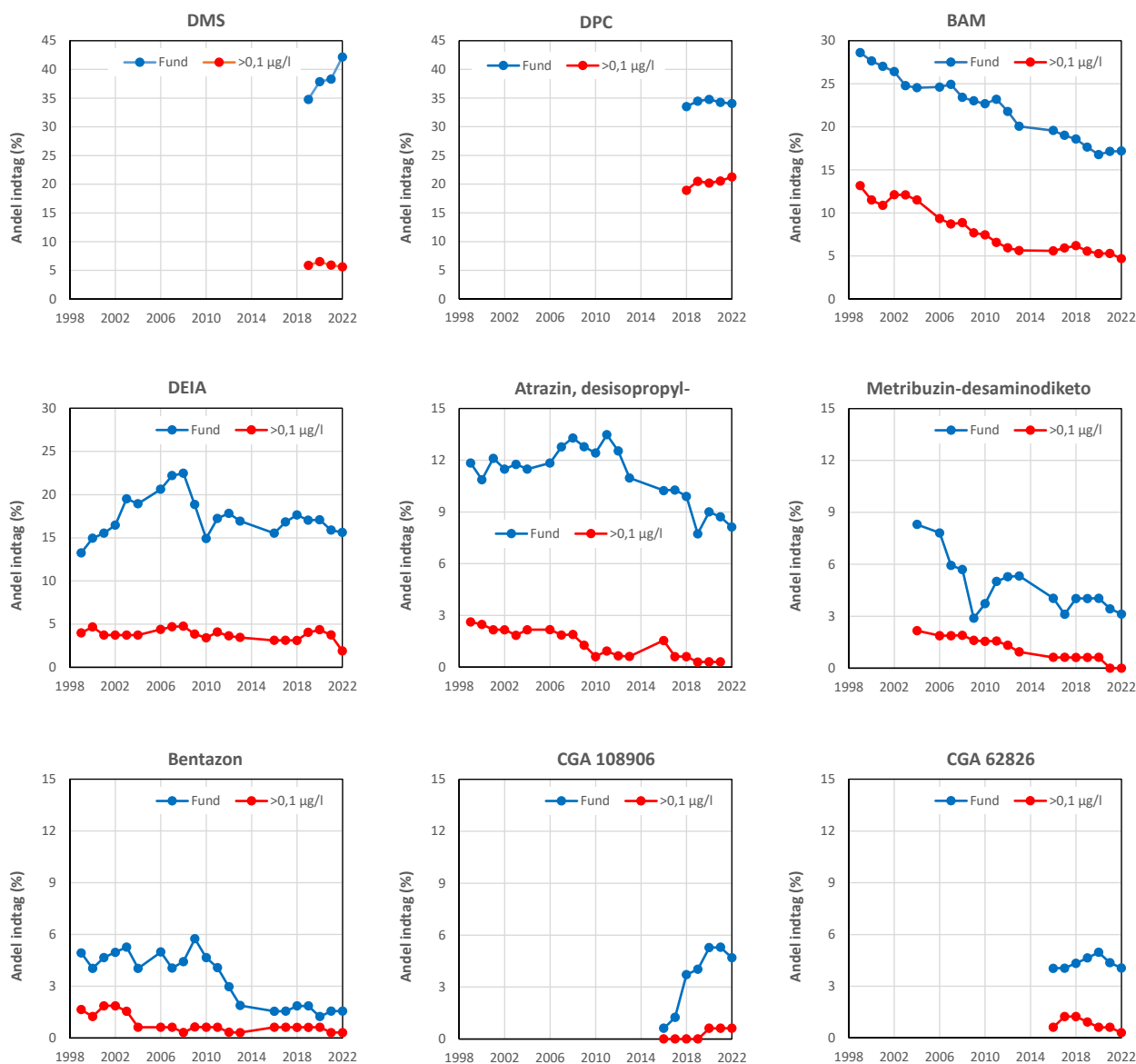
**DEIA** og **desisopropylatrazin** er nedbrydningsprodukter fra en række ældre chlortriazinere, se Tabel 8 som ikke længere er tilladte i landbruget. DEIA's fundandele toppede omkring 2008, hvorimod andelen af indtag med overskridelse af kvalitetskravet har været stort set konstant fra 1999 til 2021. Det kan ikke afgøres om faldet i 2022 skyldes variation mellem perioderne, eller om det er en begyndende trend. Desisopropylatrazins fundandele har været faldende siden 2011, mens andelen af overskridelser af kvalitetskravet har været faldende i hele perioden, så overskridelser nu næsten ikke forekommer i den faste kerne af indtag.

**Metribuzin-desaminodiketo** viser en faldende tendens, tydeligst for overskridelser af kvalitetskravet. Moderstoffet metribuzin blev forbudt i 2004.

**Bentazons** samlede fundandel har stort set været konstant frem til omkring 2011, hvorefter den faldt markant. Faldet i overskridelser af kvalitetskravet synes at have indtruffet allerede omkring 2004, men dette er usikkert pga. det lille antal indtag med fund over kvalitetskravet. Bentazon bruges fortsat som sprøjtemiddel, men anvendelsen blev reguleret i 1995 af hensyn til grundvandet.

For metalaxyls nedbrydningsprodukter **CGA 108906** og **CGA 62826** er der kun data for en kort år-række. Andelen af indtag med fund af CGA108906 har været stigende, muligvis med en udfladning de seneste år. Andelen af indtag med metalaxyls andet nedbrydningsprodukt CGA 62826 har været nogenlunde konstant, hvorimod andelen med overskridelse af kvalitetskravet er faldende. Metalaxyl har været anvendt som sprøjtemiddel frem til 2013 og derefter som bejdsemiddel i importeret såsæd.

Tidsserier for dichlorprop, mechlorprop og hexazinon er vist i bilag 5.



Figur 36. GRUMO. Tidlig udvikling i andelen af fund af udvalgte pesticider og nedbrydningsprodukter i den faste kerne af indtag. Hvert år repræsenterer opgørelser af andelen af indtag, hvor stoffet er påvist mindst én gang indenfor en tre-årsperiode (forudgående, aktuelle og efterfølgende år).

## 5.2 Vandforsyningsboringer

### Datagrundlag

I dette afsnit rapporteres pesticidanalyser fra de almene vandforsynings indtag i perioden 2014-2023. Data fra vandforsyningsboringerne illustrerer forholdene i den del af grundvandet, der anvendes til drikkevand af de almene vandforsyninger. Da vandforsyningerne af mange grunde nedlægger og etablerer boringer, afspejler udviklingen i fund pr. år kun i mindre grad effekten af handleplaner rettet mod at forbedre tilstanden i grundvandsmagasinerne, men derimod vandforsyningernes håndtering af problemerne med pesticider i indvindingsboringerne (DANVA, 2018). Det skal bemærkes, at der ikke er krav om, at alle analyseresultater indberettes til Jupiter, det gælder fx driftsprøver.

I hvert års rapportering indgår kun data fra aktive vandforsyningsindtag, se bilag 7. Det betyder, at omfanget og antallet af indtag, og dermed datasættet, varierer fra år til år, fordi data fra ikke-aktive vandforsyningsindtag løbende udgår af datasættet. Indtag, som for en periode har været inaktive, kan senere inddrages igen i vandforsyningen og dermed atter indgå i datasættet. Grundvandet i vandforsyningsindtag skal som minimum analyseres for de pesticidstoffer, der fremgår af drikkevandsbekendtgørelsens pesticidliste (bekendtgørelsens bilag 2), hvor sammensætningen af stoffer har varieret over årene. Tabel 8 viser de pesticidstoffer, der var obligatoriske i 2023. Vandforsyningerne har over årene analyseret for flere stoffer end angivet i drikkevandsbekendtgørelsens bilag 2, idet kontrollen efter drikkevandsbekendtgørelsen også skal omfatte andre pesticider, som vides at være anvendt i oplandet og som vurderes at kunne udgøre en trussel for drikkevandsforsyningen. Data for pesticidstoffer, der ikke har været på drikkevandsbekendtgørelsens bilag 2, medtages i de generelle opgørelser af pesticidbelastningen. Bilag 5.3 og 5.4 viser en samlet oversigt over stoffer, som indgår i beregningerne, samt deres forekomst i vandforsyningsboringer. Råvandet fra indvindingsboringer skal mindst analyseres for pesticidstoffer hvert tredje-femte år, afhængig af den producerede eller distribuerede vandmængde, hvorfor der anvendes en fem-årsperiode i mange af rapportens opgørelser.

### Status for pesticider i vandforsyningsboringer

Tabel 10 viser den seneste udvikling i fund af pesticidstoffer i grundvand fra vandforsyningsboringer. Opgørelsen er lavet på indtagsniveau, da nogle boringer har flere indtag. Der blev i 2023 fundet mindst ét pesticid i 50,9 % af de undersøgte vandforsyningsindtag, hvor 12,2 % af de undersøgte indtag havde mindst én overskridelse af kvalitetskravet, og hvor 1,9 % af de undersøgte indtag havde mindst én overskridelse af kvalitetskravet for pesticidernes sum. Fundandelene har været nogenlunde konstante fra 2020 (51,0 %) til 2023 (50,9 %).

Tabel 10. Vandforsyning. Pesticidfund i vandforsyningsboringerne indtag vist som antal og procentvis andel af indtag. Indtagene er opdelt i indtag med mindst ét fund og indtag med mindst én overskridelse af kvalitetskravet (>0,1 µg/l for enkeltstoffer og 0,5 µg/l for summen) for enkelte år og for perioden 2019-2023. 2019-tal i parentes er opgørelser uden indtag, som kun er analyseret for CTAS og/eller chlorothalonilamidbenzoesyre. Hvert år bygger på data fra årsspecifikke udtræk fra Jupiter.

Vandforsynin g	Indtag antal				Indtag andel (%)		
	I alt	Med fund	Enkeltstof >0,1 µg/l	Sum >0,5 µg/l	Med fund	Enkeltstof >0,1 µg/l	Sum >0,5 µg/l
2023	2272	1156	277	44	50,9	12,2	1,9
2022	2405	1208	317	41	50,2	13,2	1,7
2021	2393	1198	321	56	50,1	13,4	2,3
2020	2219	1131	323	51	51,0	14,6	2,3
2019	3933 (2494)	1142 (1130)	318 (317)	55 (55)	29,0 (45,3)	8,1 (12,7)	1,4 (2,2)
2019-2023	6370	2654	676	127	41,7	10,6	2,0



Tabel 10 viser også, at i perioden 2019-2023 blev pesticidstoffer fundet mindst én gang i 41,7 % af de undersøgte indtag, hvor 10,6 % af de undersøgte indtag havde mindst én overskridelse af kvalitetskravet. Kvalitetskravet for summen af pesticider var overskredet mindst én gang i 2,0 % af de undersøgte indtag. Opgørelsen for perioden 2019-2023 viser mindre fundandele end i 2023. Dette skyldes sandsynligvis, at indtag med pesticidfund prøvetages hyppigere end indtag uden fund, samt at en mindre andel er analyseret for "nye" stoffer, som er tilføjet drikkevandsbekendtgørelsen i perioden 2019-2023. I det samlede datasæt for vandforsyningsboringerne er der ingen overskridelse af kvalitetskravet for sum af påviste pesticider, uden at der også er mindst én overskridelse af kvalitetskravet for et enkeltstof. Dette gælder i øvrigt også for de indsamlede data for grundvandsovervågningen, selv når de mistænkte fejlanalyser for R471811 og 1,2,4-Triazol medregnes.

### 'Nye' stoffer i boringskontrollen

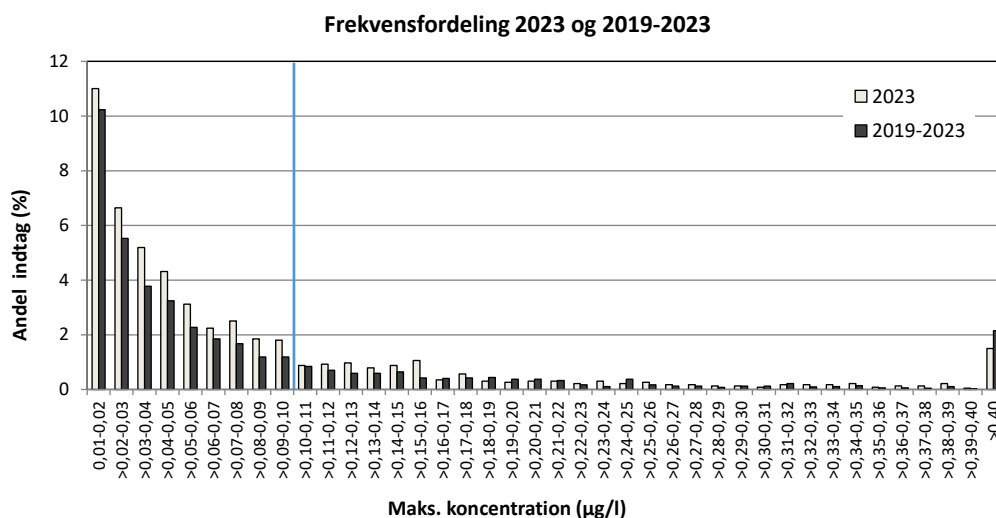
LM3 (6-hydroxy-7,7-dimethyl-6,8-dihydroimidazo[1,2-a][1,3,5]triazine-2,4-dion), pentachlorbenzen og PPU er tilføjet drikkevandsbekendtgørelsens pesticidliste fra 23. maj, 2023. LM3 er tilføjet efter fund i grundvandsovervågningens screening i 2022 og blev i 2023 påvist i 6,0 % af de undersøgte indtag i vandforsyningernes boringskontrol, se Tabel 11, med overskridelse af kvalitetskravet i 0,3 % af indtagene. LM3 er, ligesom LM5 og LM6, et nedrydningsprodukt fra ukrudtsmidlet terbuthylazin, som havde sidste salgsår i Danmark i 2008, men som stadigvæk er godkendt som pesticid i EU. Ifølge Miljøstyrelsen har terbuthylazin ikke været anvendt som biocid i Danmark eller resten af EU. LM3 kan sandsynligvis også dannes fra biocidstoffet terbutryn, der anvendes i facademaling og byggematerialer fx facadepuds. Terbutryn er ikke registreret solgt som sprøjtemiddel i Danmark. Pentachlorbenzen og PPU er tilføjet pesticidlisten efter fund i grundvandsovervågningen, men blev ikke påvist i vandforsyningernes boringskontrol i 2023.

Tabel 11. Vandforsyning. Forekomst af tre "nye" pesticidstoffer, som blev tilføjet drikkevandsbekendtgørelsens bilag 2 i 2023.

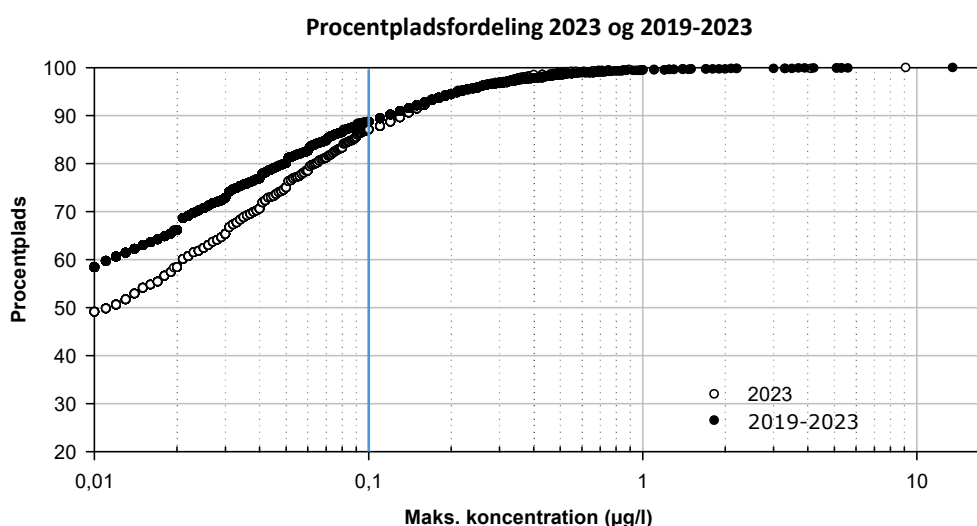
Vandforsyning	Indtag antal			Indtag andel (%)	
	I alt	Med fund	>0,1 µg/l	Med fund	>0,1 µg/l
LM3 (6-hydroxy-7,7-dimethyl-6,8-dihydroimidazo[1,2-a][1,3,5]triazine-2,4-dion)	806	48	2	6,0	0,3
Pentachlorbenzen	857	0	0	0	0
PPU	854	0	0	0	0

### Koncentrationsfordeling i vandforsyningsboringer

Figur 37 viser, hvordan pesticidkoncentrationerne fordelte sig i 2023 og i perioden 2019-2023. Hvert indtag er repræsenteret ved det stof, der er påvist i højest koncentration i 2023 eller 2019-2023. Enkelte indtag har meget høje pesticidkoncentrationer, hvilket ses tydeligere, når pesticidkoncentrationerne vises som koncentrationsfordeling baseret på procentplads med logaritmisk skala, se Figur 38.



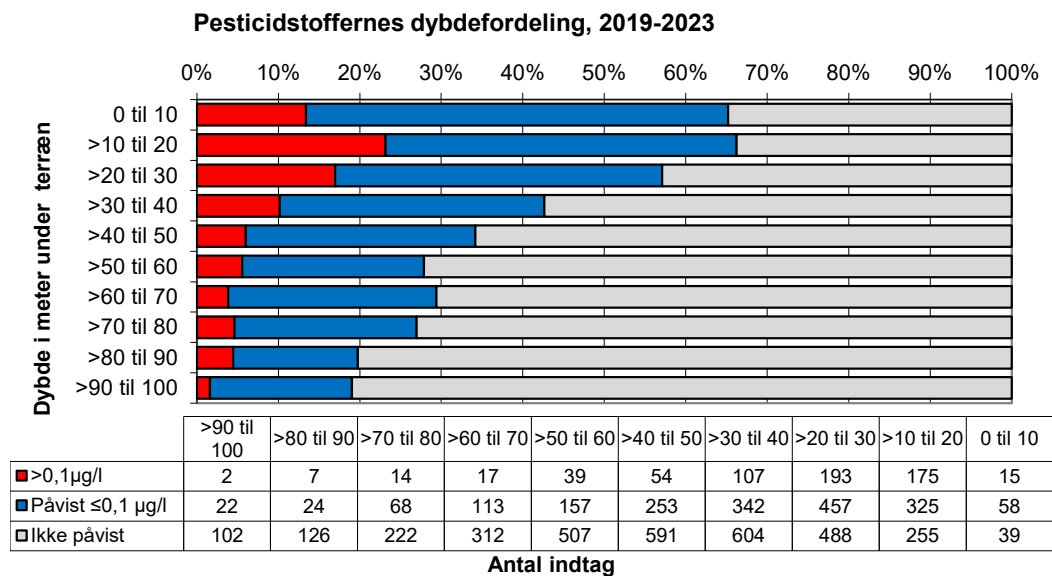
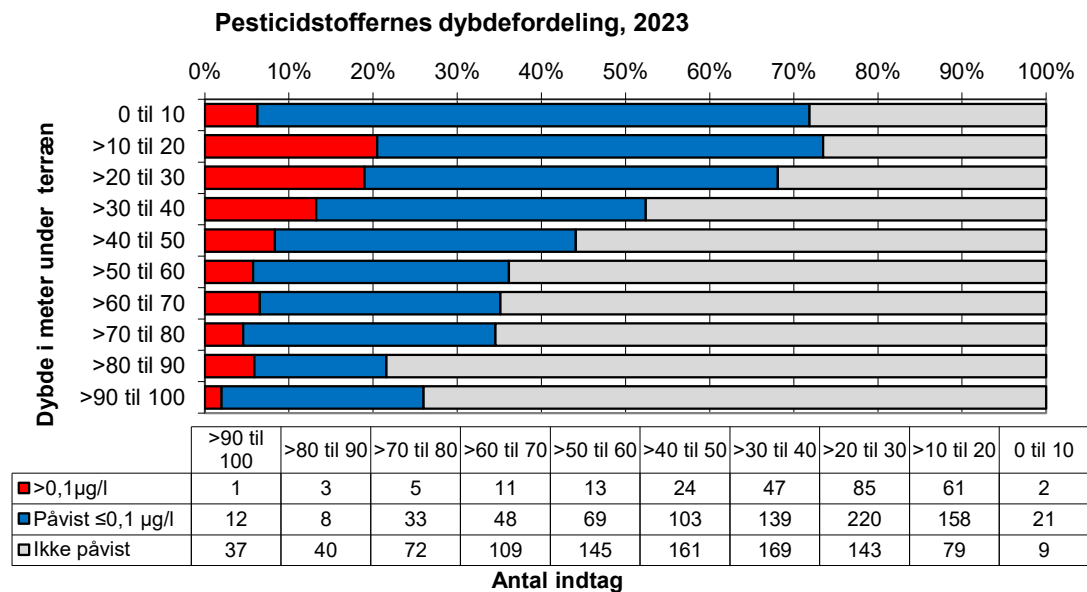
Figur 37. Vandforsyning. Frekvensfordeling med lineære trin for højest målte pesticidkoncentration opgjort for indtag prøvetaget i 2023 og perioden 2019-2023. Kvalitetskravet på 0,1 µg/l er markeret med en lodret blå linje, se i øvrigt Figur 38.



Figur 38. Vandforsyning. Procentpladsfordeling med logaritmiske trin for højest målte pesticidkoncentration opgjort for vandforsyningsindtag prøvetaget i 2023 og perioden 2019-2023. Det fremgår, at der ikke blev påvist pesticidstoffer i 49,1% af de undersøgte indtag i 2023, og at der ikke blev påvist pesticidstoffer i 58,3 % af de undersøgte indtag i perioden 2019-2023.

### Vandforsyningernes indvindingsdybde og fund af pesticider

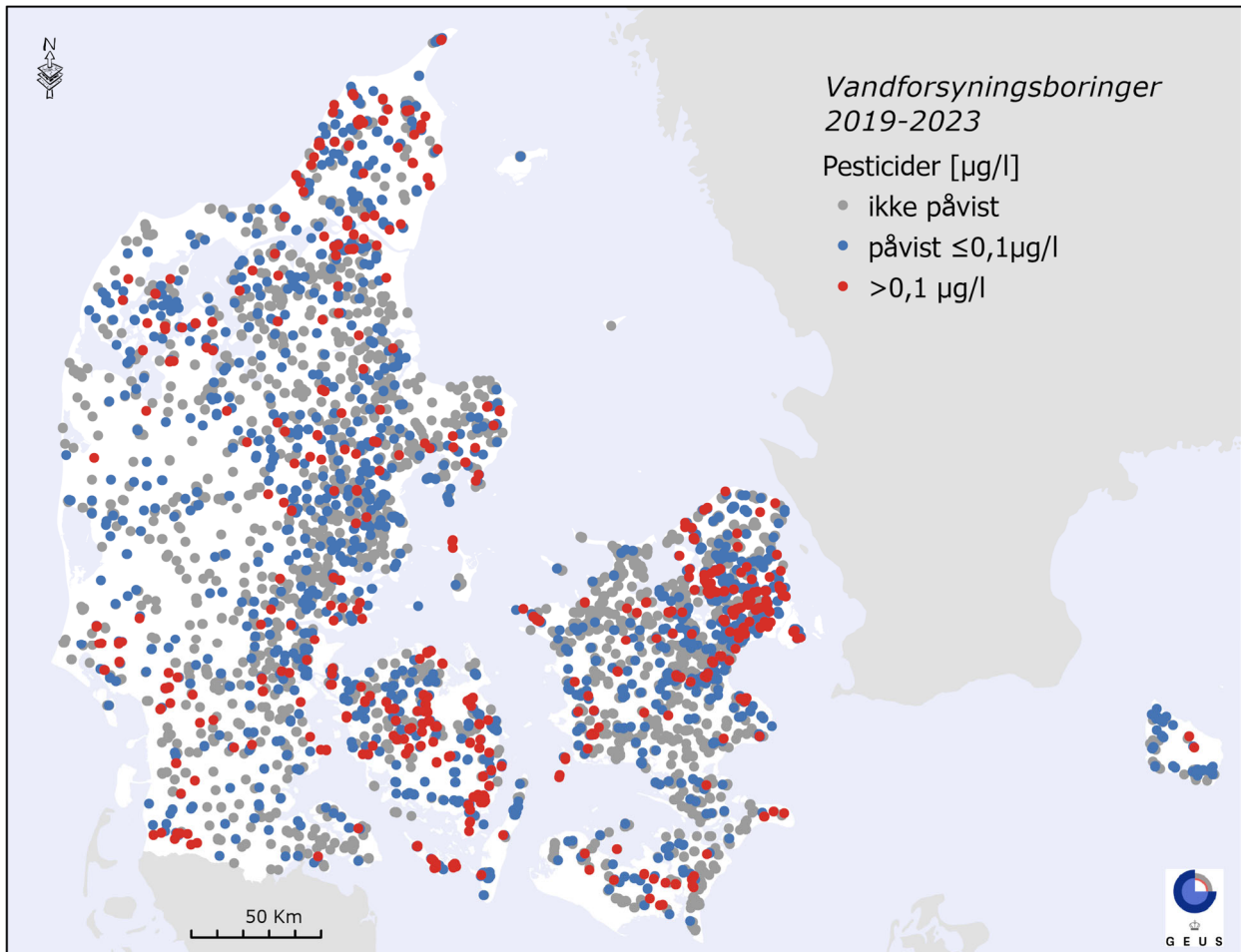
Figur 39 viser pesticidfundenes dybdefordeling i 2023 og perioden 2019-2023 i vandforsyningernes indtag. Fundandele og overskridelser af kvalitetskravet er generelt størst i det øverste grundvand og aftager med dybden til forekomst i ca. hvert femte indtag i 80-100 m u.t. I perioden 2019-2023 blev pesticidstoffer påvist mindst én gang i 24 indtag med filtertop dybere end 100 m u.t., heraf to indtag over 0,1 µg/l. Fundandele og andelen af overskridelser af kvalitetskravet er lidt lavere i det helt terrænnære grundvand (0-10 m u.t.) end i det efterfølgende dybdeinterval, hvilket sandsynligvis skyldes, at en del terrænnære vandforsyningsboringer står i områder med opadrettet grundvandsstrømning typisk i ådale, hvor vandet derfor kan have høj alder og dermed mindre risiko for at indeholde pesticidstoffer. I 2023 var overskridelse af kravværdien i 0-10 m u.t. lavere end i 2022, hvilket sandsynligvis skyldes det lave antal indtag i denne dybde, da det ikke er de samme indtag, der prøvetages hvert år.



Figur 39. Vandforsyning. Pesticidstoffers dybdefordeling for indtag prøvetaget i 2023 og for perioden 2019-2023. Indtagene er opdelt i tre koncentrationsintervaller: >0,1 µg/l, påvist ≤0,1 µg/l, samt ikke påvist (under detektionsgrænsen, typisk <0,01 µg/l). Dybden angiver afstanden fra terræn til indtagets top. Indtag med top dybere end 100 m er ikke vist.

### Geografisk fordeling af fund af pesticider og nedbrydningsprodukter

Figur 40 viser den geografiske fordeling af grundvandets pesticidindhold i vandforsyningsindtag i perioden 2019-2023. Pesticidfund og overskridelser af kvalitetskravet er udbredte i hele landet, men der er lavere forekomst af overskridelser i Vestjylland. Dette skyldes, at vandforsyningsboringerne i Vestjylland syd- og vest for hovedopholdslinjen generelt er meget dybe, se Appendiks 2, og at der i øvrigt er få vandforsyningsboringer i dette område.



Figur 40. Vandforsyning. Pesticidstoffers geografiske fordeling for vandforsyningernes indtag opgjort for fem-årsperioden 2019-2023. Data er vist i tre koncentrationsintervaller, hvor mindst ét pesticid er påvist mindst én gang over kvalitetskravet ( $> 0,1 \mu\text{g/l}$ ), ét pesticid er påvist mindst én gang under kvalitetskravet (påvist  $\leq 0,1 \mu\text{g/l}$ ), eller pesticider ikke er påvist (under detektionsgrænsen, typisk  $< 0,01 \mu\text{g/l}$ ). Femårsperioden er valgt, da aktive boringer skal prøvetages mindst hvert femte år. De højeste koncentrationer er afbildet øverst.

### 5.3 Sammenligning af hyppigt fundne pesticidstoffer i grundvandsovervågningen og vandforsyningsindtag

Tabel 12 viser for 2023 de 25 hyppigst fundne pesticidstoffer i GRUMO-indtag og vandforsyningsindtag.

Tabel 13 viser til sammenligning de 25 stoffer, der hyppigst er fundet over de sidste 10 år i GRUMO-indtag og vandforsyningsindtag, der var aktive i 2023. Stofferne er listet med faldende relativ hyppighed indenfor hvert program. I tabellerne vises kun stoffer, som er analyseret i mindst 100 indtag. Bilag 5.3 og 5.4 viser alle stoffer indrapporteret for vandforsyningsboringer i 2023 og 2014-2023, herunder stoffer analyseret i prøver fra mindre end 100 indtag. Bilag 5.1 og 5.2 viser tilsvarende opgørelser for alle stoffer i grundvandsovervågningen.

Tabel 12. GRUMO & vandforsyning. De 25 hyppigst fundne pesticidstoffer i 2023 i GRUMO-indtag og vandforsyningsindtag i 2023. Tabellen viser andel indtag opdelt efter mindst ét fund eller mindst én overskridelse af kvalitetskravet (>0,1 µg/l). I tabellen indgår kun stoffer analyseret i mere end 100 indtag. Data for R471811 og 1,2,4-triazol var muligvis fejlbehæftede i grundvandsovervågningen i 2023 og rapporteres derfor ikke. Bilag 5.1 og 5.3 viser alle analyserede stoffer.

GRUMO-indtag 2023			Vandforsyningsindtag 2023		
Stofnavn	Med fund (%)	>0,1 µg/l (%)	Stofnavn	Med fund (%)	>0,1 µg/l (%)
R471811 (4-Bis-amido-3,5,6-trichlorobenzenesulfonat)	--	--	DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	32,2	6,4
1,2,4-Triazol	--	--	DPC (Desphenylchloridazon)	20,3	5,4
DPC (Desphenylchloridazon)	27,6	14,7	R471811 (4-Bis-amido-3,5,6-trichlorobenzenesulfonat)	16,9	1,6
DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	25,4	3,4	BAM (2,6-Dichlorbenzamid)	13,2	0,9
LM6 (4-(tert-Butylamino)-6-hydroxy-1-methyl-1,3,5-triazin-2(1H)-one)	16,3	3,3	LM3 (6-Hydroxy-7,7-dimethyl-6,8-dihydroimidazo[1,2-a][1,3,5]triazine-2,4-dion)	6,0	0,3
MDPC (Methyl-desphenyl-chloridazon)	14,2	4,9	MDPC (Methyl-desphenyl-chloridazon)	4,8	0,7
LM5 (6-(tert-Butylamino)-1,3,5-triazine-2,4-diol)	13,1	2,0	LM5 (6-(tert-Butylamino)-1,3,5-triazine-2,4-diol)	3,5	0,6
BAM (2,6-Dichlorbenzamid)	9,9	2,5	Dimethachlor ESA	3,3	0,4
DEIA	8,8	0,5	Alachlor ESA	3,2	0,5
CTAS (Chlorothalonilamid sulfonsyre, R417888)	3,9	0,8	(2,6-dimethyl-phenylcarbamoyl)-methansulfonsyre	3,2	0,2
DMSA (N,N-Dimethylsulfamidysyre) <sup>a</sup>	3,2	2,4	LM6 (4-(tert-Butylamino)-6-hydroxy-1-methyl-1,3,5-triazin-2(1H)-one)	3,1	0,5
Desisopropyl-atrazin	2,3	0,0	Bentazon	2,8	0,2
CGA 108906	2,3	0,2	DEET	2,1	0,0
Metribuzin-desamino-diketo	1,9	0,2	4-CPP	1,7	0,1
Atrazin	1,7	0,0	1,2,4-Triazol	1,3	0,0
Bentazon	1,7	0,4	Metazachlor ESA	1,2	0,3
Desethyl-atrazin	1,6	0,1	2,4+2,5-Dichlorphenol	1,2	0,0
(2,6-dimethyl-phenylcarbamoyl)-methansulfonsyre	1,5	0,1	Metribuzin-desamino-diketo	1,1	0,0
Metribuzin-diketo	1,3	0,2	DEIA	0,9	0,1
Dimethachlor ESA	1,2	0,4	4-Nitrophenol	0,7	0,0
CGA 62826 (N-(2,6-dimethylphenyl)-N-(methoxyacetyl)alanin	1,2	0,1	2-(2,6-dichlorphenoxy)propionsyre	0,7	0,0
Pentachlorbenzen	1,1	0,4	CTAS (Chlorothalonilamid sulfonsyre, R417888)	0,7	0,0
Mechlorprop	1,1	0,4	Metazachlor OA	0,6	0,1
[(2,6-Dimethylphenyl)(2-sulfoacetyl)amino]eddikesyre	1,1	0,4	Mechlorprop	0,6	0,1
Hexazinon	0,9	0,1	CGA 108906	0,5	0,0

a) Kun analyseret i 247 indtag.

Tabel 13. GRUMO & vandforsyning. De 25 hyppigst fundne pesticidstoffer i GRUMO-indtag (2014-2023) og vandforsyningsindtag (2014-2023) i 2022. Tabellen viser andel indtag opdelt efter mindst ét fund eller mindst én overskridelse af kvalitetskravet (>0,1 µg/l). I tabellen indgår kun stoffer analyseret i mere end 100 indtag. Data for R471811 og 1,2,4-triazol var muligvis fejlbehæftede i grundvandsovervågningen i 2023 og rapporteres derfor ikke. Bilag 5.2 og 5.4 viser alle analyserede stoffer.

GRUMO-indtag 2014-2023			Vandforsyningsindtag 2014-2023		
Stofnavn	Med fund (%)	>0,1 µg/l (%)	Stofnavn	Med fund (%)	>0,1 µg/l (%)
R471811 (4-Bis-amido-3,5,6-trichlorobenzenesulfonat)	--	--	DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	24,3	5,6
1,2,4-Triazol	--	--	R471811 (4-Bis-amido-3,5,6-trichlorobenzenesulfonat)	16,2	1,7
DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	34,3	5,5	DPC (Desphenylchloridazon)	16,0	4,3
Desphenylchloridazon	30,7	17,5	BAM (2,6-Dichlorbenzamid)	13,0	1,4
LM3 (6-Hydroxy-7,7-dimethyl-6,8-dihydroimidazo[1,2-a][1,3,5]triazine-2,4-dion) <sup>a</sup>	21,7	2,0	DEET <sup>b</sup>	10,6	1,6
MDPC (Methyl-desphenyl-chloridazon)	17,7	5,9	LM3 (6-Hydroxy-7,7-dimethyl-6,8-dihydroimidazo[1,2-a][1,3,5]triazine-2,4-dion)	6,0	0,3
BAM (2,6-Dichlorbenzamid)	16,5	5,3	MDPC (Methyl-desphenyl-chloridazon)	4,0	0,5
LM6 (4-(tert-Butylamino)-6-hydroxy-1-methyl-1,3,5-triazin-2(1H)-one)	16,3	3,7	(2,6-dimethyl-phenylcarbamoyl)-methansulfonsyre	3,3	0,2
DEIA	15,0	2,1	LM5 (6-(tert-Butylamino)-1,3,5-triazine-2,4-diol)	2,9	0,5
LM5 (6-(tert-Butylamino)-1,3,5-triazine-2,4-diol)	13,1	2,4	LM6 (4-(tert-Butylamino)-6-hydroxy-1-methyl-1,3,5-triazin-2(1H)-one)	2,8	0,4
Desisopropyl-atrazin	9,8	0,7	Bentazon	2,5	0,1
CTAS (Chlorothalonilamid sulfonsyre, R417888)	8,3	1,6	Dimethachlor ESA	2,2	0,5
Metribuzin-desamino-diketo	4,9	0,9	Alachlor ESA	1,7	0,2
Metribuzin-diketo	4,7	0,9	4-Nitrophenol	1,5	0,1
CGA 108906	4,5	0,5	1,2,4-Triazol	1,4	0,0
Bentazon	4,3	1,3	4-CPP	1,3	0,2
Desethyl-atrazin	4,3	0,6	DEIA	1,3	0,1
Didealkyl-hydroxyatrazin	3,8	0,4	Mechlorprop	1,1	0,0
DMSA (N,N-Dimethylsulfamidsyre) <sup>a</sup>	3,2	2,4	CGA 108906	1,0	0,1
CGA 62826 (N-(2,6-dimethylphenyl)-N-(methoxyacetyl)alanin)	3,2	0,6	Alachlor OA <sup>b</sup>	1,0	0,0
Atrazin	2,8	0,3	2,6-Dichlorbenzosyre	0,9	0,0
2,6-Dichlorbenzosyre	2,3	0,3	Metribuzin-desamino-diketo	0,9	0,0
(2,6-dimethyl-phenylcarbamoyl)-methansulfonsyre	2,2	0,4	2,4+2,5-Dichlorphenol <sup>b</sup>	0,9	0,5
4-Nitrophenol	1,8	0,0	Amitrol <sup>a</sup>	0,9	0,0
Dimethachlor ESA	1,8	0,6	CTAS (Chlorothalonilamid sulfonsyre, R417888)	0,8	0,1

b) Kun analyseret i 247-249 indtag.

c) Kun analyseret i 300-450 indtag.

**1,2,4-triazol.** Data for 1,2,4-triazol i grundvandsovervågningen var muligvis fejlbehæftede i 2023, der er derfor ingen opgørelse for 1,2,4-triazol i grundvandsovervågningen. I vandforsyningernes indtag blev 1,2,4-triazol i 2014-2023 påvist i 1,4 % af de undersøgte indtag uden overskridelse af kvalitetskravet. Fund og overskridelser i vandforsyningsindtagene er dermed væsentligt mindre end de foregående års fund i GRUMO-indtag. Det skyldes sandsynligvis, at vandforsyningernes indtag ligger dybere end i grundvandsovervågningen, idet 1,2,4-triazol i nogen grad sorberer til jordens uorganiske fraktion og kan nedbrydes i både iltet og reduceret i grundvandssediment (Albers mfl., 2023). 1,2,4-triazol er et nedbrydningsprodukt fra en række triazol-stoffer, der har, eller har haft, anvendelse i jordbruget fx fungiciderne triadimenol, triadimefon, bitertanol, tebuconazol, propiconazol, epoxiconazol, difenoconazol, prothioconazol, mefentrifluconazol samt herbicidet amitrol. Derudover kan 1,2,4-triazol i grundvandet under byområder stamme fra udbredt og fortsat brug af triazolfungicider, ofte propiconazol, i træbeskyttelse og udendørs maling, dog overvejende i koncentrationer under kvalitetskravet (Albers mfl., 2023). Bejdsemidler med triazolfungicider i landbruget kan også bidrage til 1,2,4-triazol i grundvandet (Albers mfl., 2021). Endelig kan der være andre kilder til 1,2,4-triazol, fx anvendes stoffet i udlandet som nitrifikationshæmmer ved udbringning af gødning (fx Triferto Fertilizers, 2021).

**N,N-dimethylsulfamid (DMS)** var i 2014-2023 det hyppigst påviste pesticidstof i vandforsyningernes indtag med fund i 24,3 % (5,6 % over kvalitetskravet) af de undersøgte indtag. I perioden 2014-2023 blev DMS påvist i 34,3 % af GRUMO-indtagene (5,5 % over kvalitetskravet). DMS er et nedbrydningsprodukt fra fungiciderne tolylfluamid, dichlofluamid og cyazofamid (Badawi mfl., 2023). Tolylfluamid var godkendt til bekæmpelse af svampesygdomme i frugt- og bærproduktion i perioden 1973-2007 (Miljøstyrelsen, 2018). Tolylfluamid var tidligere godkendt til bejdsning af frø til eksport. Dichlofluamid var godkendt til frugt- og bærproduktion i perioden 1966-1974 med stort set samme anvendelsesområde som tolylfluamid, men blev hovedsagelig anvendt i en kortere periode på 3 år (Miljøstyrelsen, 2018). Tolylfluamid og dichlofluamid har desuden haft en række biocidanvendelser såsom træbeskyttelse og konservering af overfladefilm i udendørs maling. Danmarks Farve- og Limindustri har oplyst til Miljøstyrelsen, at tolylfluamid og dichlofluamid blev udfaset i perioden 2008-2015. Cyazofamid har været solgt i perioden 2004-2023 til sprøjtning af kartofler. Miljøstyrelsen har med virkning fra 30. januar 2023 tilbagekaldt godkendelserne af produkter med cyazofamid pga. risiko for uacceptabel udvaskning af DMS og DMSA til grundvand. Nye forsøg (Albers m.fl., 2023) viser, at DMS til dels nedbrydes i overjorden, hvorimod det er persistent i dybere lag. Kombinationen af moderstoffernes hyppige anvendelse som sprøjtemiddel over en lang periode og udbredte biocidanvendelse i bebyggede områder, ingen tilbageholdelse af DMS i jord, samt høj persistens i underjorden giver samlet set en meget høj risiko for udvaskning af DMS til grundvandet.

**Desphenylchloridazon (DPC) og methyldesphenylchloridazon (MDPC).** DPC blev i perioden 2014-2023 påvist i 30,7 % af de undersøgte GRUMO-indtag (17,5 % over kvalitetskravet). DPC er det eneste pesticidstof, der oftere påvises over kvalitetskravet end under. MDPC blev påvist i 17,7 % af de undersøgte GRUMO-indtag (5,9 % over kvalitetskravet). I vandforsyningernes indtag blev DPC i 2014-2023 påvist i 16,0 % af de undersøgte indtag (4,3 % over kvalitetskravet). MDPC's fundandele var betydeligt lavere med fund i 4,0 % af de undersøgte indtag og overskridelse af kvalitetskravet i 0,5 %. DPC og MDPC er nedbrydningsprodukter fra herbicidet chloridazon, som blev solgt i Danmark fra 1964 til 1996 (Miljøstyrelsen, 2017a) overvejende til brug i bederoer (sukkerroer og fodersukkerroer).

**2,6-dichlorbenzamid (BAM).** I 2014-2023 blev BAM påvist i 16,5 % af de undersøgte GRUMO-indtag (5,3 % over kvalitetskravet). I vandforsyningernes indtag blev BAM i 2014-2023 påvist i 13,0 % af de undersøgte indtag (1,4 % over kvalitetskravet). BAM har historisk været et af de hyppigst påviste nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen og vandforsyningernes boringskontrol. Der er i grundvandsovervågningen en lang tidsserie med BAM, som viser, at belastningen er aftagende, se Figur 36. BAM er et nedbrydningsprodukt fra herbiciderne dichlobenil (salg 1969-1996) og chlorthiamid (salg 1965-1980). Disse moderstoffer blev hovedsageligt brugt på gårdspladser, indkørsler og andre befæstede arealer, samt i frugt- og bærproduktion. BAM er også et nedbrydningsprodukt fra fungicidet fluopicolid, der bruges til bejdsning af såsæd. Fluopicolid må ikke anvendes til bejdsning i Danmark, men man kan lovligt importere fluopicolid-bejdset såsæd fra et andet EU-land, hvor anvendelsen er godkendt. Da fluopicolid er et fungicid, kunne stoffet i teorien også have haft biocidanvendelser i stil med DMS' moderstoffer, men Miljøstyrelsen oplyser, at fluopicolid ikke er opført på listen over eksisterende

biocidaktivstoffer, og der er ikke registreret produkter i Bekæmpelsesmiddeldatabasen, hvor det indgår som aktivstof.

**Chlorothalonils nedbrydningsprodukter.** Chlorothalonils nedbrydningsprodukt R471811 (4-bis-amido-3,5,6-trichlorobenzensulfonat) kom på drikkevandsbekendtgørelsens bilag 2 den 1. juli 2022. R471811 er testet i 2.444 vandforsyningsindtag med fund i 16,2 % (1,7 % over kvalitetskravet), hvilket gør R471811 til det næsthøypigste pesticidstof i vandforsyningernes indtag i perioden 2014-2023. I grundvandsovervågningen var R471811-data muligvis fejlbehæftede i 2023, der er derfor ingen opgørelse for R471811. Nedbrydningsproduktet CTAS (chlorothalonilamidsulfonsyre) er langt mindre udbredt end R471811 med fund i 0,8 % (0,1% over kvalitetskravet) i vandforsyningernes indtag og 8,3 % (1,6 % over kvalitetskravet) i grundvandsovervågningen i perioden 2014-2023. Chlorothalonil er et fungicid, som ifølge Miljøstyrelsens bekæmpelsesmiddelstatistikker har været solgt i perioden 1982-2000 (Miljøstyrelsen, 2017a). Ligesom DMS' moderstoffer har chlorothalonil været brugt både som sprøjtemiddel og som biocid fx i facademaling (Lassen mfl., 2001), men der er begrænset viden om stoffets eventuelle forekomst i grundvandet under bebyggede områder. Anvendelsen i maling indgår ikke i Miljøstyrelsens salgsstatistik. Ifølge den fællesnordiske Spin-database (spin2000.net) har chlorothalonil haft biocidanvendelse i Danmark frem til 2003.

**Triazinerne.** Triazinerne og de tilhørende nedbrydningsprodukter er blandt de hyppigt fundne stoffer i GRUMO-indtag, men findes sjældnere i vandforsyningernes indtag. LM3 blev i 2022 screenet i GRUMO og var det hyppigst fundne triazin med fund i 21,7% af screenede indtag (2,0% over kvalitetskravet). LM3 er et nedbrydningsprodukt fra terbuthylazin, sandsynligvis også fra terbutryn og muligvis fra cybutryn. To beslægtede nedbrydningsprodukter med samme oprindelse, LM5 og LM6 var nye stoffer i grundvandsovervågningens analyseprogram i 2023, hvor LM6 blev påvist i 16,3 % af indtagene (3,7 % over kvalitetskravet) og LM5 påvist i 13,1 % af indtagene (2,4 % over kvalitetskravet). LM3 kom på drikkevandsbekendtgørelsens bilag 2 den 22. maj, 2023 og blev påvist i 6,0% af de 806 undersøgte indtag (0,3% over kvalitetskravet). LM5 og LM6 var de næsthøypigste triaziner i vandforsyningsindtag. Udover terbuthylazins nedbrydningsprodukter var DEIA (desethyl-desisopropylatrazin) det hyppigste triazin med fund i 15,0 % af GRUMO-indtagene (2,1 % over kvalitetskravet) i 2014-2023. DEIA kan stamme fra mindst fire forskellige chlortriaziner (atrazin, terbuthylazin, simazin og cyanazin), idet deres molekylære struktur kun er forskellig for enkelte sidegrupper. Når sidegrupperne fraspaltes, har nedbrydningsprodukterne, fx DEIA, identisk struktur. Triazinerne er en stor stofgruppe, der tidligere var bredt anvendt ikke mindst i landbruget, hvor de i dag er forbudte bortset fra Sulfonylurea-herbicer, der indeholder en triazin-ring (fx tribenuron-methyl, metsulfuron-methyl og iodosulfuron-methyl), men inkluderes oftest ikke i gruppen af triaziner. En række forskellige triaziner har været anvendt som biocider, fx terbutryn og cybutryn, hvor terbutryn fortsat er tilladt. Over årene er triazinoner også hyppigt påvist i grundvandsovervågningen. I perioden 2014-2023 var metribuzin-desamino-diketo det hyppigste triazinon og påvist i 4,9 % af GRUMO-indtagene (0,9 % over kvalitetskravet). Metribuzin-desamino-diketo er et nedbrydningsprodukt fra triazinon-herbicidet metribuzin, som tidligere var aktivstof i herbicer til kartofler.

**Metalaxyl/metalaxyl-M's nedbrydningsprodukter.** CGA 108906 er det hyppigst påviste metalaxyl-nedbrydningsprodukt i grundvandsovervågningen og blev i perioden 2014-2023 påvist i 4,5 % af indtagene (0,5 % over kvalitetskravet) og i 1,0 % af de undersøgte vandforsyningsindtag (0,1 % over kvalitetskravet). Moderstoffet metalaxyl/metalaxyl-M har været anvendt som fungicid til sprøjtning af kartofler frem til 2013. Metalaxyl/metalaxyl-M har også været brugt til bejdsning af såsæd fx vinterraps og majs og man kan stadigvæk lovligt importere såsæd bejdset med metalaxyl fra EU-lande, hvor denne anvendelse er godkendt. Det meste konventionelle majsåsæd er importeret og har formodentlig ofte været bejdset med Redigo M (se fx Effektivt Landbrug, 2020 og Linds, 2023), der indeholder aktivstofferne prothioconazol og metalaxyl. Metalaxyl/metalaxyl-M er et fungicid og kunne derfor i princippet også have haft biocidanvendelser i stil med DMS' moderstoffer, men Miljøstyrelsen oplyser, at metalaxyl/metalaxyl-M ikke er opført på listen over eksisterende biocidaktivstoffer.

**Chloroacetanilidernes nedbrydningsprodukter.** I perioden 2013-2022 var dimethachlors nedbrydningsprodukt (2,6-dimethyl-phenylcarbonyl)-methansulfonsyre (syreformen af CGA 369873) det hyppigst forekommende chloroacetanilid i både vandforsyningernes indtag (fund i 3,3 % af de undersøgte indtag, 0,2 % over kvalitetskravet) og grundvandsovervågningen (fund i 2,2 % af de undersøgte indtag, 0,4 % over kvalitetskravet). En række andre chloroacetanilid-nedbrydningsprodukter



(fx dimethachlor ESA, alachlor ESA, alachlor OA, dimethachlor OA, [(2,6-Dimethylphenyl)(2-sulfoacetyl)amino]eddikesyre og metazachlor ESA) er fundet i op til et par procent af de undersøgte indtag i vandforsyningen og grundvandsovervågningen. Chloroacetaniliderne er en gruppe herbicider, hvor grundstrukturen er dialkylanilin med forskellige sidegrupper. Chloroacetaniliderne blev anvendt i landbrug og frilandsgartnerier til ukrudtsbekæmpelse og nedvisning. Dimethachlor blev solgt i perioden 1981-1990 med et samlet salg på 161 ton, alachlor blev solgt i perioden 1970-1986 med et samlet salg på 116 ton og propachlor blev solgt i perioden 1968-1997 med et samlet salg på 134 ton (Miljøstyrelsen, 2017a). Metazachlor har aldrig været tilladt som sprøjtemiddel i Danmark. To typer nedbrydningsprodukter OA (-oxoacetic acid) og ESA (-oxoethanesulfonic acid) går igen for alle stofferne, når sidegruppen med chloratomet omdannes, men derudover dannes en række andre nedbrydningsprodukter.

**DEET** (diethyltoluamid) er et biocid-aktivstof, der bruges mod insektbid (afskrækningsmiddel). Mest kendt er anvendelsen mod myg, men ifølge Pesticides Properties Database (PPDB) kan stoffet anvendes mod en række invertebrater fx lopper, sandfluer, flåter og igler. DEET har høj fundandel i vandforsyningsindtag i perioden 2014-2023 (10,6%). De fleste undersøgte indtag ligger i Hovedstadsområdet og vest for Køge. Efter stort fokus på prøvetagernes brug af myggemidler faldt andelen til 2,1 % i 2023. I GRUMO er 248 indtag screenet for DEET uden fund.

## Referencer: Pesticider

### Miljøministeriet/styrelsen

Miljøstyrelsen, 2017a: Pesticider og biocider, salgstal 1956-2014. Miljøstyrelsen 14. december 2017.

Miljøstyrelsen, 2018: Notat. Screening for N,N-dimethylsulfamid (CAS nr. 3984143) - nedbrydningsprodukt fra tolylfluorid (CAS nr. 731271) og dichlofluorid (CAS nr. 1085-98-9) i grundvandsovervågningen. Notat af 9. juni, 2018. Revideret 14. august 2018.

Miljøstyrelsen, 2021: Status and trends of the aquatic environment and agricultural practice in Denmark. Report to the European Commission of the period 2016-2019 in accordance with article 10 of the Nitrates Directive (1991/676/EEC). March 2021.

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

Miljøstyrelsen, 2021d: Nyt stof fundet i grundvandet. Downloaded 15/10-2021. <https://mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2021/jan/nyt-stof-fundet-i-grundvandet/> links ikke længere aktivt.

Miljøstyrelsen, 2021a: Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord, opdateret juli 2021. [https://edit.mst.dk/media/twgdlftx/liste-over-jordkvalitetskriterier-juli-2021\\_final-rev.pdf](https://edit.mst.dk/media/twgdlftx/liste-over-jordkvalitetskriterier-juli-2021_final-rev.pdf) (2-12-2024)

Miljøstyrelsen, 2023a: Liste over drikkevandskvalitetskriterier: <https://edit.mst.dk/media/dqsdvvr/liste-over-drikkevandskvalitetskriterier-april-2023-final.pdf>

Miljøstyrelsen og GEUS. 2023. Anbefaling for specifikke pesticidstoffer til boringskontrollens obligatoriske pesticidliste og GRUMO stofliste – 2023. Arbejdsdokument til Vandpanelet.

### Links og andre referencer

Albers, C.N., Bollmann, U.E., Badawi, N., Johnsen, A.R., 2021: Leaching of 1,2,4-triazole from commercial barley seeds coated with tebuconazole and prothioconazole. Chemosphere 286: 131819. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131819> (2-12-2024)

Albers CN, Johnsen AR, Bollmann UE. Urban areas as sources of the groundwater contaminants N,N-dimethylsulfamide (N,N-DMS) and 1,2,4-triazole. 2023. Sci Tot Environ. 881:163377. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969723019964?via%3Dihub> (2-12-2024)

Bekæmpelsesmiddeldatabasen (bmd) <https://mst.dk/erhverv/sikker-kemi/database-for-bekaempelsesmidler/bmd> (2-12-2024)

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. Varslingssystem for udvaskning af pesticider til Grundvand. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland.

DANVA, 2018: Personlig kommunikation, Seniorkonsulent Claus Vangsgård.

Effektivt landbrug 2020. Udbudte bejdsemidler i majs til sæson 2021. <https://effektivtlandbrug.landbrugnet.dk/artikler/planter/udbudte-bejdsemidler-i-majs-til-saeson-2021.aspx> (2-12-2024)

Lassen C, Skårup S, Mikkelsen SH, Kjølholt J, Nielsen PJ, Samsøe-Petersen L, 2001. Inventory of Biocides used in Denmark. Environmental Project No. 585. Miljøstyrelsen.

Linds, 2023. Bejdsning af majsfrø. <https://www.linds.dk/majs-bejdsning/> (2-12-2024)

Pesticides Properties DataBase, <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm> (2-12-2024)

Spin databasen: [spin2000.net](https://spin2000.net). (2-12-2024- kræver login)

Statens Forsøgsvirksomhed, 1960. Specialpræparater anerkendte af Statens Forsøgsvirksomhed i plantekultur til bekæmpelse af plantesygdomme og skadedyr. Gyldig for året 1960

Statens Forsøgsvirksomhed, 1962. Specialpræparater anerkendte af Statens Forsøgsvirksomhed i plantekultur til bekæmpelse af plantesygdomme og skadedyr. Gyldig for året 1962

Triferto Fertilizers, Piadin IBC 1.000 liter. Nitrification inhibitor: Active ingredient 1H- 1,2,4 Triazole with 3-methylpyrazole. Downloadet 22/11-2021 fra: <https://www.triferto.eu/en/commodities/123/piadin-ibc-1-000-liter> (2-12-2024)

Thorling, L., Albers, C.N., Ditlefsen, D., Hansen, B., Johnsen, A.R., Kazmierczak, J., Mortensen, M.H. & Troldborg, L., 2024: Grundvand. Status og udvikling 1989–2022. Teknisk rapport, GEUS 2024. [https://data.geus.dk/pure-pdf/Grundvandsoverv%C3%A5gning.%20Status%20og%20udvikling%201989-2022\\_web.pdf](https://data.geus.dk/pure-pdf/Grundvandsoverv%C3%A5gning.%20Status%20og%20udvikling%201989-2022_web.pdf) (2-12-2024)

## 6 Organiske mikroforureninger

### Indledning

Organiske mikroforureninger er en meget forskelligartet stofgruppe med mange forskellige detektionsgrænser og kvalitetskriterier samt meget forskellige kilder og opførsel i miljøet. De stofgrupper, der pt. indgår i grundvandsovervågningen, beskrives derfor kort i det følgende, med hensyn til anvendelsesområde. Detektionsgrænser og kvalitetskrav præsenteres i hovedafsnittene, mens stoffernes opførsel i miljøet kun berøres sporadisk i denne rapport. Organiske mikroforurenings-stoffer tilhørende andre stofgrupper end omtalt her er inkluderet i opgørelsen for vandforsyningernes boringskontrol, men deres anvendelse m.m. beskrives ikke i dette indledende kapitel.

Kapitlet om organiske mikroforureninger er opdelt i to hovedafsnit. Første hovedafsnit omhandler resultater fra grundvandsovervågningen (GRUMO). Andet hovedafsnit omhandler resultater fra de almene vandforsyningers overvågning af indvindingsboringer (boringskontrollen). Overvågningen af organiske mikroforureninger i grundvand omfatter et antal miljøfremmede organiske stoffer, der anvendes eller tidligere har været bredt anvendt i Danmark, og det er ikke nødvendigvis de samme stoffer, som er undersøgt i GRUMO og i boringskontrollen. Der er dog et vist overlap af stoffer, og hvor det er muligt, vil data fra GRUMO og vandforsyningerne derfor blive sammenlignet og diskuteret.

### Per- og polyfluorerede alkylforbindelser (PFAS)

Per- og polyfluorerede alkylstoffer (PFAS) er en stofgruppe, der indeholder tusindvis af stoffer. De perfluorerede forbindelser indeholder en alkylkæde, hvor alle brintatomer er substitueret med fluoratomer, mens brintatomer i alkylkæden i de polyfluorerede forbindelser kun er delvist substituerede med fluoratomer. Den fluorerede alkylkæde er ofte tilføjede en carboxyl-, sulfon- eller fosfonsyre, hvilket giver såvel hydrofile som hydrofobe egenskaber (olie- og vandafvisende) i samme molekyle kombineret med en høj kemisk og termisk stabilitet. Stofgruppen anvendes derfor som bl.a. overfladeaktive stoffer, hjælpestoffer i brandslukningsmidler, imprægneringsmidler i beklædning, antistatiske midler, flammehæmmere og indgår desuden i syntesen af polymerer såsom teflon, malingsadditiver og diverse smøremidler. I dag produceres en meget lang række forskellige kemiske strukturer med per- og polyfluorerede elementer. Især de perfluorerede alkylkæder er meget svært nedbrydelige, både kemisk og biologisk, og stofferne findes derfor i dag vidt udbredt i miljøet.

De seneste definitioner af PFAS-forbindelser er, at de blot skal indeholde ét fuldt fluoreret methyl- eller methylen-kulstofatom (altså enten en  $-CF_3$  eller en  $-CF_2-$  gruppe) (OECD, 2021). Dermed skal antallet af PFAS-forbindelser tælles i titusinder (Barnabas et al., 2022), hvilket er væsentligt højere end tidligere estimater af antallet af kommercielle PFAS-forbindelser (ca. 3000, Wang et al., 2017). Det er i den forbindelse vigtigt at bemærke, at der analyseres for et meget begrænset antal PFAS-forbindelser i det danske grundvand (typisk op til 22 inden for den 'klassiske' gruppe af PFAS-forbindelser), og at der dermed er en risiko for, at man ikke analyserer for de PFAS-forbindelser, som forekommer hyppigst eller i højest koncentration i grundvandet.

Trifluoreddikesyre (TFA) er også en PFAS-forbindelse, tilhørende gruppen af ultrakorte PFAS-forbindelser. TFA kan også være et nedbrydningsprodukt fra pesticider og indgik derfor i screeningen for pesticidstoffer i 2020. TFA blev der fundet vidt udbredt i det danske grundvand (89 % af 247 analyserede indtag lå over detektionsgrænsen på 0,05 µg/l, Thorling mfl., 2021), således som det også kendes fra udlandet, fx Tyskland. Kilden til TFA i dansk grundvand blev af Miljøstyrelsen vurderet til primært at være industrikemikalier (hvor TFA fx kan dannes ved atmosfærisk nedbrydning af kølemidler eller afbrænding af teflon), hvorfor TFA ikke reguleres som et pesticidstof. TFA i dansk nedbør og ungt grundvand under flere danske naturområder, med atmosfærisk afsætning som eneste sandsynlige kilde, er efterfølgende blevet bekræftet (Albers, 2024). Laboratorieundersøgelser viser dog også, at flere pesticider med stor anvendelse i Danmark frigiver betydelige mængder TFA under nedbrydning i jord (Johnsen m.fl., 2024, in press).

## Halogenerede alifatiske kulbrinter

Halogenerede alifatiske kulbrinter er en gruppe stoffer, der primært har været anvendt som opløsnings- og affedtningsmidler. Alle stofferne indeholder halogener som klor eller brom, mens forbindelser med fluor typisk indgår i gruppen PFAS. De vigtigste halogenerede alifatiske kulbrinter (set i forhold til grundvandsforurening) indeholder klor og omtales ofte som "chlorerede opløsningsmidler". De hyppigst fundne er chlorerede ethener (tetrachlorethylen, trichlorethylen, dichlorethylener, vinylchlorid) samt chloroform (trichlormethan). Halogenerede alifatiske kulbrinter optræder fx ved fyld- og lossepladser, forurenede grunde ved renserier, industrier med maskiner, der kræver affedtning samt ved virksomheder med laboratorieaktivitet. Anvendelsen af denne gruppe stoffer i mindre erhvervsvirksomheder har resulteret i mange små punktkilder, der påvirker såvel jord som grundvand.

Dichlorethylener og vinylchlorid er nedbrydningsprodukter fra de chlorerede opløsningsmidler tetra- og trichlorethylen og har under iltfrie forhold typisk en langsommere nedbrydningshastighed end de øvrige chlorerede kulbrinter, hvilket kan betyde, at der kan ske en opkoncentrering i de grundvandsmagasiner, der er forurenede med chlorerede opløsningsmidler. Dichlorethylenerne har hidtil ikke været inkluderet i grundvandsovervågningen, men analyseres hyppigt i vandforsyningernes boringskontrol. Fra og med 2023 indgår dichlorethylenerne i grundvandsovervågningen. Visse halogenerede kulbrinter kan endvidere optræde naturligt i grundvand. Af de stoffer, som typisk analyseres i det danske grundvand, gælder dette dog kun for chloroform (Jacobsen m.fl., 2007, Albers, 2010; Albers m.fl., 2010).

## 6.1 Organiske mikroforureninger, Grundvandsovervågning

### Datagrundlag og metode

Grundvandsovervågningen omfatter for hver programperiode et antal udvalgte stoffer. Tabel 14 viser de 31 stoffer, der indgår i analyseprogrammet for programperioden 2023-2027. Herudover kan der enkelte år være screeninger for særlige stoffer, men det har ikke været tilfældet i de seneste par år. Dog har der været screeninger af pesticidstoffer i grundvandet, hvoraf flere efterfølgende er vurderet til ikke at være pesticidstoffer og derfor nu figurerer som organiske mikroforureninger. Bortset fra stoffet trifluoreddikesyre (TFA), som blev fundet vidt udbredt i grundvandet og efterfølgende indgår i drikkevandsbekendtgørelsen, behandles disse ikke direkte i denne rapport. Bilag 3.3 indeholder en oversigt over programlagte stoffer gennem grundvandsovervågningens historie og den periode, de enkelte stoffer har indgået i analyseprogrammerne, samt det samlede antal prøver for hvert stof.

Der er forskel i prøvetagningsfrekvens for de forskellige organiske mikroforureningsstoffer. For at få den bedst mulige repræsentativitet, kombineret med nyest mulige data, er der derfor valgt følgende for årets rapport:

PFAS afrapporteres for 2021-2023, da de lave detektionsgrænser og udvidelsen til 22 stoffer startede i 2021. Datasættet kan derfor forventes at være forholdsvis homogent. 2021- og 2022-data er tidligere afrapporteret (Thorling mfl. 2024), men da der var meget få PFAS-analyser i 2023 (ca. 70 indtag), giver det ikke mening af afrapportere disse selvstændigt. Mere end 60 % af de aktive GRUMO-indtag er ikke analyseret for PFAS i 2021-2023, og der er fokuseret på yngre grundvand, når indtag skulle udvælges til analyse for PFAS. Den rapporterede forekomst af PFAS må således formodes alene at repræsentere forekomsten i forholdsvis nydannet grundvand.

TFA afrapporteres for 2023, hvor stoffet indgik i kontrolovervågningen og derfor er analyseret i mere end 1000 indtag.

For alle stofgrupperne gælder, at der i opgørelserne er anvendt den højest målte koncentration i perioden. Et indtag indgår således kun én gang i diverse optællinger, uanset om der er analyseret for et stof én eller flere gange i perioden.

Rapportering af Halogenerede alifatiske kulbrinter, der indgik i kontrolovervågningen i 2023, hvor mere end 1000 indtag blev analyseret, afventer en yderlig kvalitetskontrol hos SGAV for data fra 2022 og 2023, da der er begrundet usikkerhed om prøvernes analysekvalitet.

Tabel 14. Organiske mikroforureninger programlagt i perioden 2023-207 og omfattet af denne rapportering. Kravværdi for drikkevand ifølge drikkevandsbekendtgørelsen, se kapitel 2 og bilag 8.

Stofgruppe/sumværdi	Stofnavn	Kravværdi (KV, µg/l)
PFAS (4 styk)	PFOA (perfluorooctansyre) PFNA (perfluorononansyre) PFHxS (perfluorhexansulfonsyre) PFOS (perfluorooctansulfonsyre)	0,002
PFAS (22 styk)	Ovenstående fire +: PFBA (perfluorbutansyre) PFPeA (perfluorpentansyre) PFHxA (perfluorhexansyre) PFHpA (perfluorheptansyre) PFDA (perfluordecansyre) PFUnDA (Perfluorundecansyre) PFDODA (Perfluordodecansyre) PFTTrDA (Perfluortridecansyre) PFBS (perfluorbutansulfonsyre) PFPeS (Perfluorpentansulfonsyre) PFHpS (Perfluorheptansulfonsyre) PFNS (Perfluorononansulfonsyre) PFDS (Perfluordecansulfonsyre) PFUnDS (Perfluorundecansulfonsyre) PFDODS (Perfluordodecansulfonsyre) PFTTrDS (Perfluortridecansulfonsyre) PFOSA (perfluorooctansulfonamid 6:2 FTS (6:2 fluorotelomersulfonsyre)	0,1
Ultrakortkædede PFAS	TFA (trifluoreddikesyre)	9

For mange stoffer i gruppen af organiske mikroforureninger, er der stor risiko for kontaminering af prøverne under og efter prøvetagning. Det skyldes den ofte meget brede anvendelse af stofferne. For at undgå kontaminering skal udførelse og udbygning af borerne samt den efterfølgende prøvetagning, prøveopbevaring og laboratoriehåndtering af vandprøverne derfor ske med særlig stor omhu og omtanke, jf. de tekniske anvisninger (Thorling, 2022). Muligheden for forekomst af falske positive (fund, hvor der reelt intet er i grundvandet) har været diskuteret i flere rapporteringer af organiske mikroforureninger. GEUS udførte derfor i perioden 2015-2017 en grundig gennemgang af alle fund af organiske mikroforureninger siden overvågningens begyndelse i 1989 og frem til 2015. Resultatet af denne gennemgang blev, at godt 3.000 fund fra 1990-2015 blev vurderet fejlbehæftede (GEUS, 2018). Disse fund af især aromatiske kulbrinter, nonylfenoler og phthalater er efterfølgende blevet mærket i Jupiter, således at de ikke længere indgår i det dataudtræk, som ligger til grund for afrapporteringen, se Bilag 7. Ingen af disse tre stofgrupper er dog analyseret i perioden 2019-2023.

For PFAS-forbindelser, inklusive TFA, kan det være svært at udelukke afsmitning fra fx installationer i boringen eller på anden vis, ikke mindst på grund af den ekstremt lave detektionsgrænse for PFAS'erne (0,0003-0,005 µg/l, se Tabel 15) kombineret med deres udbredte anvendelse i samfundet. I forbindelse med etableringen og instrumenteringen af borerne, er der fx nogle steder anvendt teflonholdige materialer, som teflontape til tætning af rør og teflonkugler i montejustpumper, der giver en potentiel risiko for afsmitning. Brugen af teflonholdige materialer blev tidligere anbefalet i Teknisk anvisning for Grundvandsovervågningen (GEUS, 2003 og Thorling, 2012), hvor denne stofgruppe endnu ikke var identificeret som havende en potentiel forureningsrisiko. Risiko for kontaminering med PFAS fra teflonholdige materialer er beskrevet i metodedatabladet fra referencelaboratorierne (REFLAB, 2015), men der er pt. ikke nogen evaluering af betydningen af denne kontamineringsrisiko.

For de halogenerede alifatiske kulbrinter, vurderes risikoen for kontaminering at være lav.

## Status PFAS

Tabel 15 viser enkeltstof- og sumværdier for de 22 PFAS-forbindelser, som blev analyseret i 2021-2023 og som pt. indgår i drikkevandsbekendtgørelsens kravværdi for 'sum af PFAS'. Der var fund af 14 af de 22 PFAS-forbindelser, med PFOA som den hyppigst fundne, efterfulgt af PFOS, PFBS og PFHxS med næsten lige så mange fund. Samlet set var der fund af én eller flere PFAS-forbindelser i 100 ud af 330 indtag, som blev undersøgt for alle 22 PFAS, svarende til 30 %. I 66 ud af de 100 indtag med fund, blev der fundet mere end én PFAS-forbindelse. I de 34 indtag med fund af kun én PFAS var det typisk PFOA eller PFOS, der blev fundet, og i få tilfælde PFBS. Lidt flere indtag er undersøgt for de fire PFAS-forbindelser, som indgår i Sum af 4 PFAS, her var der fund i 96 ud af 404, svarende til 24 %.

Tabel 15. GRUMO. PFAS, 2021-2023. Typiske detektionsgrænser (DG) i perioden er angivet. Kravværdi (KV) fremgår af Tabel 14 og også angivet for de enkelte stoffer, som tilhører hhv. Sum af 4 og sum af 22 PFAS. Antal og procentvis fordeling for fund og overskridelser af kravværdien (KV) er angivet på indtagsniveau.

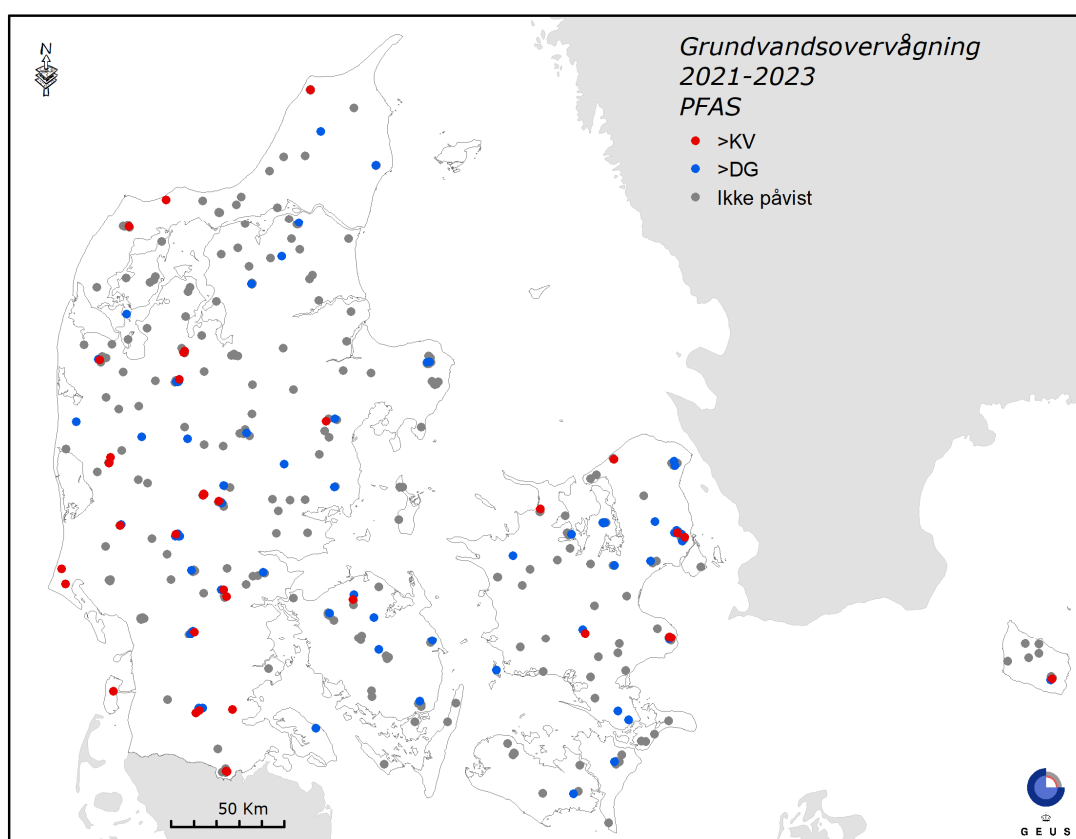
Stofnavn	DG	KV	Indtag Antal			Indtag andel (%)	
	µg/l	µg/l	I alt	≥DG	>KV	≥DG	>KV
Sum 22 PFAS		0,1	330	100	1	30,3	0,3
Sum 4 PFAS		0,002	404	96	37	23,8	9,2
PFOA (Perfluoroktansyre)	0,0003-0,001	0,002	404	60	19	14,9	4,7
PFOS (Perfluoroktansulfonsyre)	0,0003-0,001	0,002	404	58	14	14,4	3,5
PFBS (Perfluorbutansulfonsyre)	0,0003-0,001	0,1	404	51	0	12,6	0,0
PFHxS (Perfluorhexansulfonsyre)	0,0003-0,001	0,002	404	48	11	11,9	2,7
PFHxA (Perfluorhexansyre)	0,0003-0,005	0,1	404	23	0	5,7	0,0
PFHpA (Perfluorheptansyre)	0,0003-0,001	0,1	404	22	0	5,4	0,0
PFBA (Perfluorbutansyre)	0,001-0,01	0,1	404	19	0	4,7	0,0
PFPeS (Perfluorpentansulfonsyre)	0,0003	0,1	338	11	0	3,3	0,0
PFPeA (Perfluorpentansyre)	0,0003-0,009	0,1	404	11	0	2,7	0,0
PFNA (Perfluornonansyre)	0,0003-0,001	0,002	404	4	0	1,0	0,0
PFHpS (Perfluorheptansulfonsyre)	0,0003	0,1	338	3	0	0,9	0,0
6:2 FTS (1H,1H,2H,2H-Perfluoroktansulfonsyre)	0,0003-0,001	0,1	404	3	1	0,7	0,2
PFOSA (Perfluoroktansulfonamid)	0,0003-0,001	0,1	404	1	0	0,2	0,0
PFDA (Perfluordecansyre)	0,0003-0,001	0,1	404	1	0	0,2	0,0
PFDS (Perfluordecansulfonsyre)	0,0003	0,1	338	0	0	0,0	0,0
PFUnDA (Perfluorundecansyre)	0,0003	0,1	338	0	0	0,0	0,0
PFDoDA (Perfluordodecansyre)	0,0003	0,1	338	0	0	0,0	0,0
PFTTrDA (Perfluortridecansyre)	0,0003	0,1	338	0	0	0,0	0,0
PFNS (Perfluornonansulfonsyre)	0,0003	0,1	338	0	0	0,0	0,0
PFUnDS (Perfluorundecansulfonsyre)	0,001-0,05	0,1	330	0	0	0,0	0,0
PFDoDS (Perfluordodecansulfonsyre)	0,0003	0,1	338	0	0	0,0	0,0
PFTTrDS (Perfluortridecansulfonsyre)	0,001-0,05	0,1	330	0	0	0,0	0,0

Koncentrationen var under kravværdien på 0,1 µg/l for sum af 22 PFAS i alle undersøgte indtag, undtagen ét. I dette indtag, skyldes overskridelsen en koncentration på 0,27 µg/l 6:2 FTS i en prøve fra 2023. Der er ikke i de to tidligere analyser fra 2021 og 2022 fundet 6:2 FTS i dette indtag og detektionsgrænsen er samtidigt kraftigt forøget, op til faktor 30, for øvrige PFAS-forbindelser i prøven. Den høje koncentration af 6:2 FTS og dermed den konstaterede overskridelse for sum af 22 PFAS er altså med stor sandsynlighed ikke reel. Højeste sum-koncentration derudover var 0,070 µg/l, altså på 70 % af kravværdien. Til gengæld blev der målt koncentrationer for Sum af 4 PFAS over kravværdien for drikkevand i 37 ud af 404 undersøgte indtag, svarende til 9 %. Højest koncentration var 0,043 µg/l, altså ca. 21 gange over kravværdien. I fire indtag blev der fundet 10 gange kravværdien eller mere. Målinger af Sum af 4 PFAS over kravværdien skyldes både PFOS, PFOA og PFHxS, mens PFNA ikke bidrager væsentligt til hverken fund eller sumkoncentrationer over kravværdien. PFNA sorberer væsentlig mere end PFOA og PFHxS til både jord og til den umættede zones luft/vand-overflader, hvorfor der må

forventes en væsentlig større tilbageholdelse af dette stof i de øvre jordlag. Tilbageholdelsen af PFOS burde dog være på ca. samme niveau som for PFNA, så selvom kildestyrken til miljøet af individuelle PFAS-forbindelser er dårligt belyst i Danmark, må det konkluderes, at kildestyrken for PFNA enten har været væsentlig mindre eller tidsmæssig senere end for PFOS.

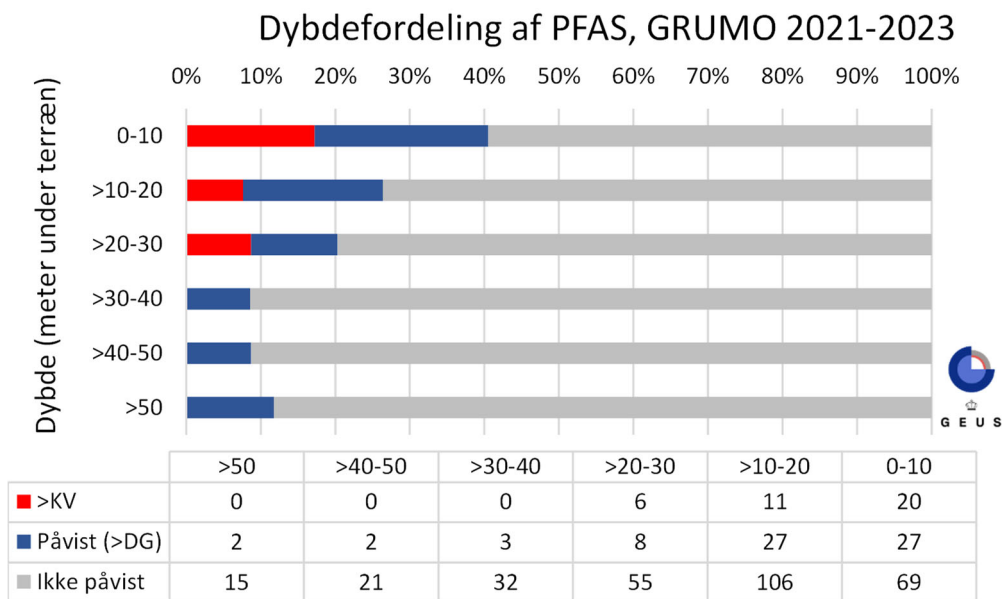
Af de 10 'nye' PFAS-forbindelser, som først fra 2021 er begyndt at blive undersøgt i grundvandet, er det kun PFPeS og PFHpS, som påvises i hhv. 11 og 3 ud af 338 indtag. Dette er forventeligt, da de øvrige otte forbindelser alle er langkædede og har en meget høj tendens til at sorbere til både jord og til luft/vand-overflader i umættet zone.

Figur 41 viser den geografiske fordeling af PFAS-fund i 404 undersøgte GRUMO-indtag. Indtagene er spredt rundt i hele Danmark, og det samme ser ud til at gælde for både fund og overskridelser af kravværdien. Ud fra dette ser det ikke ud til, at PFAS er knyttet til grundvand i særlige områder af landet, men det vurderes, at 404 indtag er i underkanten til at kunne konkludere på den geografiske fordeling.



Figur 41. GRUMO. Forekomst af PFAS i 404 GRUMO-indtag i perioden 2021-2023. Rød markerer fund over kravværdien for Sum af PFOS, PFOA, PFHxS og PFNA. Blå (>DG) markerer fund af mindst én PFAS-forbindelse under kravværdien. Grå markerer ingen påviste PFAS (<DG). De højeste koncentrationer er afbildet øverst.

Figur 42 viser dybdefordelingen for fund af PFAS. Det forholdsvist lille antal indtag, som er undersøgt for PFAS i 2021-2023 øger usikkerheden på en sådan analyse. Især er der meget få undersøgte indtag dybere end 30 m, hvilket skyldes fokus på at undersøge PFAS-forekomst i formodet ungt grundvand. Både fundandele og andelen af indtag med koncentrationer over kravværdien ser dog ud til at være faldende med dybden. De PFAS-forbindelser, som udgør hovedandelen af fundene og overskridelserne (se Tabel 15), forventes ikke at nedbrydes, når de først har nået grundvandet (Newell mfl., 2021). Selvom der kan ske en vis fortynding i grundvandsmagasinerne, indikerer det observerede dybdemønster derfor, at PFAS-koncentrationer over den nuværende kravværdi også vil kunne findes i større dybde i løbet af de kommende år.



Figur 42. GRUMO. Dybdefordeling af 404 GRUMO-indtag, der er analyseret for PFAS i perioden 2021-2023. Indtagene er opdelt i tre koncentrationsintervaller. Rød markerer fund over kravværdien for Sum af PFOS, PFOA, PFHxS og PFNA. Blå (>DG) markerer fund af mindst én PFAS-forbindelse under kravværdien. Grå (ikke påvist) markerer ingen påviste PFAS-forbindelser. Dybden angiver afstanden fra terræn til overkanten af indtaget. Tabellen under figuren angiver antal undersøgte indtag i de forskellige dybder opdelt efter koncentrationsintervaller.

Figur 43 viser en tilsvarende analyse, men med grundvandsalder i stedet for dybde (se appendiks 3.2). Dette giver en nogenlunde tilsvarende konklusion som for Figur 42, nemlig at fundandele er højest i grundvand, som er infiltreret for under 30 år siden og at overskridelser af kravværdien udelukkende forekommer i det samme aldersinterval. Datagrundlaget er dog meget spinkelt for denne aldersanalyse, og det vil kræve et øget antal PFAS-analyser og grundvandsdateringer at opnå mere sikre konklusioner omkring dette.

Der har i tidligere Grundvandsrapporter (fx Thorling mfl., 2021) været diskuteret en sandsynlig forekomst af falske positive i GRUMO-boringer på baggrund af uventede dybdefordelinger og forskelle på, hvilke PFAS-forbindelser, som detekteredes i GRUMO-indtag og i vandforsyningsindtag. Det kunne være falske positive, hvor prøverne var blevet forurenede enten i boringen eller i forbindelse med prøvetagning og analyse. De sidste par års prøvetagninger ser dog ud til at have rykket væsentligt ved dette billede, og det er sandsynligt, at antallet af falske positive er minimeret, på trods af mindskede detektionsgrænser. Der er således ikke længere mønstre, som ser mærkværdige ud i 2021-2023-datasættet, ligesom det er de samme stoffer, som dominerer i GRUMO-indtag og i vandforsyningsindtag. Der er dog sandsynligvis stadig enkelte falske positive, fx den overfor diskuterede høje koncentration af 6:2 FTS i et indtag, hvor stoffet ikke tidligere er detekteret. Et andet eksempel på en sandsynlig falsk positiv er et indtag placeret i landbrugsområde med detektion af PFNA i et for dette stof høj koncentration (0,0011 µg/l), i et relativt dybt indtag (49-58 meter under terræn), og uden detektion af andre PFAS-forbindelser. Et tredje eksempel på en sandsynlig falsk positiv er detektion i 2021 af relativt høj koncentration af PFOS (0,016 µg/l) som eneste PFAS i et indtag midt i et Nordsjællandsk skovområde. I 2023 blev koncentrationen af PFOS i samme indtag målt til under detektionsgrænsen (<0,0003 µg/l).

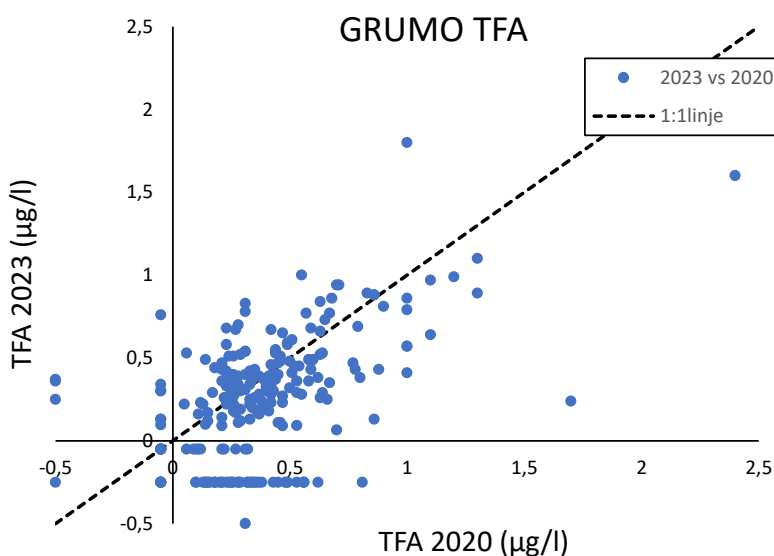




Uheldigvis ser der ud til at være store kvalitetsproblemer forbundet med analyserne fra 2023. For det første har mange af analyserne fra 2023, hvor TFA ikke blev påvist, en kraftigt forhøjet detektionsgrænse på typisk 0,25 µg/l. Derudover er der mange fund, som er svære at forstå. Fx er der fund af TFA i 372 m dybde i boring DGU-nr. 168.1378, indtag 1, hvilket virker meget urealistisk for et stof, hvis forekomst i grundvand må formodes udelukkende at stamme fra menneskelig aktivitet. Et andet markant eksempel er et indtag, hvor vandet er dateret til 52 år, og hvor TFA i 2020 lå under detektionsgrænsen på 0,05 µg/l, men hvor der i 2023 blev fundet 0,76 µg/l. En så stor stigning i koncentration på 3 år i så gammelt grundvand virker usandsynlig, ligesom det er vist, at grundvand dannet omkring eller før 1980 maksimalt indeholder 0,2 µg/l TFA (Albers og Sültenfuss, 2024).

I alt blev 242 indtag af de 247 indtag, som blev analyseret for TFA i 2020 også analyseret for TFA i 2023. Figur 44 viser de to målinger sat overfor hinanden. For en del indtags vedkommende er der en nogenlunde overensstemmelse mellem de to år, men der er 53 indtag med fund i 2020, som ikke viser fund i 2023 (vist med negative værdier under x-aksen), og for mange af disse kan det ikke blot tilskrives den forhøjede detektionsgrænse i 2023.

For et stof som TFA, som i øvrigt må forventes at være helt stabilt og i øvrigt opføre sig konservativt under transporten i grundvandet, er det vanskeligt at forstå denne forskel. Selvom der således sikkert er mange analyser i 2023, som er OK, er det ikke muligt at skelne disse fra de fejlbehæftede, og det er derfor ikke rimeligt at drage yderligere konklusioner på baggrund af TFA-analyserne fra 2023. Det er alment anerkendt blandt analysekemikere, der arbejder med ultrakort-kædede PFAS, at analysen af TFA er udfordrende, og kvalitetsproblemerne i 2023 illustrerer vigtigheden af at forholde sig kritisk til TFA-analyser, før disse accepteres som retvisende.



Figur 44. GRUMO. TFA i 242 indtag, som blev prøvetaget både i 2020 og 2023. Negativ koncentration angiver detektionsgrænsen, en værdi på -0,25 angiver således, at stoffet ikke blev detekteret i prøven og at detektionsgrænsen er angivet til 0,25 af analyselaboratoriet.

Samlet set må det konkluderes, at PFAS-forbindelser detekteres i en betydelig andel af de undersøgte GRUMO-indtag. I det omfang TFA indgår i opgørelser over PFAS-forbindelser, jævnfør dens kemiske struktur, kan der detekteres PFAS i størstedelen af GRUMO-indtagene. Med den nuværende kravværdi for TFA på 9 µg/l bidrager TFA imidlertid ikke til overskridelser af kravværdien. Koncentrationen af de øvrige PFAS er i langt de fleste tilfælde betydeligt under grænseværdien for Sum af 22 PFAS (0,1 µg/l), men i en del tilfælde (9 %) overskrides sumværdien for de fire stoffer PFOS, PFOA, PFHxS og PFNA (0,002 µg/l). Der er fortsat mistænkte tilfælde af falske positive for PFAS i GRUMO-indtag, men det ser ikke ud til at forstyrre det samlede billede. Der er til gengæld begrundet mistanke om både falske positive og negative for TFA i 2023.

## 6.2 Organiske mikroforureninger, vandforsyningsboringer

### Datagrundlag og metode

Organiske mikroforureninger i vandforsyningsboringer overvåges gennem vandforsyningernes boringskontrol, der er fastlagt i drikkevandsbekendtgørelsen. Valget af analyseparametre afhænger af, hvilke formodede eller kendte risici for forurening af grundvandet, der optræder inden for de enkelte vandforsyningers indvindingsoplande. Dette formuleres som følger i drikkevandsbekendtgørelsen: "Kontrol for andre organiske mikroforureninger vælges efter de forureningskilder, der er i området... Hvis der i indvindingsoplandet vides at være arealer, som er eller kan være forurenede med organiske mikroforureninger, skal der kontrolleres for disse stoffer, medmindre stofferne vurderes ikke at udgøre en trussel for grundvandet". Udover de overordnede stofgrupper, som indgår i Grundvandsovervågningen, og som derfor er beskrevet ovenfor, tilhører medicin stoffer også de organiske mikroforureninger. Der var dog ingen indrapporterede analyser af medicin stoffer i vandforsyningsboringer i perioden 2019-2023.

For at tilpasse datasættet til kontrolhyppigheden for vandforsyningsanlæg bygger opgørelserne på data fra perioden 2019-2023, idet alle aktive vandforsyningsindtag skal analyseres mindst én gang i en femårs periode jf. drikkevandsbekendtgørelsen. Dette gælder dog som nævnt ovenfor kun for indtag med potentielle forureningskilder i oplandet og andelen af fund såvel som overskridelser af grænseværdier må derfor forventes at være højere end i det danske grundvand generelt. Analyse kvaliteten er underkastet de samme analyse kvalitetskrav som for NOVANA, se kapitel 2. I perioden 2019-2023 blev der gennemført analyser af 152 forskellige stoffer i et meget forskelligt antal vandforsyningsindtag (fra 1 til 2782). 72 af de undersøgte stoffer blev analyseret i mindst 100 indtag.

I dette kapitel indgår kun stoffer, som er analyseret i mindst 100 indtag og med fund i mindst 1 % af de analyserede indtag. Analyseresultater for samtlige analyserede stoffer, er præsenteret i bilag 6. Opgørelserne viser, i hvor mange vandforsyningsindtag i perioden 2019-2023, der mindst én gang har været påvist et konkret stof ( $\geq$ DG) eller der mindst én gang har været koncentrationer over kravværdien ( $>$ KV). Indtag, med fund over kravværdien, indgår også i andelen af indtag  $\geq$ DG, på samme måde som for grundvandsovervågningen i kapitel 7.1.

Detektionsgrænsen for PFAS-forbindelser har været faldende over de senere år, og særligt faldt den i løbet af 2021 for de fire PFAS-forbindelser (PFOA, PFNA, PFHxS og PFOS), hvor kravværdien for disse fire stoffer i juni 2021 blev sænket i forbindelse med indførelsen af et særskilt sumkrav på 0,002  $\mu$ g/l i drikkevandsbekendtgørelsen (Miljøstyrelsen, 2021b). Da detektionsgrænser er afgørende for antallet af PFAS-fund i grundvandet og dermed for sammenligneligheden af data, indeholder årets rapport udelukkende PFAS-data fra 2022-2023 for de almene vandforsyningers boringskontrol. Langt de fleste prøver, som indgår i årets afrapportering, er således analyseret med de nye lavere detektionsgrænser.

### Status PFAS

Tabel 16 viser antal undersøgte indtag og fundandele for de enkelte PFAS-forbindelser samt for de tre sumværdier, der indgår eller har indgået i drikkevandsbekendtgørelsen. PFAS er i 2022-2023 analyseret i prøver fra 1.835 indtag og mindst én PFAS-forbindelse blev fundet i 299 af disse, svarende til 16 % af de undersøgte indtag.

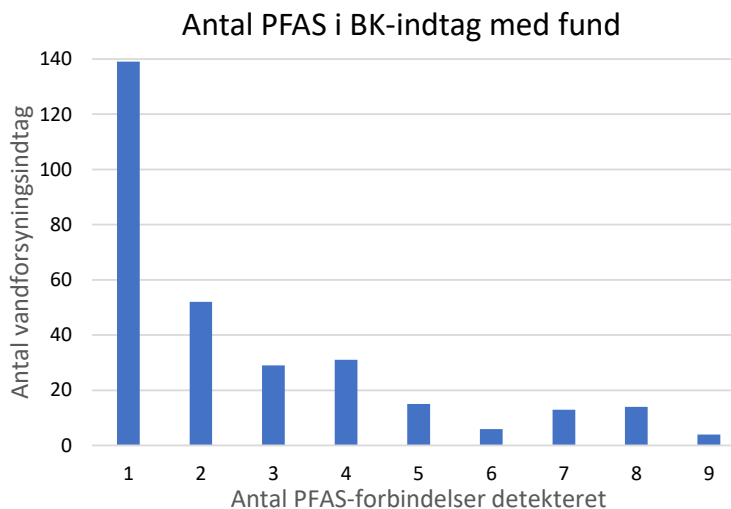
Sum af 12 og 22 PFAS lå i alle tilfælde under kravværdien på 0,1  $\mu$ g/l, hvorimod Sum af 4 PFAS (PFOS, PFOA, PFHxS og PFNA) lå over den i 2021 indførte kravværdi på 0,002  $\mu$ g/l i 81 indtag, svarende til 4,4 %. Den højeste målte værdi for Sum af 4 PFAS var 0,024  $\mu$ g/l, svarende til 12 gange kravværdien for drikkevand. I 10 indtag blev der målt mere end 5 gange kravværdien, og i 27 indtag blev der målt mere end 3 gange kravværdien.

Tabel 16. Vandforsyning. PFAS 2022-2023. Typiske detektionsgrænser (DG) i 2022-2023 og antal og procentvis fordeling for fund og overskridelser af kravværdien (KV), se Tabel 14, på indtagniveau. Sumparameteren PFAS12 er erstattet af PFAS22, som indeholder yderligere 10 PFAS-forbindelser, men da mange vandforsyningsindtag kun er analyseret for PFAS12, indgår denne som selvstændig parameter i tabellen.

Stofnavn	DG (µg/l)	KV (µg/l)	Indtag antal			Indtag andel (%)	
			I alt	≥DG	>KV	≥DG	>KV
Sum 22 PFAS		0,1	857	165	0	19,3	0,0
Sum 12 PFAS		0,1	1795	293	0	16,3	0,0
Sum 4 PFAS		0,002	1829	285	81	15,6	4,4
PFOA (Perfluoroktansyre)	0,0001-0,0003	0,002	1828	223	53	12,2	2,9
PFHxS (Perfluorhexansulfonsyre)	0,0001-0,0003	0,002	1828	157	14	8,6	0,8
PFOS (Perfluoroktansulfonsyre)	0,0001-0,0003	0,002	1833	132	11	7,2	0,6
PFBA (Perfluorbutansyre)	0,0006-0,002	0,1	1796	65	0	3,6	0,0
PFHxA (Perfluorhexansyre)	0,0003-0,001	0,1	1795	52	0	2,9	0,0
PFBS (Perfluorbutansulfonsyre)	0,0003-0,001	0,1	1796	51	0	2,8	0,0
PFPeA (Perfluorpentansyre)	0,001	0,1	1796	45	0	2,5	0,0
PFHpA (Perfluorheptansyre)	0,0003-0,001	0,1	1794	43	0	2,4	0,0
PFNA (Perfluornonansyre)	0,0001-0,0003	0,002	1829	24	0	1,3	0,0
PFPeS (Perfluorpentansulfonsyre)	0,001	0,1	869	6	0	0,7	0,0
6:2 FTS (1H,1H,2H,2H-Perfluoroktansulfonsyre)	0,0003-0,001	0,1	1794	10	0	0,6	0,0
PFHpS (Perfluorheptansulfonsyre)	0,001	0,1	869	1	0	0,1	0,0
PFUnDA (Perfluorundecansyre)	0,0003-0,001	0,1	870	1	0	0,1	0,0
PFDoDS (Perfluordodecansulfonsyre)	0,001	0,1	870	1	0	0,1	0,0
PFOSA (Perfluoroktansulfonamid)	0,0003-0,001	0,1	1794	2	0	0,1	0,0
PFDS (Perfluordecansulfonsyre)	0,001	0,1	870	0	0	0,0	0,0
PFDA (Perfluordecansyre)	0,0003-0,001	0,1	1794	0	0	0,0	0,0
PFDoDA (Perfluordodecansyre)	0,0003-0,001	0,1	870	0	0	0,0	0,0
PFTTrDA (Perfluortridecansyre)	0,0003-0,001	0,1	870	0	0	0,0	0,0
PFNS (Perfluornonansulfonsyre)	0,001	0,1	873	0	0	0,0	0,0
PFUnDS (Perfluorundecansulfonsyre)	0,001	0,1	870	0	0	0,0	0,0
PFTTrDS (Perfluortridecansulfonsyre)	0,001	0,1	870	0	0	0,0	0,0

PFOA var den hyppigst fundne PFAS-forbindelse i boringskontrollen og dét stof, som i sig selv hyppigst påvises over kravværdien på 0,002 µg/l. I GRUMO-indtagene var PFOA ligeledes den hyppigst fundne PFAS-forbindelse, og der er generelt en god overensstemmelse mellem hvilke PFAS-forbindelser, der findes hyppigst for Grundvandsovervågningen og boringskontrollen, bortset fra PFBS, som har en noget højere fundandel i GRUMO-indtag. Detektionsgrænser spiller muligvis en rolle i denne forskel, da ca. 80 % af PFBS-fundene i GRUMO-indtag ligger under 0,001 µg/l, som er detektionsgrænsen i ca. 70 % af vandforsyningsanalyserne. De fleste GRUMO-analyser (ca. 80 %) havde detektionsgrænse på 0,0003 µg/l for PFBS, og kun 20 % havde den "høje" detektionsgrænse på 0,001 µg/l.

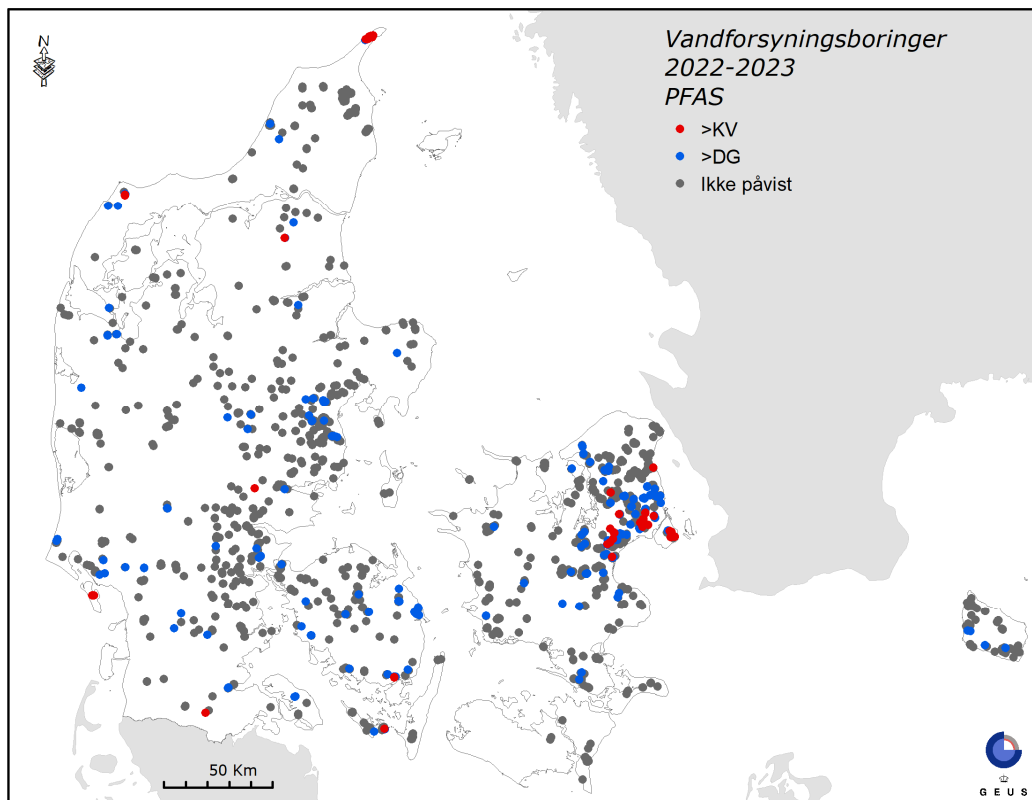
Figur 45 viser, at i godt halvdelen (165) af indtagene med fund blev der påvist mere end én PFAS-forbindelse, og at der blev detekteret op til 9 forskellige PFAS-forbindelser i samme indtag.



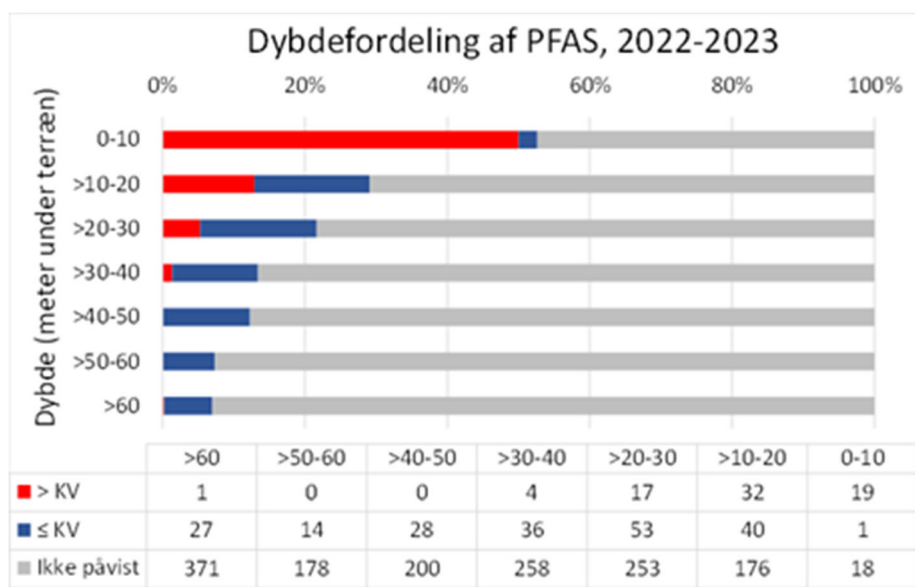
Figur 45. Vandforsyning. Antal PFAS-forbindelser detekteret i indtag med fund af mindst én PFAS-forbindelse i perioden 2022-2023.

Figur 46 viser den geografiske fordeling af PFAS i de vandforsyningsindtag, der er analyseret for PFAS. PFAS-forbindelser kan findes over hele landet, men fund af PFAS og i særdeleshed koncentrationer over kravværdien for Sum af 4 PFAS er koncentreret omkring København, omend der også ses koncentrationer over kravværdien i andre områder. Særligt er der også høje PFAS-koncentrationer i terrænnære indvindingsboringer nær Vesterhavet (Fanø, Hanstholm, Skagen). PFAS-forurening af grundvandet er kendt for at være knyttet til særlige aktiviteter, såsom øvelsespladser for brandslukning, lossepladser samt kemi- metal- og malings-industri og produktion af tæpper og møbler (Miljøstyrelsen, 2014; 2016; 2022). Fundene i Hovedstadsområdet afspejler derfor sandsynligvis disse aktiviteter, mens de høje koncentrationer af PFAS nær Vesterhavet kan tænkes at skyldes andre kilder, fx deposition fra Nordsøen via havskums-aerosoler, som kan indeholde en betydelig koncentration af PFAS (Johansson et al., 2019). En nylig undersøgelse på Fanø har netop sandsynliggjort havet som kilde til PFAS i det grundvand, som indvindes til drikkevand på øen (NIRAS, 2023).

Figur 47 viser dybdefordelingen af PFAS-fund i vandforsyningsboringer med kendt indtagstop, idet indtag, uden en registreret indtagsdybde i Jupiter, fx fordi de er åbne kalkboringer, og som derfor ikke indgår i figuren. For indtag analyseret for PFAS i 2022-2023 gælder dette for 109 indtag, hvoraf der er detekteret én eller flere PFAS-forbindelser i 25 indtag, og hvor der var overskridelse af kravværdien i 8 indtag.



Figur 46. Vandforsyning. PFAS 2022-2023 i 1835 vandforsyningsindtag. Rød markerer fund over en kravværdi (i dette tilfælde udelukkende  $>0,002 \mu\text{g/l}$  for 'Sum af PFOS, PFOA, PFHxS og PFNA'), se Tabel 14. Blå markerer fund under kravværdien. Grå markerer ingen påviste PFAS-forbindelser ( $<DG$ ). De højeste koncentrationer er afbildet øverst.



Figur 47. Vandforsyning. Dybdefordeling for PFAS i 2022-2023. Indtagene er opdelt i tre koncentrationsintervaller: Rød ( $>KV$ ) markerer fund over en kravværdi (i dette tilfælde udelukkende  $>0,002 \mu\text{g/l}$  for 'Sum af PFOS, PFOA, PFHxS og PFNA'), se Tabel 14. Blå ( $\leq KV$ ) markerer fund under kravværdien. Grå (ikke påvist) markerer indtag med ingen påviste PFAS-forbindelser. Dybden angiver afstanden fra terrænet til overkanten af indtaget. Tabellen under figuren viser antal undersøgte indtag i de forskellige dybder opdelt efter koncentrationsintervaller.

Der ses en mere tydelig dybdefordeling i vandforsyningsboringerne end i grundvandsovervågningen, se Figur 42, med en tydeligt aftagende andel af både fund og overskridelser af kravværdien med dybden. Dette skyldes sandsynligvis det større datasæt for vandforsyningsboringer. Den høje andel af koncentrationer over kravværdien fra 0-10 m skal dog tolkes varsomt, da der er meget få vandforsyningsboringer med indtag så tæt på terræn, og mere end halvdelen af overskridelserne i denne dybde skyldes indtag knyttet til et enkelt vandværk (Skagen Vandværk).

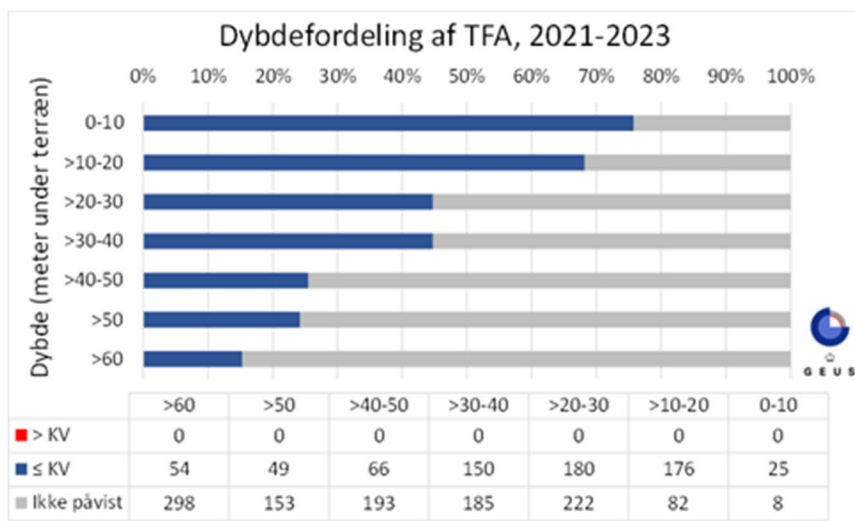
Dybdefordelingen tyder på, at PFAS-forbindelser i øjeblikket hovedsageligt befinder sig i det mest terrænnære grundvand, hvilket stemmer godt overens med, at den største anvendelse af PFAS-forbindelser er foregået inden for de sidste 40 år. Da det vurderes, at de fleste af de analyserede PFAS-forbindelser ikke nedbrydes i jordmiljøet, og der samtidig er kommet øget fokus på mindsket udledning af PFAS til både jord- og vandmiljø via fx brandskum, må dybdefordelingen forventes at ændres i fremtiden. Det tydelige mønster i dybdefordeling indikerer desuden, at der ikke er tale om udbredt kontaminering af vandet i forbindelse med prøvetagning eller analyse, men at der er tale om reel forekomst af PFAS-forbindelser i grundvandet. Omvendt kan det ikke udelukkes, at de ca. 5 % fund i indtag placeret dybere end 60 meter helt eller delvist skyldes kontaminering i forbindelse med prøvetagning eller analyse eller anden form for analysefejl og dermed repræsenterer en generel usikkerhed på PFAS-data. At de 5 % fund indikerer niveauet for falske positive for PFAS, når kun den højeste målte koncentration anvendes i de statistiske beregninger, bestyrkes af følgende stikprøve: Der er elleve indtag med fund af PFAS, hvor toppen af indtaget sidder dybere end 90 meter, og i syv af disse er der analyseret PFAS mere end én gang i perioden 2022-2023. For samtlige disse syv indtag, blev der ikke fundet PFAS på de øvrige prøvedatoer.

## TFA

Mange vandforsyninger begyndte at analysere for TFA efter de mange fund i GRUMO-boringerne i 2020. I forlængelse heraf blev TFA optaget i drikkevandsbekendtgørelsen med en kravværdi på 9 µg/l. I alt er 1.953 vandforsyningsindtag blevet undersøgt, og TFA-koncentrationen lå over detektionsgrænsen (på typisk 0,05 µg/l) i de 750, svarende til 38 %. Den højeste målte koncentration var 4,8 µg/l, og i kun otte indtag blev der fundet mere end 1 µg/l. Der var således ingen fund over den nuværende kravværdi. Den højeste målte koncentration er desuden fundet i ca. 60 m dybde i et indtag, hvor der to år tidligere blev målt <0,05 µg/l TFA. En så stor ændring i løbet af to år på så stor dybde er usædvanligt og kunne pege på, at også for vandforsyningsindtag skal man være varsom med at tolke på enkeltstående fund af TFA. Tilsvarende er der forskellige indikationer på, at de øvrige 7 fund af mere end 1 µg/l TFA ikke er reelle, således at der kun med sikkerhed kan siges, at der er TFA op til ca. 1 µg/l i danske vandforsyningsindtag.

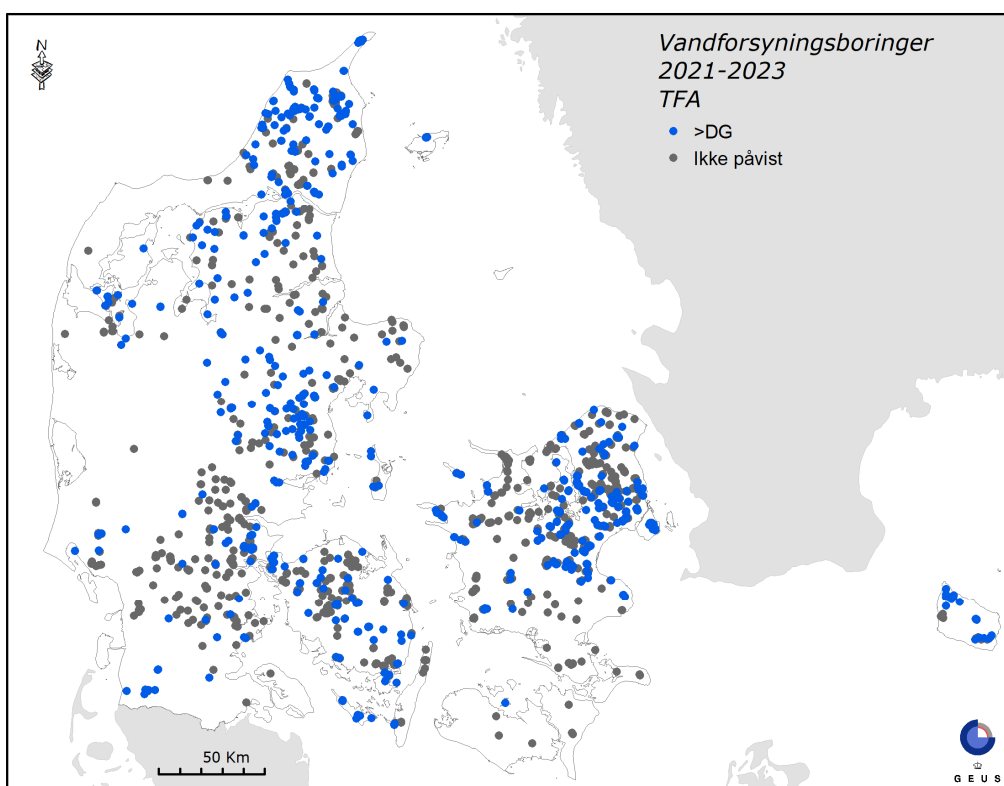
Figur 48 viser dybdefordelingen af TFA i vandforsyningsindtag med kendt indtagstop. For indtag analyseret for TFA i 2021-2023 gælder dette for 112 indtag, hvoraf der er detekteret TFA i 50 indtag.

Fundandelen aftager tydeligt med dybden. Da TFA, med den nuværende viden, ikke forventes at nedbrydes i jordmiljøet, må såvel koncentrationer som antallet af fund af TFA forventes at stige fremover, hvilket stemmer fint overens med, at der i de senere år har været et betydeligt indhold af TFA i nedbør, som også afspejles i koncentrationer op til omkring 0,5 µg/l i ungt grundvand under naturområder (Albers, 2024; Albers og Sültenfuss, 2024). I forhold til usikkerheder på analyse af TFA viser den tydelige dybdeafhængighed, at de fleste TFA-fund i vandforsyningsindtag ikke er tilfældige, men udtryk for reelle fund.



Figur 48. Vandforsyning. Dybdefordeling for TFA i perioden 2021-2023 i 1.841 vandforsyningsindtag. Indtagene er opdelt i to koncentrationsintervaller:  $\leq$  KV på 9  $\mu\text{g/l}$ , eller ikke påvist (under detektionsgrænsen). Der er ingen indtag med koncentrationer over kravværdien ( $>$ KV). Dybden angiver afstanden fra terræn til overkanten af indtaget. Tabellen under figuren angiver antal undersøgte indtag i de forskellige indtagsdybder opdelt efter koncentrationsintervaller.

Figur 49 viser den geografiske fordeling af analyser og fund for TFA i vandforsyningsboringer i 2021-2023. Der er en del områder, særligt i Vestjylland og på Lolland-Falster, hvor antallet af boringer analyseret for TFA er meget lavt, mens fundene generelt ligger spredt ud over alle de områder, hvor der er blevet analyseret for TFA.



Figur 49. Vandforsyning. TFA 2021-2023 i 1.953 vandforsyningsindtag. Blå markerer fund under kravværdien. Grå markerer intet påvist TFA ( $<$ DG). De højeste koncentrationer er afbildet øverst, således punkter med fund kan dække punkter uden fund.



Samlet set, er der én eller flere PFAS-forbindelser i mange vandforsyningsindtag, særligt i de mere terrænnære indtag og særligt når TFA medregnes. Fundprocenter for både TFA og de længere-kædede PFAS-forbindelser ser dog ud til at være mindre i vandforsyningsindtag end i grundvandsovervågningen, hvilket nok bl.a. skyldes den gennemsnitligt større dybde til vandforsyningsindtag (se appendiks 2).

### Status øvrige organiske mikroforureninger

Tabel 17 viser antal indtag med analyser, og hvor ofte et stof blev fundet for de 21 organiske mikroforurenings-stoffer (eksklusive PFAS-forbindelser), som blev undersøgt i mindst 100 vandforsyningsindtag, og hvor der var fund i mindst 1 % af de undersøgte indtag. Tabellen er sorteret efter fundandel for stofferne.

Tabel 17. Vandforsyning. Organiske mikroforurenings-stoffer som er analyseret i mindst 100 aktive vandforsyningsindtag i perioden 2019-2023 sorteret efter fundandel ("andel indtag  $\geq$ DG"). Det totale antal indtag med analyse for det pågældende stof er angivet sammen med andelen af boringer  $\geq$ DG for indtag med mindst ét fund eller  $>$ KV for indtag med mindst én overskridelse af kravværdien. Den typiske detektionsgrænse er angivet, men i tilfælde, hvor denne varierer meget, er det typiske interval angivet. Se også bilag 6, hvor antal prøver og fund i aktive vandforsyningsindtag er opgjort for samtlige 129 analyserede stoffer i gruppen organiske mikroforureninger, for perioden 2019-2023. <sup>a)</sup>Ifølge Miljøstyrelsen (2021a), se evt. kapitel 2 og bilag 8.

Stofnavn	DG (µg/l)	KV (µg/l)	Indtag antal			Indtag andel (%)	
			I alt	$\geq$ DG	$>$ KV	$\geq$ DG	$>$ KV
Anioniske detergenter	0,02	-	386	178	-	46,1	-
Xylener	0,02	5 <sup>a)</sup>	237	42	0	17,7	0,0
MTBE	0,02-0,1	5 <sup>a)</sup>	1001	87	0	8,7	0,0
Toluen	0,02	1 <sup>l)</sup>	1840	92	2	5,0	0,1
1,1-dichlorethan	0,02	-	948	37	-	3,9	-
cis-1,2-dichlorethylen (cis-DCE)	0,02	1	2335	91	17	3,9	0,7
Trichlorethylen	0,02	1	2352	86	15	3,7	0,6
Tetrachlorethylen	0,02	1	2341	68	5	2,9	0,2
Vinylchlorid	0,02	0,2	1662	42	10	2,5	0,6
C10-C25 kulbrintefraktion	5-8	-	743	18	-	2,4	-
Benzo(b+j+k)fluranthen	0,005-0,01	-	131	3	-	2,3	-
m+p-xylen	0,02	1	1659	30	0	1,8	0,0
Ethylbenzen	0,02	1	1752	29	0	1,7	0,0
Trichlormethan (chloroform)	0,02	1	2364	37	0	1,6	0,0
Dichlormethan	0,02	1	2073	32	1	1,5	0,0
trans-1,2-dichlorethylen (trans-DCE)	0,02	1	2220	34	3	1,5	0,1
1,2-dichlorethan	0,02	1	2335	32	5	1,4	0,2
o-Xylen	0,02	1	1655	19	0	1,1	0,0
C6-C35 kulbrintefraktion	2-9	-	651	7	-	1,1	-
Benzen	0,02	1	2782	29	3	1,0	0,1

Anioniske detergenter er absolut den parameter (sumparameter) inden for de organiske mikroforureninger, der har flest indtag med fund (178) og den største fundandel (46 %). Anioniske detergenter er en sumparameter, hvor analysen medtager naturlige anioniske organiske stoffer i grundvandet (REFLAB, 2013), hvilket gør det usikkert, hvorvidt lave koncentrationer af anioniske detergenter stammer fra antropogene kilder eller fra et naturligt baggrundsniveau. Som det blev diskuteret i en tidligere GRUMO-rapport (Thorling m.fl. 2019), er der for mange af fundenes

vedkommende tale om en naturlig baggrund af stoffer med kemiske egenskaber, der minder om anioniske detergenter. Anioniske detergenter udgør altså næppe et stort problem for den danske grundvandskvalitet, på trods af de hyppige fund af stofgruppen, og anioniske detergenter blev da også pr. oktober 2017 fjernet fra drikkevandsbekendtgørelsen.

Alle stoffer, som overskred kravværdien i boringskontrollen, tilhører gruppen af chlorerede alifatiske kulbrinter (typisk chlorerede opløsningsmidler), bortset fra tre fund af benzen og to fund af toluen over kravværdien.

Det hyppigst fundne chlorerede opløsningsmiddel var 1,1-dichlorethan, som blev fundet i 37 ud af 948 undersøgte vandforsyningsindtag. 1,1-dichlorethan har som det eneste chlorerede opløsningsmiddel ikke et drikkevandskvalitetskrav, og det er derfor ikke muligt at opgøre eventuelle overskridelser i forhold til drikkevand. Stoffet er mistænkt for at være kræftfremkaldende (HHS, 2015), og årsagen til den manglende kravværdi kendes ikke. Højest fundne koncentration af 1,1-dichlorethan var 2,1 µg/l, og i seks indtag var koncentrationen på over 1 µg/l, som er drikkevandskvalitetskravet for de øvrige chlorerede opløsningsmidler. 1,1-dichlorethan anvendes i diverse industrielle processer, men dets forekomst i grundvandet kan muligvis også skyldes dannelse ved nedbrydning af andre chlorerede opløsningsmidler. I hvert fald ses en høj grad af sammenfald med nedbrydningsproduktet cis-1,2-dichlorethylen (cis-DCE), som blev fundet i 30 ud af 37 vandforsyningsindtag med 1,1-dichlorethan.

De næsthøjest fundne chlorerede alifatiske kulbrinter var cis-DCE og trichlorethylen (TCE) fundet i hhv. 91 og 86 indtag, hvilket i begge tilfælde gav fundandele på knap 4 %. Cis-DCE er et nedbrydningsprodukt fra TCE og tetrachlorethylen (PCE). Cis-DCE ophobes ofte ved nedbrydning af TCE og PCE under iltfrie forhold og udgør ofte den største trussel mod grundvandskvaliteten fra punktkildeforureninger med chlorerede opløsningsmidler. Cis-DCE kan under iltfrie forhold nedbrydes videre til vinylchlorid, som optræder som det niende-hyppigst fundne stof i Tabel 17 og er det femte-hyppigst fundne chlorerede opløsningsmiddel. Kravværdien for vinylchlorid er på grund af den højere giftighed lavere end for de øvrige stoffer i gruppen af chlorerede alifatiske kulbrinter.

Ses på chlorerede alifatiske kulbrinter under ét (chloroform undtaget), var der i perioden 2019-2023 fund i 254 ud af 2.473 undersøgte vandforsyningsindtag (10,3 %) og en overskridelse af kravværdien i 38 vandforsyningsindtag (1,5 %). I ca. 1/3 af indtag med fund af chlorerede alifatiske kulbrinter, var der indenfor perioden fund af flere stoffer inden for stofgruppen. Forekomst af de individuelle stoffer og antal overskridelser ligger overordnet set på samme niveau som i de forrige opgørelser fra 2015-2019 og 2017-2021 (Thorling m.fl., 2021a; Thorling m.fl., 2023).

## Referencer: Organiske mikroforureninger

### Dansk lovgivning, vejledninger mv.

Miljøstyrelsen, 2021a. Liste over kvalitetskriterier i relation til forurennet jord, opdateret juli 2021  
[https://edit.mst.dk/media/twqdlftx/liste-over-jordkvalitetskriterier-juli-2021\\_final-rev.pdf](https://edit.mst.dk/media/twqdlftx/liste-over-jordkvalitetskriterier-juli-2021_final-rev.pdf) (2-12-2024)

Miljøstyrelsen, 2021b. Skærpede krav til PFAS-forbindelser i drikkevand. Nyhed fra MST, i dag ikke længere tilgængelig på nettet.

Miljøstyrelsen, 2022: Vejledning om Vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. Drikkevandsvejledning. Vejledning nr. 55 februar 2022. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2022/02/978-87-7038-389-9.pdf> (2-12-2024)

### Andre referencer

Albers, C. N., 2010: Natural halogenated compounds in forest soils: formation, leaching, emissions and spatiotemporal patterns of chloroform and related compounds. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmarks og Grønland rapport 17/2010. Ph.d.-afhandling, Roskilde Universitet 2010.

Albers, C. N., Laier, T. og Jacobsen, O.S. 2010: Kloroform i jord og grundvand. Vand og jord, 17:156-158.

Albers, C.N., 2024: Diffus grundvandsforurening med trifluoreddikesyre (TFA), Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2024/4, [https://data.geus.dk/pure-pdf/GEUS-R\\_2024-4\\_web.pdf](https://data.geus.dk/pure-pdf/GEUS-R_2024-4_web.pdf) (2-12-2024)

Albers, C.N., Sültenfuss, J., 2024: A 60-Year Increase in the Ultrashort-Chain PFAS Trifluoroacetate and Its Suitability as a Tracer for Groundwater Age, Environmental Science and Technology Letters, (available as Online Early), <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.estlett.4c00525> (2-12-2024)

Barnabas S, Böhme T, Boyer S, Irmer M, Ruttkies C, Wetherbee I, et al., 2022: Extracting and Comparing PFAS from Literature and Patent Documents using Open Access Chemistry Toolkits. ChemRxiv. Cambridge: Cambridge Open Engage, doi:10.26434/chemrxiv-2022-nmnd-v3

Björnsdotter, M.K., Yeung, L.W.Y., Kärrman, A., Jogsten, I.E., 2022: Mass Balance of Perfluoroalkyl Acids, Including Trifluoroacetic Acid, in a Freshwater Lake, Environmental Science & Technology 56:251-259 DOI: 10.1021/acs.est.1c04472

Cahill, T.M., 2022; Increases in Trifluoroacetate Concentrations in Surface Waters over Two Decades, Environ. Sci. Technol., 56:9428–9434

EU, 2020: WFD CIS Voluntary Groundwater Watch List Process Study on Per- and Polyfluoroalkyl substances (PFAS) – Monitoring Data Collection and Initial Analysis – (Draft V.2.5 / 31st March 2020) <https://circabc.europa.eu/ui/group/9ab5926d-bed4-4322-9aa7-9964bbe8312d/library/a547839e-c8ef-4a0d-b4f5-0cb877cdd17e/details> (2-12-2024)

Freeling, F., Behringer D., Heydel, F. mfl., 2020: Trifluoroacetate in Precipitation: Deriving a Benchmark Data Set. Environmental Science and Technology 54:11210-11219.

GEUS, 2003: Udkast til teknisk anvisning for Grundvandsovervågningen, version 3 af 2. dec. 2003.

GEUS, 2018: Notat vedr. datapåideligheden for organiske mikroforureninger i grundvandsovervågningen – en opsummering. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmarks og Grønland.

HHS, 2015: Toxicological profile for 1,1-dichlorethane, U.S. Department of health and human services,

Jacobsen, O.S., Laier, T., Juhler, R.K., Kristiansen, S.M., Dichmann, E., Brinck, K., Juhl, M.M, Grøn, G., 2007: Forekomst og naturlig produktion af kloroform i grundvand. By- og Landskabsstyrelsen.

Johansson, J. H., Salter, M. E., Acosta Navarro, J. C., Leck, C., Nilsson, E. D., Cousins, I. T., 2019: Global transport of perfluoroalkyl acids via sea spray aerosol, Environ. Sci.: Processes Impacts, 21:635-649.

Johnsen, A.R., Albers, C.N., Henriksen, T., 2024; Trifluoreddikesyre fra pesticider, Rapport (endnu ikke offentliggjort)

NIRAS, 2023: Undersøgelser af kystnær PFAS – forurening af jord- og grundvand, Den syddanske Udviklingspulje, Journalnr. 22/52316

Miljøstyrelsen, 2014: Screeningsundersøgelse af udvalgte PFAS-forbindelser som jord- og grundvandsforurening i forbindelse med punktkilder, Miljøprojekt nr. 1600

Miljøstyrelsen, 2016: Kortlægning af brancher der anvender PFAS, Miljøprojekt nr. 1905

Miljøstyrelsen, 2023: NOVANA, Det nationale overvågningsprogram for vandmiljø og natur 2023-2027. Programbeskrivelse. September 2023. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2023/09/978-87-7038-556-5.pdf> (30-10-2024)

Newell, C.J., Adamson, D.T., Kulkarni, P.R., Nzeribe, B.N., Connor, J.A., Popovic, J., Stroo, H.F., 2021; Monitored natural attenuation to manage PFAS impacts to groundwater: Scientific basis, Groundwater Monitoring & Remediation, 41: 76–89

OECD, 2021: Reconciling Terminology of the Universe of Per- and Polyfluoroalkyl Substances, Recommendations and Practical Guidance, Series on Risk Management No.61, Organisation for Economic Co-operation and Development, ENV/CBC/MONO(2021)25, <https://doi.org/10.1787/e458e796-en> (2-12-2024)

Pickard, H.M., Criscitiello, A.S., Persaud, D., Spencer, C., Muir, D.C.G., Lehnher, I., Sharp, M.J., De Silva, A.O., Young, C.J., 2020; Ice Core Record of Persistent Short-Chain Fluorinated Alkyl Acids: Evidence of the Impact From Global Environmental Regulations, *Geophysical Research Letters*, 10.1029/2020GL087535

REFLAB, 2013: Opdatering af bekendtgørelse nr. 900 – baggrundsdokumentation, tilføjelse af parameteren anioniske detergenter, Naturstyrelsens Referencelaboratorium for Kemiske Miljømålinger, Notat, [https://cdnmedia.eurofins.com/Microsites/media/1327/bkg\\_900\\_bilag13\\_14\\_anioniske\\_detergenter.pdf](https://cdnmedia.eurofins.com/Microsites/media/1327/bkg_900_bilag13_14_anioniske_detergenter.pdf). (2-12-2024)

REFLAB, 2015: M068. Metodedatablad for Perfluorerede alkylyreforbindelser (PFAS-forbindelser) i grundvand og drikkevand, [https://cdnmedia.eurofins.com/Microsites/media/1124/m068\\_pfas\\_01b.pdf](https://cdnmedia.eurofins.com/Microsites/media/1124/m068_pfas_01b.pdf). (2-12-2024)

Scheurer, M., Nödler, K., Freeling, F. et al, 2017: Small, mobile, persistent: Trifluoroacetate in the water cycle – Overlooked sources, pathways, and consequences for drinking water supply, *Water Research*, 126: 460-471, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.09.045>.

Thorling, L., 2012: Prøvetagning af grundvand. Teknisk anvisning. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmarks og Grønland. GEUS. <http://www.geus.dk/media/16123/g02-proevetagning-version-12.pdf>

Thorling, L., Albers, C. N., Ditlefsen, C., Ernstsens, V., Hansen, B., Johnsen, A.R., og Trolborg, L. 2019: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2017. Teknisk rapport, GEUS 2019. [https://www.geus.dk/media/8097/grundvand\\_1989-2017.pdf](https://www.geus.dk/media/8097/grundvand_1989-2017.pdf)

Thorling, L., Albers, C. N., Ditlefsen, C., Ernstsens, V., Hansen, B., Johnsen, A.R., og Trolborg, L. 2021: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2019. Teknisk rapport, <https://www.geus.dk/Media/2/1/Grundvandsoverv%C3%A5gning%201989-2019.pdf> GEUS 2021. (9-2-2024)

Thorling, L., Albers, C. N., Ditlefsen, C., Ernstsens, V., Hansen, B., Johnsen, A.R., og Trolborg, L. 2021: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2019. Teknisk rapport, <https://www.geus.dk/Media/2/1/Grundvandsoverv%C3%A5gning%201989-2019.pdf> GEUS 2021. (2-12-2024)

Thorling, L., Albers, C. N., Ditlefsen, Hansen, B., Johnsen, A.R., Kazmierczak, J. og Trolborg, L. 2023: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2021. Teknisk rapport, GEUS 2023. [https://www.geus.dk/Media/638175711147491678/Grundvand1989-2021\\_rev.pdf](https://www.geus.dk/Media/638175711147491678/Grundvand1989-2021_rev.pdf) (2-12-2024)

Thorling, L., Albers, C.N., Ditlefsen, D., Hansen, B., Johnsen, A.R., Kazmierczak, J., Mortensen, M.H. & Trolborg, L., 2024: Grundvand. Status og udvikling 1989–2022. Teknisk rapport, GEUS 2024. [https://data.geus.dk/pure-pdf/Grundvandsoverv%C3%A5gning.%20Status%20og%20udvikling%201989-2022\\_web.pdf](https://data.geus.dk/pure-pdf/Grundvandsoverv%C3%A5gning.%20Status%20og%20udvikling%201989-2022_web.pdf) (2-12-2024)

Wang, Z., DeWitt, J.C., Higgins, C.P., Cousins, I.T., 2017; A Never-Ending Story of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs)? *Environmental Science and Technology*, 51:2508–2518

## 7 Sporstoffer

### Indledning

Stofgruppen uorganiske sporstoffer omfatter tungmetaller som cadmium og bly, letmetaller som aluminium og ikke-metaller som fx arsen og bor, samt den simple kemiske forbindelse cyanid. Der indgår ikke stoffer som optræder i drikkevandsbekendtgørelsen, men som alene relaterer sig til desinfektion af drikkevand, fx klorat og klorit.

Uorganiske sporstoffer, findes naturligt i grundvandet typisk i koncentrationer i størrelsesordenen µg/l. De uorganiske sporstoffer har meget forskellige kemiske egenskaber, anvendelser og geologisk forekomst. Fælles for en lang række af sporstofferne gælder det dog, at de målte koncentrationer kan rumme bidrag fra både naturlige processer og menneskeskabt aktivitet.

Tabel 18. Uorganiske sporstoffer af relevans for denne rapportering med de tilhørende kravværdier anvendt i denne rapport. Se kapitel 2 og bilag 8 for detaljer om kravværdiernes forvaltningsmæssige ophæng. Der indgår ikke stoffer, som alene relaterer til desinfektion af drikkevand, dvs. klorat og klorit.

Uorganiske sporstoffer	Kravværdi [µg/l]
Aluminium	100
Antimon	2
Arsen	5
Barium	700
Berylliums	10
Bly	1
Bor	300
Brom	-
Bromat	10
Bromid	-
Cadmium	0,5
Cyanid, total	50
Cyanid, syreflygtigt	50
Jod	-
Kobber	100
Kobolt	5
Krom	25
Krom, hexavalent	1
Kviksølv	0,1
Molybdæn	20
Nikkel	10
Selen	10
Strontium	10.000
Sølv	10
Vanadium	-
Zink	100

Tabel 18 viser, kravværdierne for de enkelte sporstoffer, anvendt i denne rapport. De forvaltningsmæssige rammer for fastsættelse af kravværdier i drikkevand og grundvand af relevans for grundvandsovervågningen er præsenteret i kapitel 2.

Den store variation i kravværdierne fra stof til stof skyldes de vidt forskellige kemiske egenskaber, der igen medfører stor variation i såvel de gavnlige som de toksiske egenskaber. Samtlige kravværdier i grundvand og drikkevand samt deres legale ophæng er sammenstillet i bilag 8. Følgende hierarki for kravværdier bruges ved vurdering af stoffernes koncentrationer i grundvandet i denne rapport:

1. Tærskelværdier i grundvandet jf. overvågningsbekendtgørelsen.
2. Den laveste af disse tre kriterier
  - Kvalitetskriterierne for grundvand under forurenede grunde til brug for jordforureningsområdet (Miljøstyrelsen, 2021a).
  - Kvalitetskriterierne for drikkevand ved forbrugeres taphane (Miljøstyrelsen, 2022).
  - Kvalitetskriterierne for drikkevand ved forbrugeres taphane jf. drikkevandsbekendtgørelsen.

## Datagrundlag

Tabel 19 viser hvilke stoffer, der indgår i grundvandsovervågningen, for programperioderne 2017-2022 og 2023-2027, samt hvilke stoffer, der indgår ved overvågning af grundvandskvaliteten i vandforsyningsboringerne ved boringskontrollen. Prøvetagningsfrekvensen i såvel GRUMO-indtag som i vandforsyningsboringer varierer fra årlige prøver til én prøve hvert 5 år. For nogle stoffer fx aluminium og strontium er stoffet kun obligatorisk under visse geologiske forhold.

Tabel 19. GRUMO og Vandforsyning. Uorganiske sporstoffer for programperioden 2017-2022 og 2023-2027 i grundvandsovervågningen og obligatoriske stoffer i vandforsyningernes boringskontrol.

Uorganiske sporstoffer	GRUMO 2017-2022	GRUMO 2023-2027	Vandforsyningsboringer
Aluminium (Al)	X	X	X
Arsen (As)	X	X	X
Barium (Ba)		X	X
Beryllium (Be)	X		
Bly (Pb)	X	X	
Bor (B)	X		X
Cadmium (Cd)	X	X	
Cyanid, total (CN)		X	
Jod (I)	X		
Kobber (Cu)	X	X	
Kobolt (Co)			X
Krom (Cr)		X	
Kviksølv (Hg)		X	
Nikkel (Ni)	X	X	X
Strontium (Sr)			X
Vanadium (V)		X	
Zink (Zn)	X	X	

## 7.1 Grundvandsovervågningen

Data for uorganiske sporstoffer rapporteres ikke hvert år, hvorfor dette års rapport beskriver såvel nye data for 2023 som data for perioden 2019-2023. I 2023 er op til 1.032 GRUMO-indtag og i perioden 2019-2023 er op til 1.043 GRUMO-indtag analyseret for op til 15 forskellige stoffer: Aluminium, arsen, barium, beryllium, bly, bor, cadmium, cyanid total, jod, kobber, krom, kviksølv, nikkel, vanadium og zink. Der er gennemført en kontrolovervågning for hovedparten af stofferne i 2023, således som der er

for de øvrige stofgrupper. For tre stoffer beryllium, bor, og jod er der dog kun indsamlet analyser fra 19 indtag i 2023. Analyseprogrammet i nærværende programperiode er udvidet med flere stoffer i forhold til de seneste to programperiode for at forbedre grundlaget for at fastlægge de naturlige baggrundsværdier for en sporstoffer efter omlægning af stationsnettet i perioden 2011-2019, se bilag 3.2 og appendiks 2.

Tabel 20 viser koncentrationsniveauerne for sporstoffer i GRUMO-indtag i 2023. Der er i 2023 konstateret koncentrationer højere end kravværdien for ni stoffer: aluminium, arsen, barium, bly, bor, kobber, kviksølv, nikkel og zink. For fire stoffer har mere end 5 % af indtagene koncentrationer højere end kravværdien: 6,9 % for aluminium, 7,0 % for arsen, 11 % for bor og 7,1 % for nikkel. Der er en større andel indtag med borkoncentrationer højere end kravværdien i 2023 end i perioden 2019-2023. Dette hænger sammen med, at der ikke var operationel overvågning af beryllium, bor og jod i 2023, og at kun mindre delmængde af indtagene er undersøgt.

Tabel 20. GRUMO. Sporstoffer i 2023. Tabellen viser antal undersøgte indtag, indtag med fund, og indtag med koncentrationer højere end kravværdi (KV). For jod og vanadium er der ikke fastsat kravværdier.

GRUMO	Detektionsgrænse	Kravværdi	Indtag			
			2023	µg/l	µg /l	Antal
Aluminium	0,5	100	1.032	81	71	6,9
Arsen	0,03	5	1.032	99	72	7,0
Barium		700	1.013	100	1	0,1
Beryllium	0,02	10	19	0	0	0
Bly	0,025	1	1.032	73	30	2,9
Bor	10	300	19	95	2	11
Cadmium	0,003	0,5	1.032	58	0	0
Cyanid, total	1	50	1.012	1,5	0	0
Jod		-	19	100	-	-
Kobber	0,03	100	1.032	78	4	0,4
Krom	0,01	25	1.013	96	0	0
Kviksølv	0,001	0,1	1.012	5,7	2	0,2
Nikkel	0,03	10	1.032	94	73	7,1
Vanadium	0,05	-	1.013	62	-	-
Zink	0,3	100	1.032	87	17	1,7

Tabel 21 viser koncentrationsniveauerne for sporstoffer i GRUMO-indtag i perioden 2019-2023, hvor der er konstateret koncentrationer højere end kravværdien for ni stoffer, nemlig aluminium, arsen, barium, bly, bor, kobber, kviksølv, nikkel og zink. For tre stoffer har mere end 5 % af indtagene koncentrationer højere end kravværdien: 7,1 % for aluminium, 6,8 % for arsen og 7,1 % for nikkel. I alt 226 indtag, svarende til 22 % af de undersøgte indtag indeholder mindst ét sporstof (primært aluminium, arsen og nikkel) i en koncentration højere end kravværdien. I 37 indtag (3,5 %) er koncentrationer højere end kravværdien for to af de undersøgte stoffer (hyppigst aluminium i kombination med nikkel eller arsen i kombination med bor). I 6 indtag (0,5 %) er koncentrationer højere end kravværdien for tre stoffer (hyppigst aluminium, nikkel og zink). I 3 indtag (0,3 %) er koncentrationer højere end kravværdien for fire stoffer (bly, bor og zink med aluminium eller nikkel).

Tabel 21. GRUMO. Sporstoffer i perioden 2019-2023. Tabellen viser antal undersøgte indtag, indtag med fund, og indtag med koncentrationer højere end kravværdi (KV). For jod og vanadium er der ikke fastsat kravværdier.

GRUMO	Detektionsgrænse	Kravværdi	Indtag			
			2019-2023	µg/l	µg /l	Antal
Aluminium	0,5	100	1.043	86	74	7,1
Arsen	0,03	5	1.043	99	71	6,8
Barium		700	1.013	100	1	0,1
Beryllium	0,02	10	499	30	0	0
Bly	0,025	1	1.043	73	29	2,8
Bor	1	300	499	100	15	3,0
Cadmium	0,003	0,5	1.043	60	0	0
Cyanid, total	1	50	1.012	1,5	0	0
Jod		-	498	100	-	-
Kobber	0,03	100	1.043	81	4	0,4
Krom	0,01	25	1.013	96	0	0
Kviksølv	0,001	0,1	1.012	5,7	2	0,2
Nikkel	0,03	10	1.043	95	74	7,1
Vanadium	0,05	-	1.013	62	-	-
Zink	0,3	100	1.043	89	14	1,3

Figur 50 viser koncentrationsfordelingerne for de udvalgte sporstoffer for perioden 2019-2023 og perioden 2014-2018 baseret på gennemsnitskoncentrationer på indtagsniveau. Perioden 2019-2023 inkluderer en del af programperiode 6 og det første år af programperiode 7. Perioden 2014-2018 inkluderer en del af programperiode 5 og de første to år af programperiode 6. Afbildede sporstoffer er analyseret i GRUMO-programperioden 2023-2027 og havde i perioden 2019-2023 koncentrationer højere end kravværdien bortset fra vanadium, der ikke har en kravværdi. Der indgår 1.043 indtag i perioden 2019-2023 og 1.011 indtag i perioden 2014-2018. I perioden 2019-2023 er de fleste GRUMO-indtag analyseret en eller to gange, og op til otte gange.

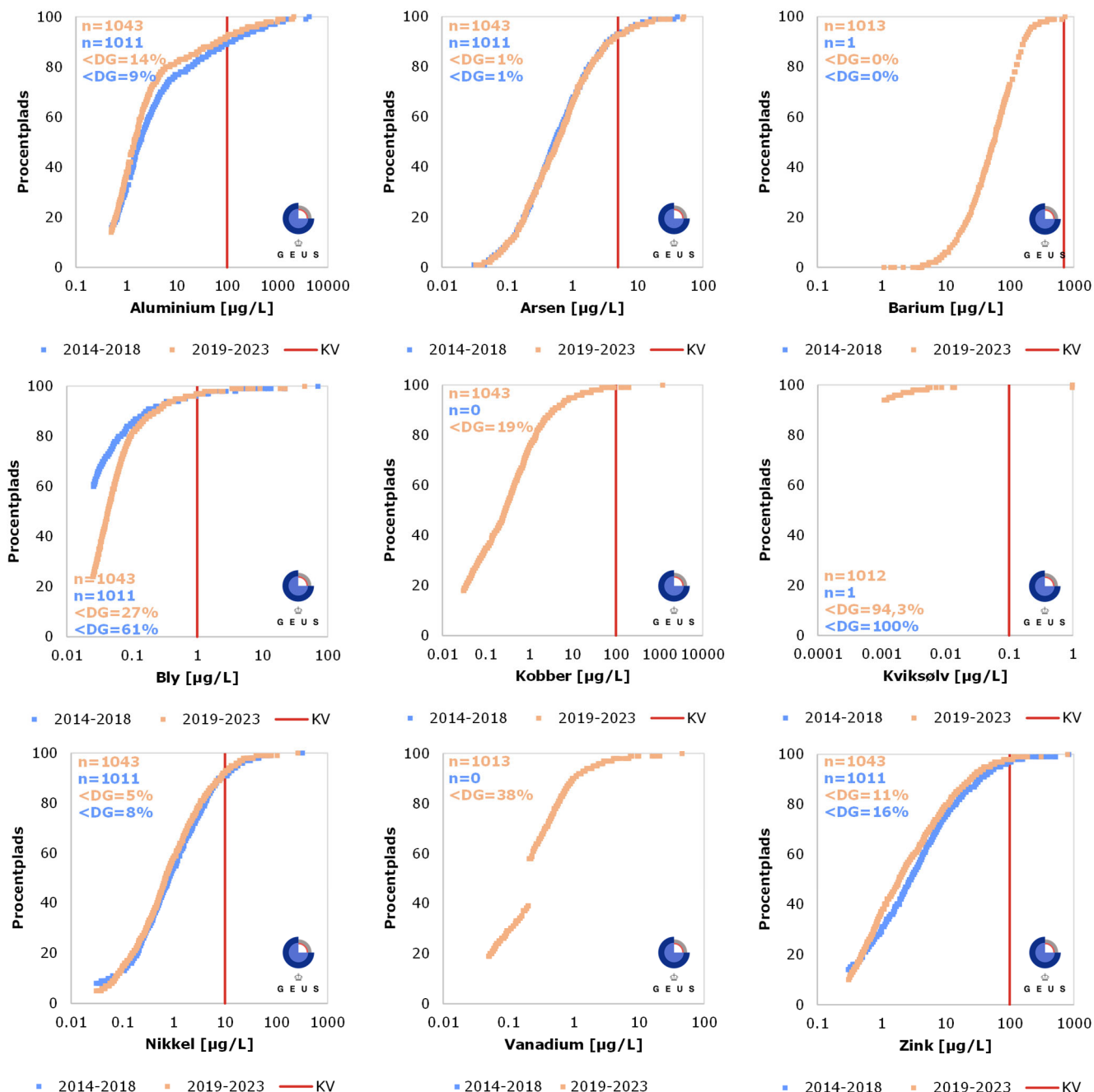
Der er stor forskel på koncentrationsniveauerne for de forskellige sporstoffer, og samtidig er der for hvert sporstof en stor spredning i de målte koncentrationer. For barium, kobber, kviksølv og vanadium er der kun data for perioden 2019-2023. Mediankoncentrationen for disse sporstoffer er en faktor 10-100 lavere end 95 % fraktilen. For arsen og nikkel er data for perioderne 2014-2018 og 2019-2023 sammenfaldende, mens forskellene er større for aluminium, bly og zink. Koncentrationsfordelingerne for aluminium og zink ligger forskudt mod lavere værdier for 2019-2023 end for perioden 2014-2018, mens det modsatte er tilfældet for bly.

For de to perioder er medianværdien for detektionsgrænsen for aluminium, arsen, bly, nikkel og zink uændret og hhv. 0,5 µg/l, 0,03 µg/l, 0,025 µg/l, 0,03 µg/l og 0,3 µg/l. Medianværdien for detektionsgrænsen for kobber, kviksølv og vanadium er hhv. 0,03 µg/l, 0,001 µg/l og 0,05 µg/l. Dette betyder for de alle stoffer på nær kviksølv, at fund procenten >75 %. Alle målinger for barium ligger over detektionsgrænsen.

Figur 50 viser, at de typiske koncentrationer (80 % fraktil, hvor der ses bort fra de særligt høje koncentrationer) i perioden 2019-2023 ligger under 7,4 µg/l for aluminium, 1,9 µg/l for arsen, 120 µg/l for



barium, 0,1 µg/l for bly, 1,4 µg/l for kobber, under detektionsgrænsen af 0,001 µg/l for kviksølv, 3,3 µg/l for nikkel, 0,6 µg/l for vanadium og 11 µg/l for zink.



Figur 50. GRUMO. Koncentrationsfordelinger for udvalgte sporstoffer analyseret i perioderne 2014-2018 og 2019-2023. Figuren viser gennemsnitlige koncentrationer på indtagniveau, kravværdien (KV), antal indtag og procent indtag med gennemsnitlige koncentrationer under detektionsgrænsen (<DG). For vanadium er der ikke fastsat en kravværdi. Bemærk logaritmisk x-akse.

### Geografisk fordeling, GRUMO

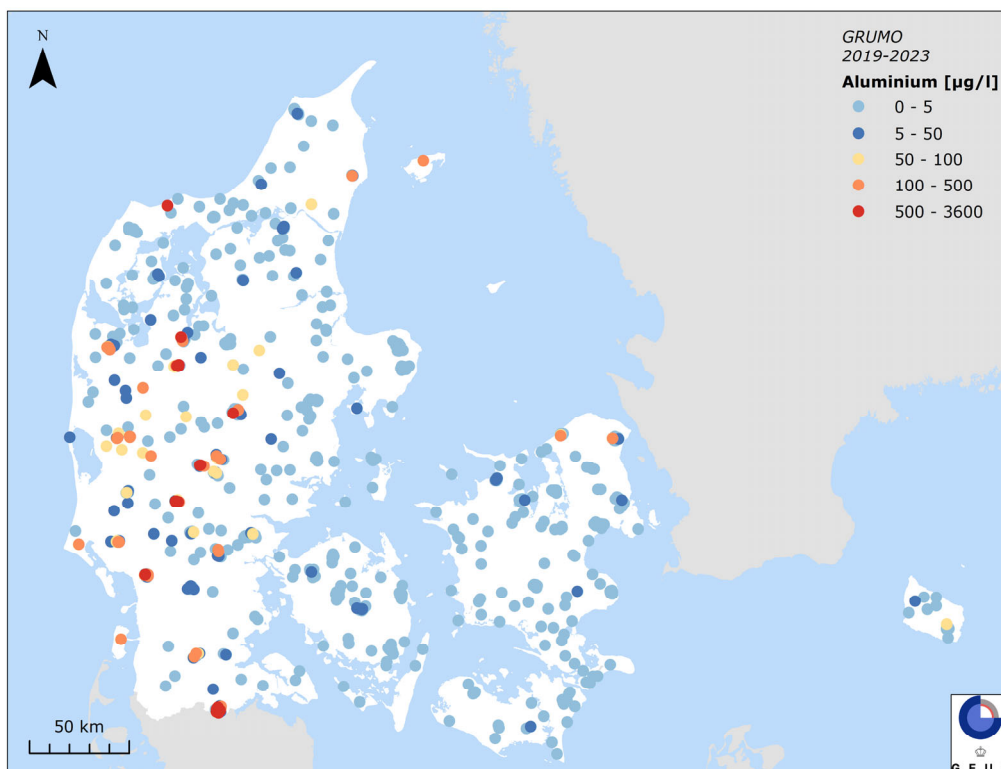
Figur 51 til Figur 58 viser den geografiske fordeling for middelværdien i perioden 2019-2023 for syv stoffer: aluminium, arsen, barium, bly, kobber, nikkel og zink. Alle stoffer har mindst et indtag med koncentrationer højere end kravværdien. Resultaterne for hvert stof diskuteres herunder, og derudover beskrives vanadium, hvor der ikke er en fastsat kravværdi. Kviksølv er ikke afbildet, da 93,3 % af

koncentrationer på indtagsniveau i perioden 2019-2023 er under detektionsgrænsen. Alle stofferne indgår i programperioden 2023-2027.

## Aluminium

Aluminium er almindeligt forekommende i jorden. I naturen findes det i en lang række mineraler, fx silikater og oxider. I vand er koncentrationen af opløst aluminium afhængig af pH. De højeste koncentrationer ses i surt vand, hvor opløseligheden, og dermed mobiliteten er størst (Mortensen mfl., 2021).

Figur 51 viser, at aluminium i GRUMO-indtag i perioden 2019-2023 findes jævnt fordelt over landet i lave koncentrationer under 5 µg/l. Grundvand med aluminiumkoncentrationer højere end kravværdien findes hovedsagelig vest for Hovedopholdslinjen, hvor lavt pH medfører en større opløselighed af aluminium i grundvandet, samt lokalt i sandede områder nord og øst for Hovedopholdslinjen, i Jylland og den nordlige del af Sjælland.

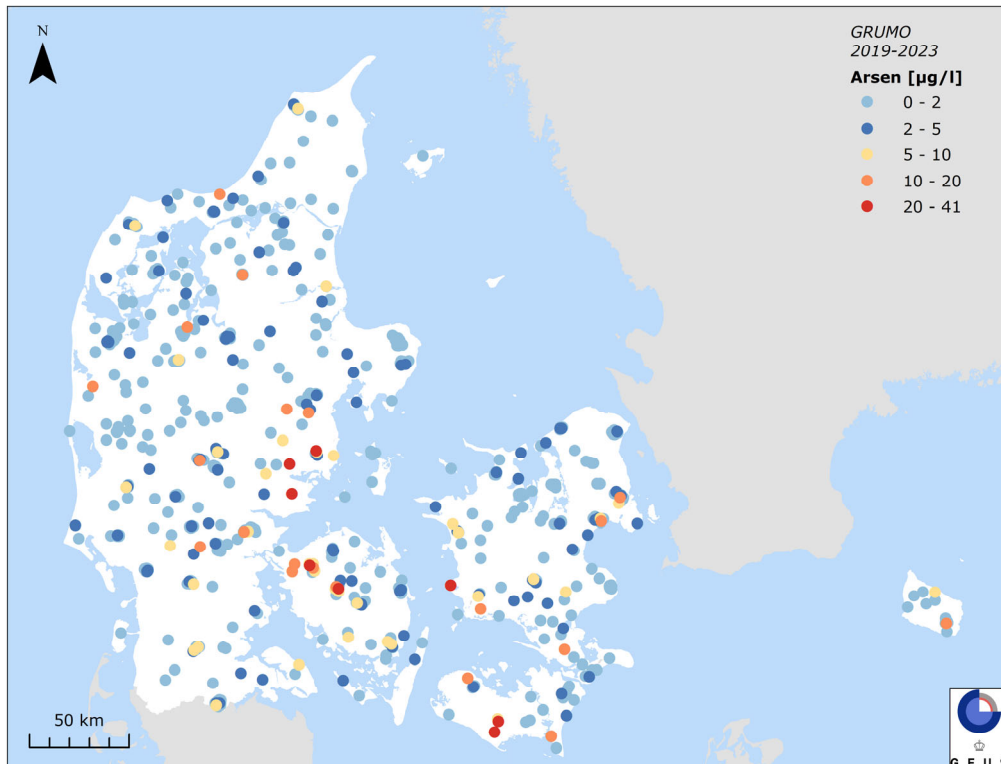


Figur 51. GRUMO. Gennemsnitlige aluminiumkoncentrationer på indtagsniveau i 1.043 GRUMO-indtag i perioden 2019-2023. De højeste koncentrationer er afbildet øverst. Koncentrationer højere end kravværdien (100 µg/l) blev fundet i 74 indtag.

## Arsen

Arsen forekommer naturligt i en række mineraler, fx jernoxid/hydroxider ( $\text{Fe}_x\text{O}_y/\text{Fe}(\text{OH})_z$ ), arsenpyrit ( $\text{FeAsS}$ ) og andre sulfider. Mobiliteten af arsen er begrænset af en stærk binding til ler, jernoxid/hydroxider og organisk stof. Redoxforholdene er stærkt styrende for mobiliteten af arsen i jordlagene, idet reduceret As(III) er mere mobilt end As(V). I grundvandsmagasinerne frigives arsen, bl.a. når jernoxiderne reduceres og går i opløsning under dannelse af ferrojern. Modsat vil iltning af vandet bevirke, at arsen sorberer og indbygges i jernoxid/hydroxider. Iltfattigt grundvand indeholder derfor som hovedregel mere arsen end iltholdigt grundvand (Larsen mfl., 2009, 2010).

Figur 52 viser, at arsen findes jævnt fordelt over landet i koncentrationer under kravværdien på 5 µg/l i GRUMO-indtag i perioden 2019-2023. Grundvand med arsenkoncentrationer højere end kravværdien findes især i den sydlige del af Sjælland, på Lolland-Falster, i den vestlige del af Fyn og Østjylland.



Figur 52. GRUMO. Gennemsnitlige arsenkoncentrationer på indtagningsniveau i 1.043 GRUMO-indtag i perioden 2019-2023. De højeste koncentrationer er afbildet øverst. Koncentrationer højere end kravværdien (5 µg/l) blev fundet i 71 indtag.

### Barium

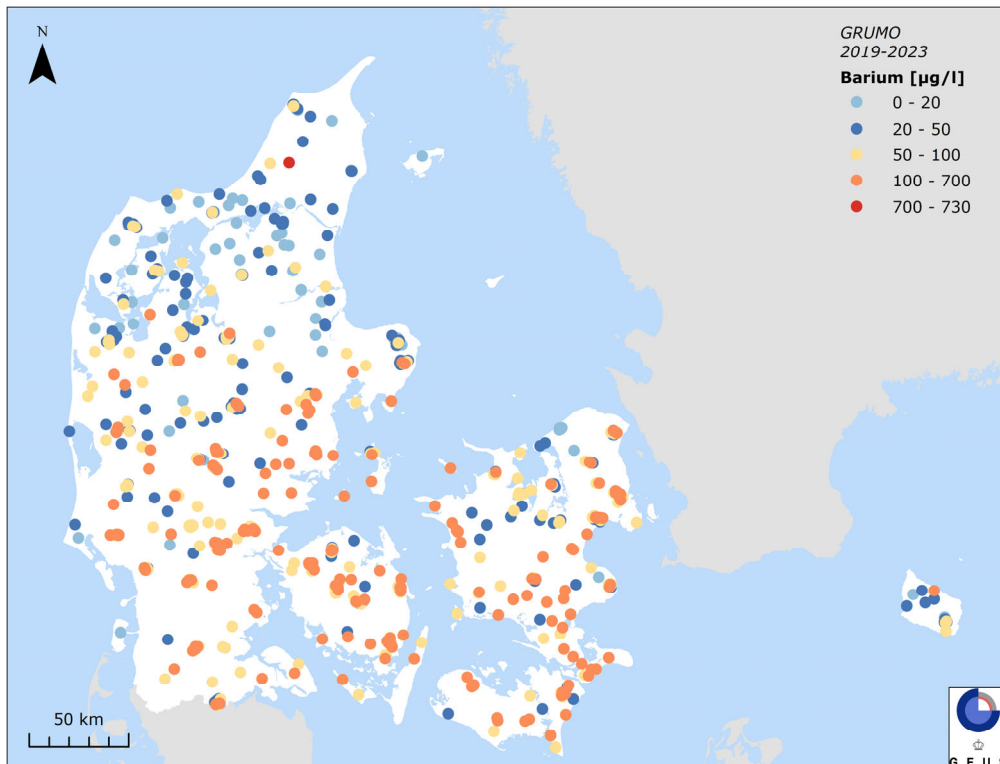
Barium forekommer naturligt i en række mineraler, fx barit ( $\text{BaSO}_4$ ), forvitret ler og jernoxid/hydroxider. Sulfatindholdet i grundvandet begrænser opløseligheden. De højeste koncentrationer ses derfor under reducerede forhold, især på grund af lavere sulfatkoncentrationer, i områder med tertiært ler, mens indholdet er lavest i kalkforekomster i Jylland, hvilket hænger sammen med at især tertiært ler er en vigtig kildebjergart (Voutchkova og Thorling, 2022).

Figur 53 viser, at i den nordlige del af Jylland ligger bariumkoncentrationer typisk under 100 µg/l. Højere koncentrationer, op til 700 µg/l, findes jævnt fordelt i resten af landet, hvor der dog også kan træffes lavere koncentrationer. Bariumkoncentrationer højere end kravværdien blev fundet i 1 indtag i den nordlige del af Jylland i perioden 2019-2023. Bariumindholdet i grundvandet er generelt langt højere end miljøkvalitetskravet på 19 µg/l for vandløb (Voutchkova og Thorling, 2022).

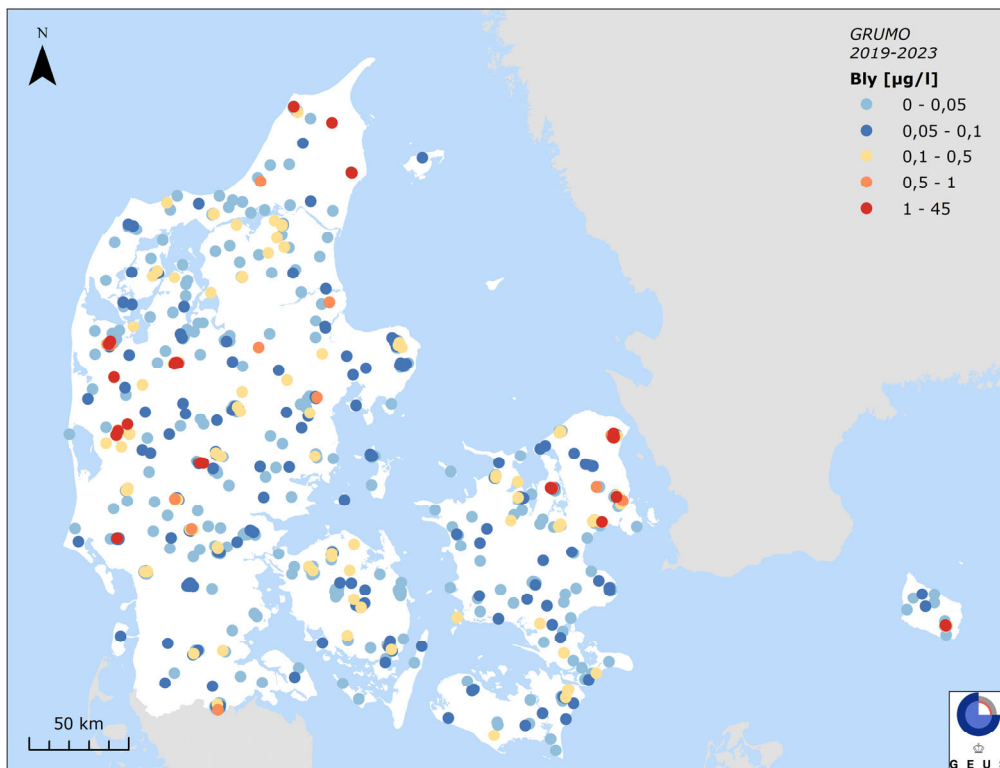
### Bly

Bly forekommer naturligt i sulfider, sulfater og karbonater. Desuden kan det indgå i feldspat og glimmermineraller. Bly binder sig til lermineraller, organisk stof og jernoxid/hydroxider og har almindeligvis en lav mobilitet i grundvand. De højeste blykoncentrationer ses i surt vand, hvor opløseligheden og dermed mobiliteten er størst (Mortensen mfl., 2021).

Figur 54 viser, at bly i GRUMO-indtag i perioden 2019-2023 findes jævnt fordelt over landet i lave koncentrationer under 0,1 µg/l. Grundvand med blykoncentrationer højere end kravværdien af 1 µg/l findes hovedsagelig vest for Hovedopholdslinjen, hvor lavt pH medfører en større mobilitet af bly i grundvandet, samt i nordlige del af Jylland og i den nordøstlige del af Sjælland.



Figur 53. GRUMO. Gennemsnitlige bariumpkoncentrationer på indtagniveau i 1.013 GRUMO-indtag i perioden 2019-2023. De højeste koncentrationer er afbildet øverst. Koncentrationer højere end kravværdien (700  $\mu\text{g/l}$ ) blev fundet i 1 indtag.

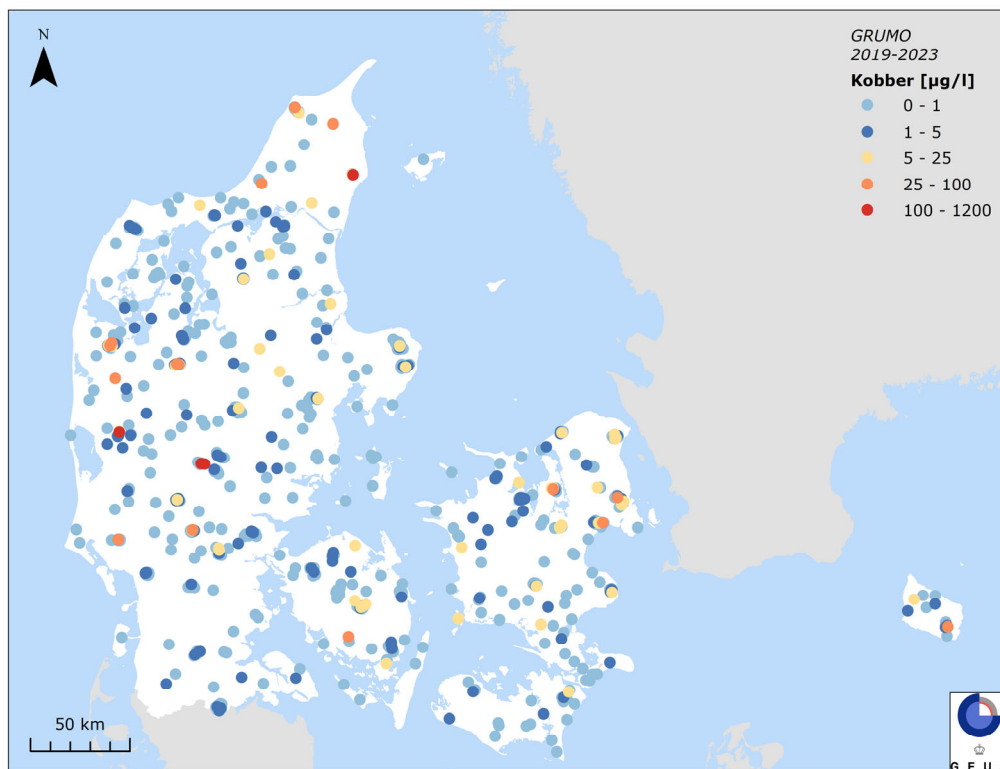


Figur 54. GRUMO. Gennemsnitlige blykoncentrationer på indtagniveau i 1.043 GRUMO-indtag i perioden 2019-2023. De højeste koncentrationer er afbildet øverst. Koncentrationer højere end kravværdien (1  $\mu\text{g/l}$ ) blev fundet i 29 indtag.

## Kobber

Kobber findes naturligt i en række almindelige mineraler ikke mindst sulfider. Mobiliteten af kobber er bestemt af pH- og redoxforhold og den største mobilitet ses under sure forhold og/eller oxiderende forhold. Kobber bindes let til organisk stof og fælder ud med jernoxider/hydroxider (Mortensen mfl., 2021).

Figur 55 viser, at for koncentrationer under 5 µg/l findes kobber jævnt fordelt over landet i GRUMO-indtag i perioden 2019-2023. Højere koncentrationer, fra 25 µg/l op til 1.200 µg/l, findes primært i grundvand vest for Hovedopholdslinjen, i den nordlige del af Sjælland og Jylland og i den sydlige del af Fyn. Kobberkoncentrationer højere end kravværdien blev fundet i indtag i den vestlige og nordlige del af Jylland.

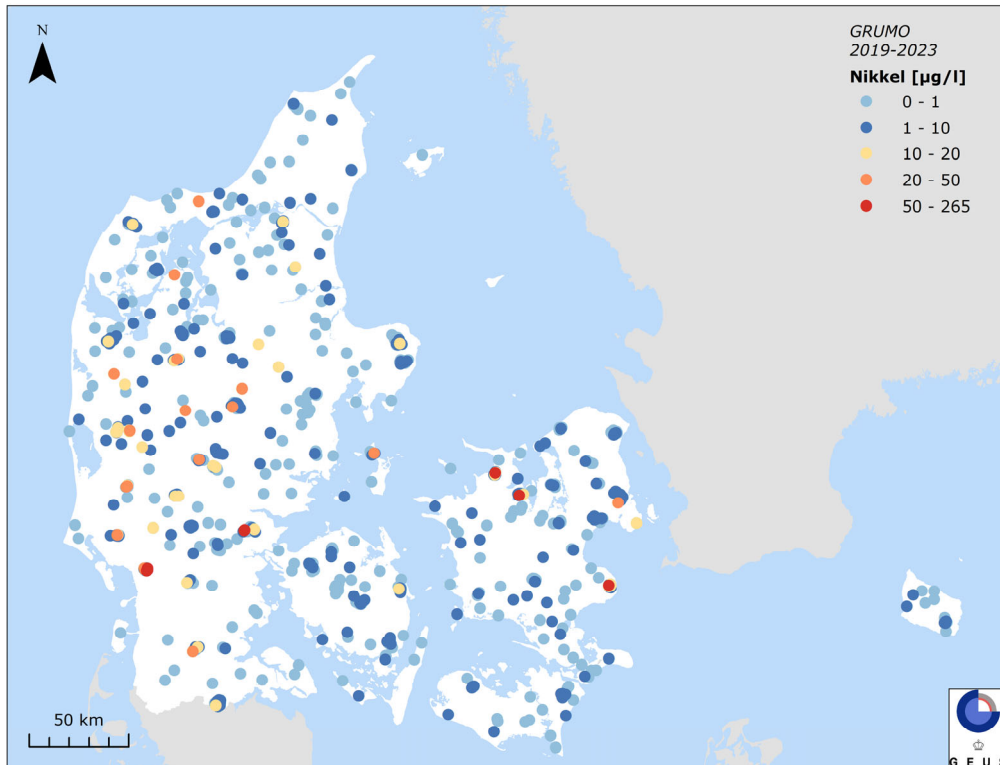


Figur 55. GRUMO. Gennemsnitlige kobberkoncentrationer på indtagsniveau i 1.043 GRUMO-indtag i perioden 2019-2023. De højeste koncentrationer er afbildet øverst. Koncentrationer højere end kravværdien (100 µg/l) blev fundet i 4 indtag.

## Nikkel

Nikkel findes naturligt i en række nikkelholdige og sulfidholdige mineraler som fx pyrit ( $\text{FeS}_2$ ). Mobiliteten af nikkel er afhængig af pH- og redoxforhold. Ved neutralt pH vil nikkels mobilitet være lavere, fordi det bindes mere til bl.a. lermineraler, og jernoxid/hydroxider, end under sure forhold, hvor der er en relativ høj mobilitet. Nikkel frigives til grundvandet, når sulfidholdige mineraler oxideres. Dette sker fx ved sænkning af grundvandsspejlet ved større indvindinger, hvorved luftens ilt får adgang til sedimenterne eller oxidation på baggrund af opløst ilt- og nitrat i grundvandet. Det er særligt i førstnævnte tilfælde, at meget høje nikkelkoncentrationer opstår i grundvandet (Jensen mfl., 2003). Forsuring af grundvandet kan også være årsag til forhøjede koncentrationer af nikkel i grundvand (Kjøller mfl., 2004).

Figur 56 viser, at nikkel optræder i koncentrationer under 10 µg/l jævnt fordelt over landet i GRUMO-indtagene i perioden 2019-2023. Nikkelkoncentrationer højere end kravværdien, op til 265 µg/l, findes hovedsagelig vest for Hovedopholdslinjen, samt hist og her i den nordøstlige del af Sjælland og den østlige del af Jylland og Fyn.



Figur 56. GRUMO. Gennemsnitlige nikkellkoncentrationer på indtagniveau i 1.043 GRUMO-indtag i perioden 2019-2023. De højeste koncentrationer er afbildet øverst. Koncentrationer højere end kravværdien (10 µg/l) blev fundet i 74 indtag.

### Vanadium

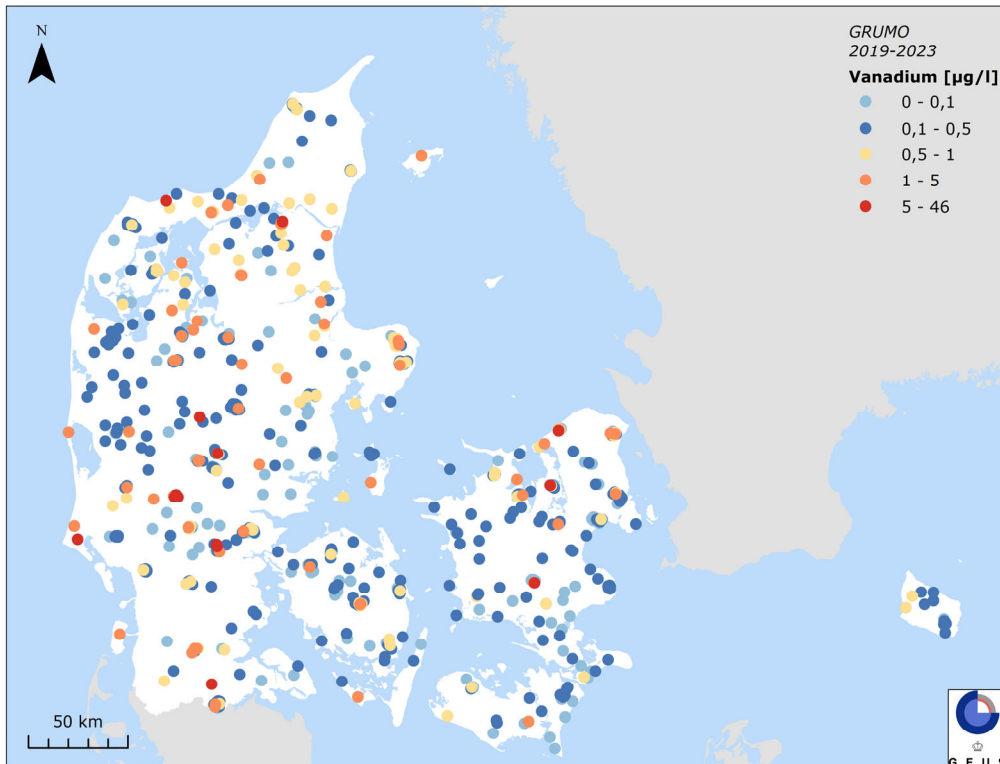
Vanadium findes i en række almindelige mineraler og binder sig til lermineraler og organisk stof under både oxiderende og reducerende forhold. Ved nedbrydning af organisk stof vil vanadium frigøres. I vand findes vanadium som vanadat-forbindelserne (oxidationstrin 5)  $\text{HVO}_4^{2-}$  og  $\text{VO}_3^-$ . Dog vil vanadyl-forbindelser med oxidationstrin 4 være dominerende under reducerende forhold. De højeste vanadiumkoncentrationer ses i surt vand under reducerende forhold og neutralt/svagt basisk vand under oxiderende forhold (Wright mfl., 2014).

Figur 57 viser, at for koncentrationer under 1 µg/l findes vanadium jævnt fordelt over landet i GRUMO-indtag i perioden 2019-2023. Højere koncentrationer, fra 5 µg/l op til 46 µg/l, findes primært i grundvand vest for Hovedopholdslinjen samt spredt i Sjælland og den nordlige del af Jylland. For vanadium er der ikke fastsat kravværdi.

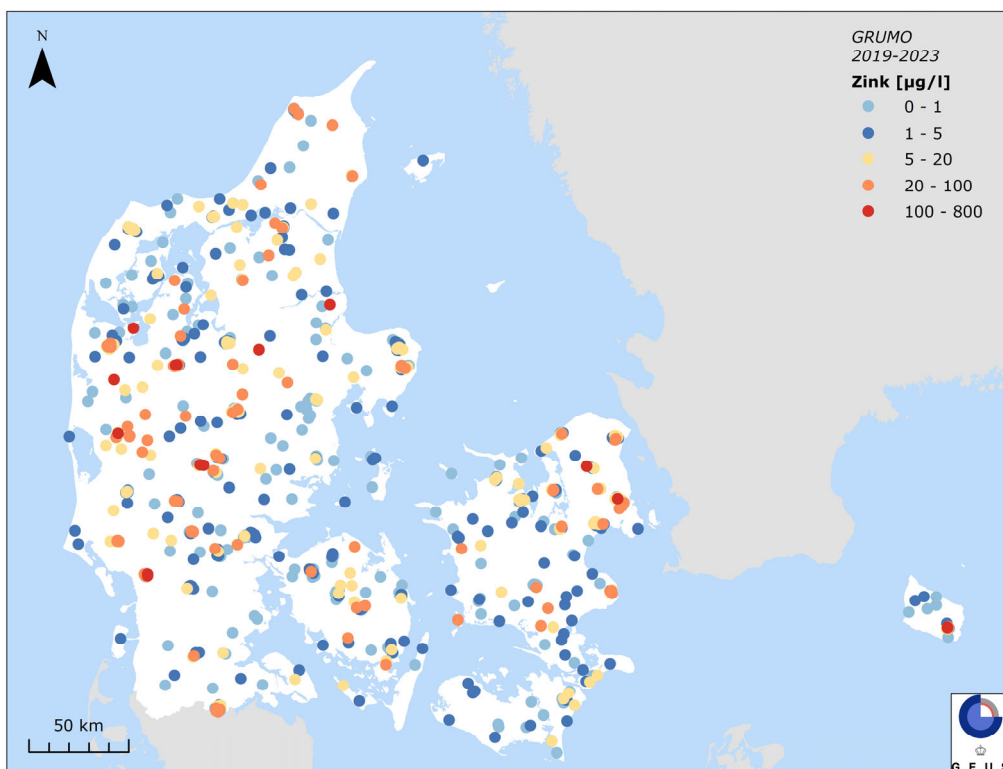
### Zink

Zink findes indbygget i en række almindelige mineraler, fx sulfider. Mobiliteten af zink er størst under sure forhold, men det er også mobilt under pH-neutrale eller svagt basiske forhold. Ved iltning af tidligere reducerede jordlag kan zinkindholdet øges, når sulfiderne oxideres. Zink binder sig til jern- og manganoxid/hydroxider, lermineraler og organisk stof (Mortensen mfl., 2021). Handelsgødning og i særdeleshed svinegylle er de væsentligste kilder til zink i danske landbrugsjorde. Cirka 1/3 af det samlede zinkindhold i husdyrgødning vurderes at stamme fra medicinsk zink til smågrise, hvor det anvendes for at forhindre afvænningsdiarré og de resterende 2/3 stammer fra brugen af zink i fodertilskud (Jensen og Bak, 2018). Det højeste antal af bedrifter med svin findes i Midtjylland ([www.statistikbanken.dk](http://www.statistikbanken.dk)).

Figur 58 viser, at zink i koncentrationer under 5 µg/l findes jævnt fordelt over landet i GRUMO-indtag i perioden 2019-2023. Det samme gælder indtag med 5-20 µg/l zink, om end med lavere hyppighed. I den nordøstlige del af Sjælland og vest for Hovedopholdslinjen findes indtag med zinkkoncentrationer højere end kravværdien (100-800 µg/l).



Figur 57. GRUMO. Gennemsnitlige vanadiumkoncentrationer på indtagningsniveau i 1.013 GRUMO-indtag i perioden 2019-2023. De højeste koncentrationer er afbildet øverst.



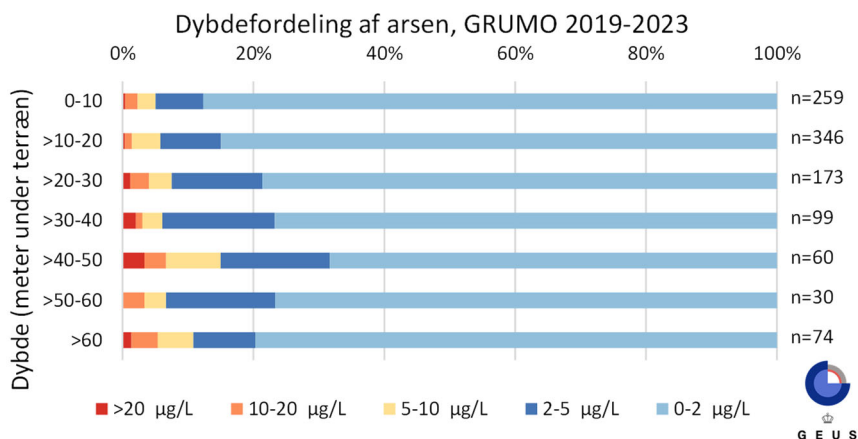
Figur 58. GRUMO. Gennemsnitlige zinkkoncentrationer på indtagningsniveau i 1.043 GRUMO-indtag i perioden 2019-2023. De højeste koncentrationer er afbildet øverst. Koncentrationer højere end kravværdien ( $100 \mu\text{g/l}$ ) blev fundet i 14 indtag.

## Dybdefordeling, GRUMO

Figur 59 - Figur 60 viser den dybdemæssig fordeling af de gennemsnitlige koncentrationer på GRUMO-indtagniveau i perioden 2019-2023 for arsen, aluminium, bly, nikkel og zink, som er de stoffer, der hyppigst optræder i koncentrationer højere end kravværdien.

Figur 59 viser fordelingen af arsen i GRUMO-indtagene i perioden 2019-2023 opdelt på dybdeintervaller af 10 m og i fem koncentrationsklasser. Hovedparten (90 %) af indtagene findes i de øverste 50 meter.

Tættest på terræn (0-10 m u.t.) er arsenkoncentrationer lavere end kravværdien i 95 % af indtagene pga. oxiderede forhold. Arsenkoncentrationer højere end kravværdien optræder hyppigst (15 % af indtagene) i dybdeintervallet 40-50 m u.t., hvor den relative andel af indtag i reduceret grundvand er høj.

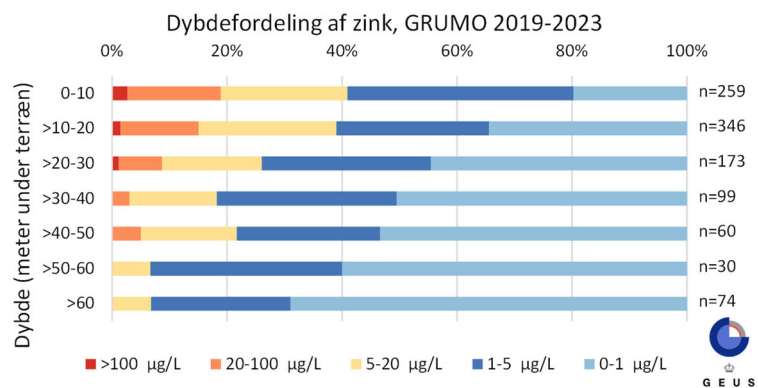
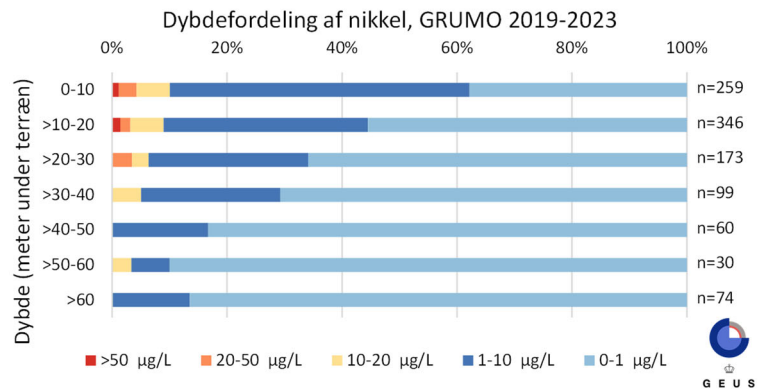
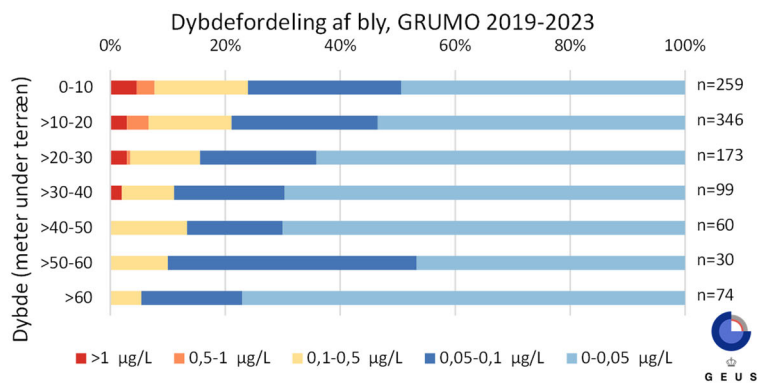
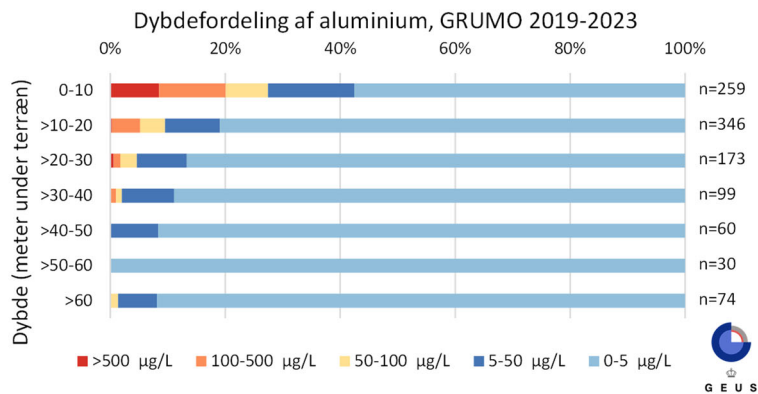


Figur 59. GRUMO. Dybdemæssig fordeling (til overkant af indtag i m u.t.) af de gennemsnitlige arsenkoncentrationer på indtagniveau i perioden 2019-2023. Arsenkoncentrationer højere end kravværdien (5 µg/l) forekommer hyppigst i 40-50 m u.t.

Figur 60 viser fordelingen af aluminium, bly, nikkel og zink i GRUMO-indtagene i perioden 2019-2023 opdelt på dybdeintervaller af 10 m og i fem koncentrationsklasser. Bemærk, der er en stor variation i koncentrationsklasserne mellem sporstofferne. Hovedparten (90 %) af indtagene findes i de øverste 50 meter.

Aluminium-, bly-, nikkel- og zinkkoncentrationer højere end kravværdien optræder hyppigst tættest på terræn (0-10 m u.t.) i hhv. 20 %, 4,6 %, 10 % og 2,7 % af indtagene. Der ses et gradvist fald i aluminium-, bly-, nikkel- og zinkindholdet med dybden i perioden 2019-2023. Fra 60 m u.t. er der ingen GRUMO-indtag med en gennemsnitlig koncentration af alle fire sporstofferne højere end kravværdien. Det faldende aluminium-, bly-, nikkel- og zinkindhold med dybden kan forklares ved, at grundvandet bliver mere neutralt med dybden, hvorved mobiliteten falder. Tættest på terræn (0-10 m u.t.) er pH<5 i ca. 16 % af indtagene. Fra 40 m u.t. er der ingen GRUMO-indtag med pH<5 og indtagene med pH>7 optræder hyppigst (85 %).





Figur 60. GRUMO. Dybdemæssig fordeling (til overkant af indtag i m u.t.) af de gennemsnitlige aluminium-, bly-, nikkel- og zinkkoncentrationer på indtagniveau i perioden 2019-2023. Koncentrationer falder gradvist med dybden. Kravværdier er 100 µg/l for aluminium, 1 µg/l for bly, 10 µg/l for nikkel og 100 µg/l for zink.

## 7.2 Vandforsyningsboringer

### Datagrundlag og status

I dette afsnit rapporteres data for 5-års-perioden 2019-2023, hvor alle aktive vandforsyningsboringer kan forventes at være prøvetaget mindst én gang. Der rapporteres ikke for året 2023, idet der ikke er inddraget nye stoffer eller på anden måde sket en udvikling af analyseprogrammet der berettiger at kigge på en delmængde af vandforsyningsboringerne, som for pesticider og PFAS.

Tabel 22 viser for perioden 2019-2023 fund og gennemsnits koncentrationer højere end kravværdien for sporstoffer i 6.086 vandforsyningsboringer. Hovedparten af boringerne er analyseret for de obligatoriske stoffer i drikkevandsbekendtgørelsen: arsen, barium, bor, kobolt og nikkel. Desuden er et større antal boringer analyseret for strontium (indvinding fra skrivekridt) og aluminium (hvis pH er <6).

Ud af de 6.086 vandforsyningsboringer er der fundet koncentrationer højere end kravværdien for ét eller flere stoffer i 1.277 boringer, svarende til 21 %. Hyppigheden af koncentrationer højere end kravværdien i indvindingsboringerne var for aluminium (1 %), arsen (12 %), barium (0,1 %), bly (1,3 %), bor (6 %), kobber (0,2 %), kobolt (0,6 %), kviksølv (0,3 %), nikkel (3,1 %), strontium (4,9 %) og zink (0,7 %).

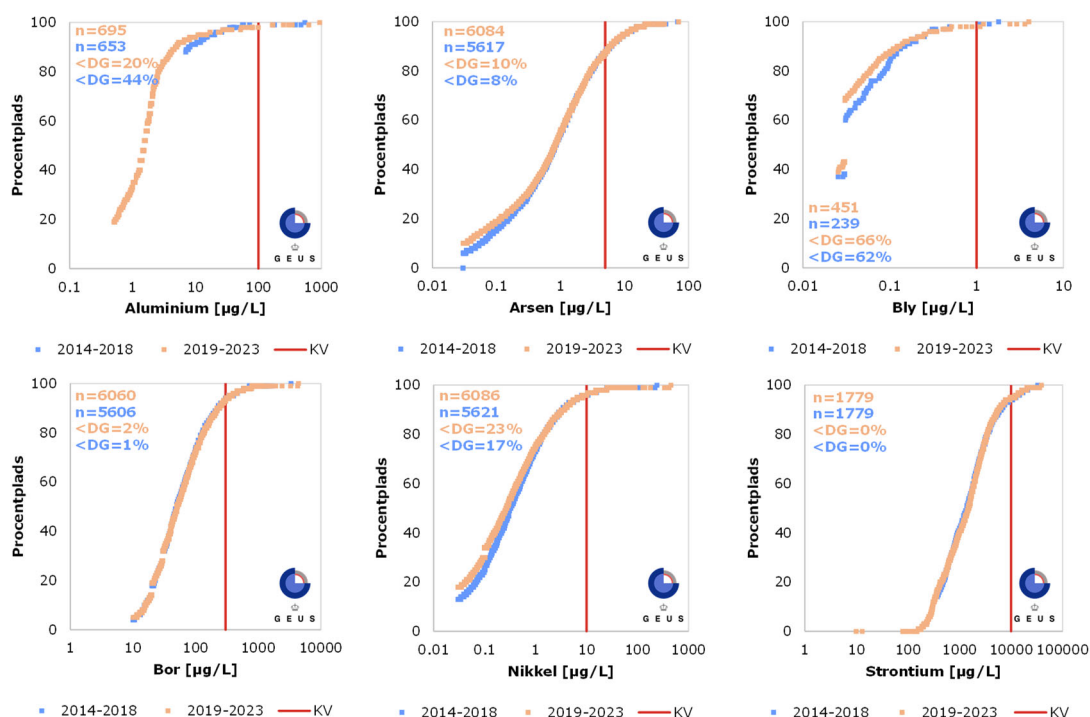
Tabel 22. Vandforsyning. Sporstoffer i perioden 2019-2023. Beregningerne er baseret på gennemsnitlige koncentrationer på indtagningsniveau. Tabellen viser, detektionsgrænser (medianværdien af målinger) og kravværdi (KV), og antal og andel fund af fund og koncentrationer over kravværdien. \*Detektionsgrænsen er højere end kravværdien for krom, hexavalent.

Vandforsyningsboringer	Detektionsgrænse	Kravværdi	Boringer			
			2019-2023	µg/l	µg /l	Antal
Aluminium	0,5	100	695	80	7	1
Antimon	0,2	2	329	3,0	0	0
Arsen	0,03	5	6.084	90	730	12
Barium	1	700	6.042	99	4	0,1
Beryllium	0,02	10	2	0	0	0
Bly	0,025	1	451	34	6	1,3
Bor	10	300	6.060	98	366	6
Brom		-	9	100	-	-
Bromat	5	10	24	0	0	0
Bromid		-	393	91	-	-
Cadmium	0,003	0,5	413	26	0	0
Cyanid	1	50	394	7,4	0	0
Cyanid, syreflygtigt	1	50	15	0	0	0
Jod		-	2	100	-	-
Kobber	0,03	100	409	73	1	0,2
Kobolt	0,04	5	6.064	49	35	0,6
Krom	0,03	25	381	54	0	0
Krom, hexavalent*	4	1	12	25	*	*
Kviksølv	0,001	0,1	372	12	1	0,3
Nikkel	0,03	10	6.086	77	186	3,1
Selen	0,05	10	331	25	0	0
Strontium	1	10.000	1.779	100	87	4,9
Sølv	0,1	10	17	0	0	0
Zink	0,3	100	408	73	3	0,7

I 130 borer optræder der gennemsnitskoncentrationer for perioden 2019-2023 for to stoffer højere end kravværdien for kombinationerne: (i) arsen med aluminium, bor, nikkel eller strontium, (ii) bor med strontium, (iii) nikkel med kobolt eller strontium, (iv) strontium med barium og (v) bly med zink forekommer. I 8 borerne er der tre stoffer med koncentrationer højere end kravværdien: (i) nikkel og kobolt i kombination med arsen eller bor og (ii) bor, strontium og barium. Koncentrationer af fire stoffer (bor, kobolt, nikkel og strontium) højere end kravværdien blev fundet i enkelt boring. I de 1.138 borer med en enkelt koncentration højere end kravværdien, skyldtes dette oftest arsen (57 %), bor (25 %), nikkel (12 %).

For perioden 2019-2023 var koncentrationerne af antimon, beryllium, bromat, cadmium, cyanid (også syreflygtigt), krom, selen og sølv lavere end kravværdien i alle undersøgte indtag. For brom, bromid og jod er der ikke fastsat kravværdier. Koncentrationer af beryllium, bromat, syreflygtigt cyanid og sølv var i alle indtag under detektionsgrænsen. For krom hexavalent var detektionsgrænsen højere end kravværdien.

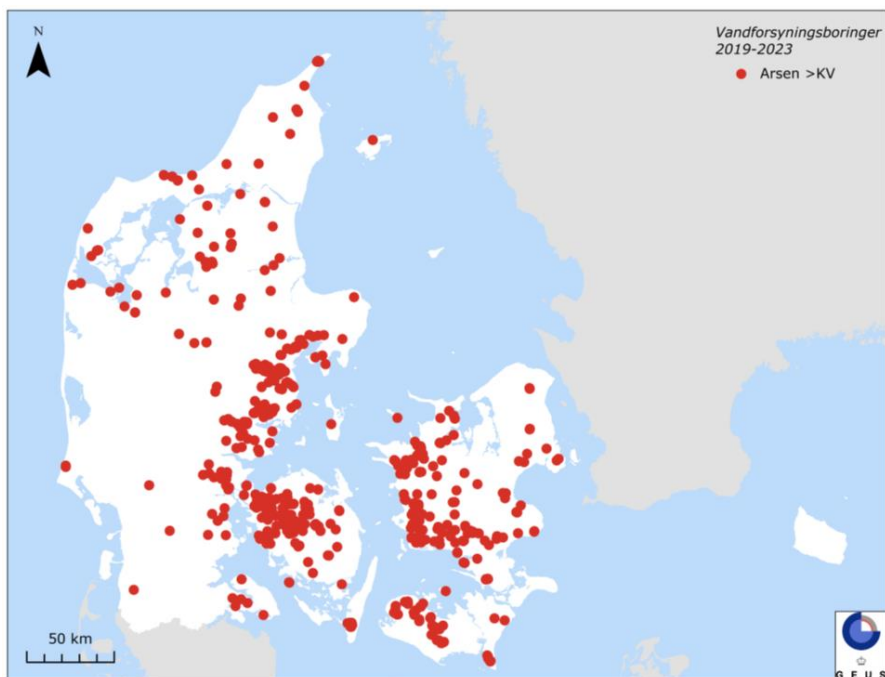
Figur 61 viser koncentrationsfordelingerne for aluminium, arsen, bly, bor, nikkel og strontium i vandforsyningsboringer, opgjort for perioderne 2014-2018 og 2019-2023. Afbildede sporstoffer optræder i koncentrationer højere end kravværdien i >1 % af indtagene. For aluminium, bor og strontium er data for perioderne 2014-2018 og 2019-2023 sammenfaldende. Bemærk, at detektionsgrænsen for aluminium var 7 µg/l for 2014-2018 og 0,5 µg/l for 2019-2023, hvilket giver en meget bedre beskrivelse af den samlede koncentrationsfordeling i det grundvand, der anvendes til vandforsyning. For arsen, bly og nikkel er der sket et lille fald i koncentration over perioden, mens omfanget af koncentrationer højere end kravværdien synes nogenlunde uændret over tid. Ændringerne i arsen, bly og nikkel ses primært i koncentrationsområdet under 1 µg/l.



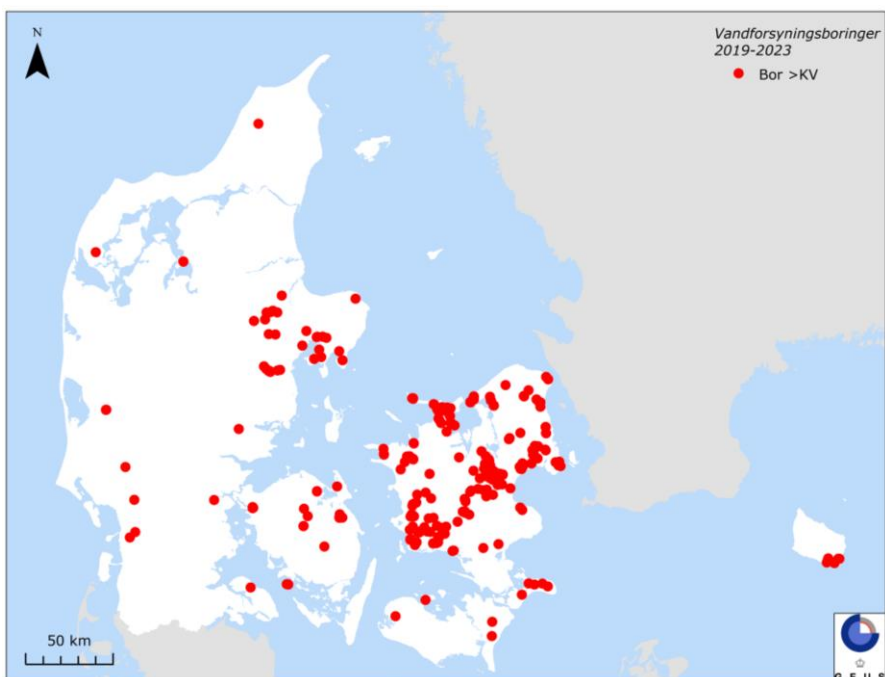
Figur 61. Vandforsyning. Koncentrationsfordelinger for aluminium, arsen, bly, bor, nikkel og strontium for perioderne 2014-2018 og 2019-2023 med kravværdien vist med en lodret rød linje. Antallet af vandforsyningsboringer i de to perioder fremgår af figuren. Medianværdien for detektionsgrænsen for aluminium var 7 µg/l for 2014-2018 og 0,5 µg/l for 2019-2023. De tilsvarende værdier for arsen, bly, bor, nikkel og strontium er hhv. 0,03 µg/l, 0,025 µg/l, 10 µg/l og 0,03 µg/l i de to perioder. Strontium har ikke resultater under detektionsgrænsen.

### Geografisk fordeling, Vandforsyning

Figur 62 viser den geografiske fordeling af vandforsyningsboringer, der har arsenkoncentrationer højere end kravværdien i perioden 2019-2023. Koncentrationer over kravværdien findes i store dele af Danmark og med den største tæthed i Vestsjælland, i den nordvestlige del af Lolland, i den centrale og vestlige del af Fyn og i den østligste del af Jylland. Høje arsenkoncentrationer er især knyttet til områder med tertiært ler. Vest for hovedopholdslinjen er der generelt lave koncentrationer.



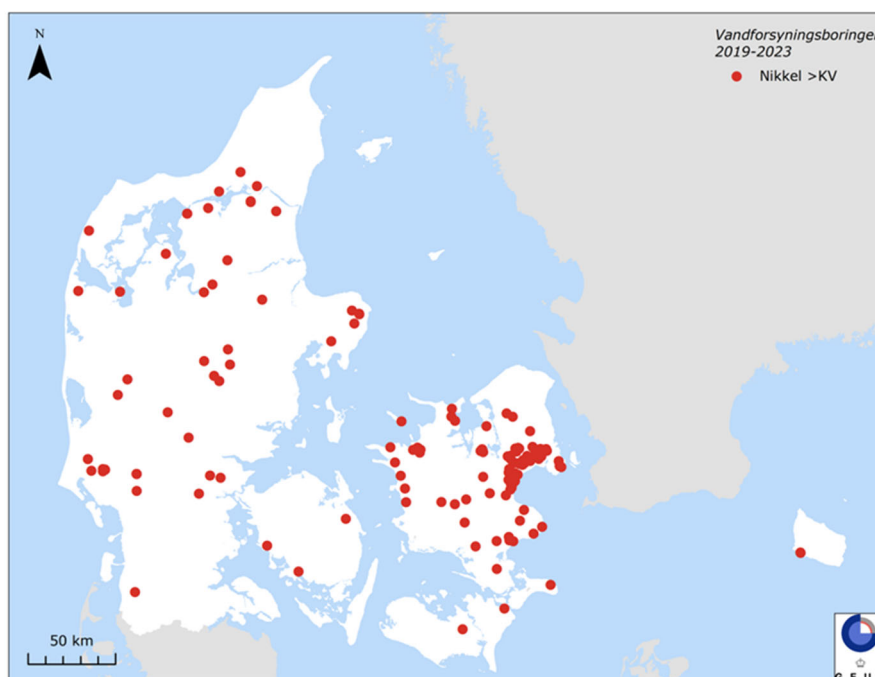
Figur 62. Vandforsyning. Arsenkoncentrationer højere end kravværdien (5 µg/l) i 730 vandforsyningsboringer i perioden 2019-2023. I de fleste tilfælde vil optimeret indvindning og iltning af grundvandet nedbringe indholdet af arsen væsentligt.



Figur 63. Vandforsyning. Borkoncentrationer højere end kravværdien (300 µg/l) i 366 vandforsyningsboringer i perioden 2019-2023.

Figur 63 viser den geografiske fordeling af vandforsyningsboringer, der har borkoncentrationer højere end kravværdien i perioden 2019-2023. Høje indhold af bor i vandforsyningsboringer findes med stor tæthed i Sjælland, Møn, i den centrale del af Fyn, imellem Århus og Randers og det sydlige Bornholm. Høje borkoncentrationer stammer som hovedregel fra havvand, og i Danmark ikke mindst fossilt havvand i gamle marine aflejringer.

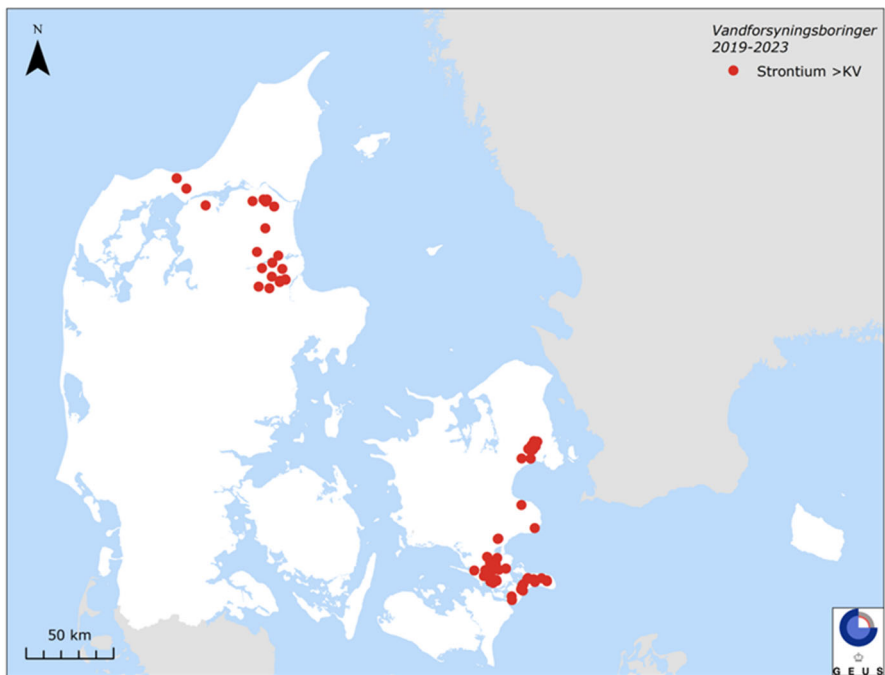
Figur 64 viser den geografiske fordeling af vandforsyningsboringer, der har nikkelkoncentrationer højere end kravværdien i perioden 2019-2023. Det fremgår, at høje indhold af nikkel findes med stor tæthed i Københavnsområdet, langs Køge Bugt og vest for Hovedopholdslinjen. I resten af landet, med undtagelse af Vendsyssel, findes spredte boringer med høje nikkelkoncentrationer. Høje koncentrationer af nikkel er knyttet til surt vand vest for hovedopholdslinjen, mens det i hovedstadsområdet er knyttet til grundvandssænkning og iltning af pyrit i blotlagte lag, på grund af store sænkninger i forbindelse med vandindvinding.



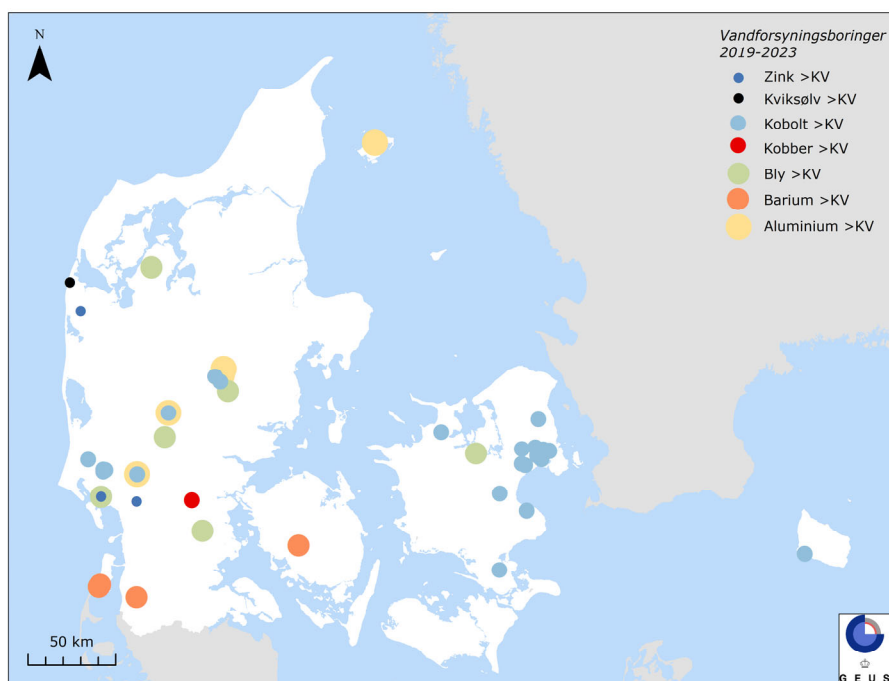
Figur 64. Vandforsyning. Nikkelkoncentrationer højere end kravværdien (10 µg/l) i 186 vandforsyningsboringer i perioden 2019-2023.

Figur 65 viser den geografiske fordeling af vandforsyningsboringer med strontiumkoncentrationer højere end kravværdien i perioden 2019-2023. Høje indhold af strontium i vandforsyningsboringer findes med stor tæthed i Københavnsområdet, i den sydøstlige del af Sjælland, på Møn og i nordlige del af Jylland, og er knyttet til indvinding fra visse kalkbjergarter, ikke mindst skrivekridt.

Figur 66 viser den geografiske fordeling af vandforsyningsboringer, der har koncentrationer over kravværdien for aluminium, barium, bly, kobber, kobolt, kviksølv og zink i perioden 2019-2023. Boringer med høje indhold af aluminium findes i Jylland, hvor der dog er en lav datatæthed vest for Hovedopholdslinjen da de fleste vandforsyningsboringer i området indvinder fra dybere lag, se appendiks 2. Dybdefordeling for aluminium i GRUMO-indtag viser at aluminiumindhold falder med dybden. Det forklarer de meget få vandforsyningsboringer med aluminiumkoncentrationer højere end kravværdien, når der tages højde for dybden af indvindingsboringer i Vestjylland, se appendiks 2. Høje blykoncentrationer i vandforsyningsboringer findes især vest for Hovedopholdslinjen. Høje indhold af kobolt i vandforsyningsboringer findes i Københavnsområdet, i områder ved Køge Bugt og i et NØ-SV-ligt bånd i Jylland fra Randers til Varde. Boringer med høje indhold af kobber, kviksølv og zink findes vest for Hovedopholdslinjen.



Figur 65. Vandforsyning. Strontiumkoncentrationer højere end kravværdien (10.000 µg/l) i 87 vandforsyningsboringer i perioden 2019-2023. Bemærk, dette stof skal kun analyseres, hvis der indvindes i områder med skrivekalk, jf. drikkevandsbekendtgørelsen.



Figur 66. Vandforsyning. Aluminium-, barium-, bly-, kobber-, kobolt-, kviksølv- og zinkkoncentrationer højere end kravværdierne i hhv. 7, 4, 6, 1, 35, 1 og 3 indtag i perioden 2019-2023.

## Dybdefordeling, Vandforsyning

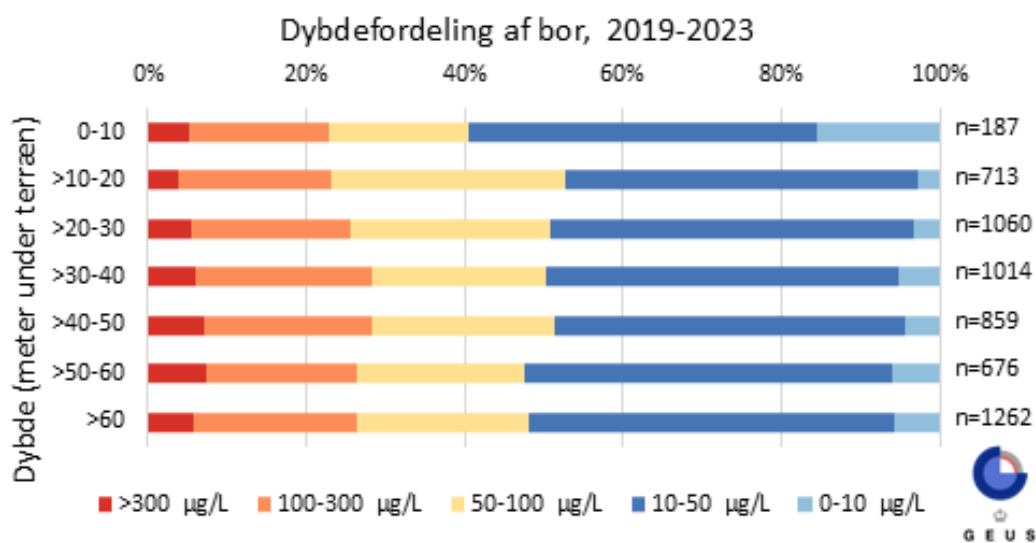
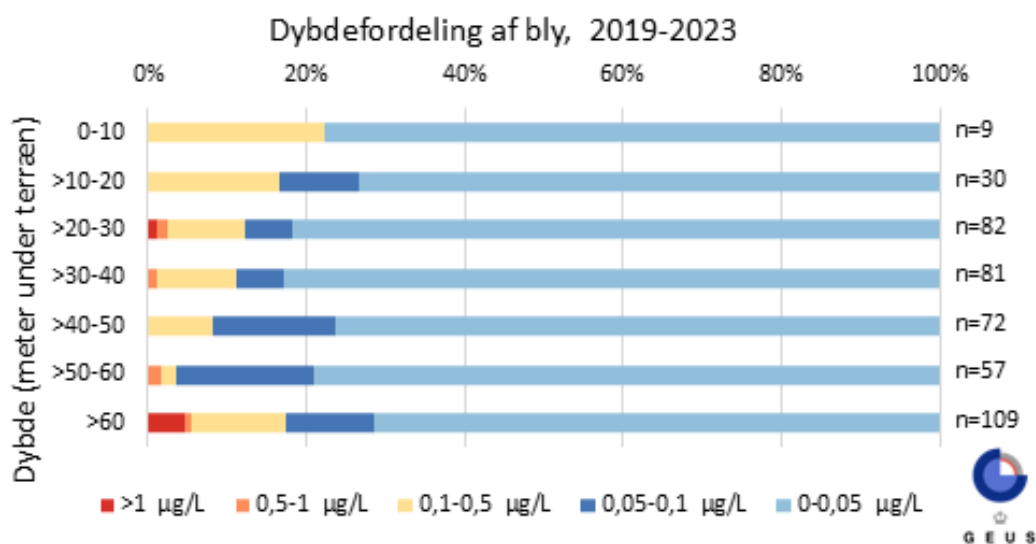
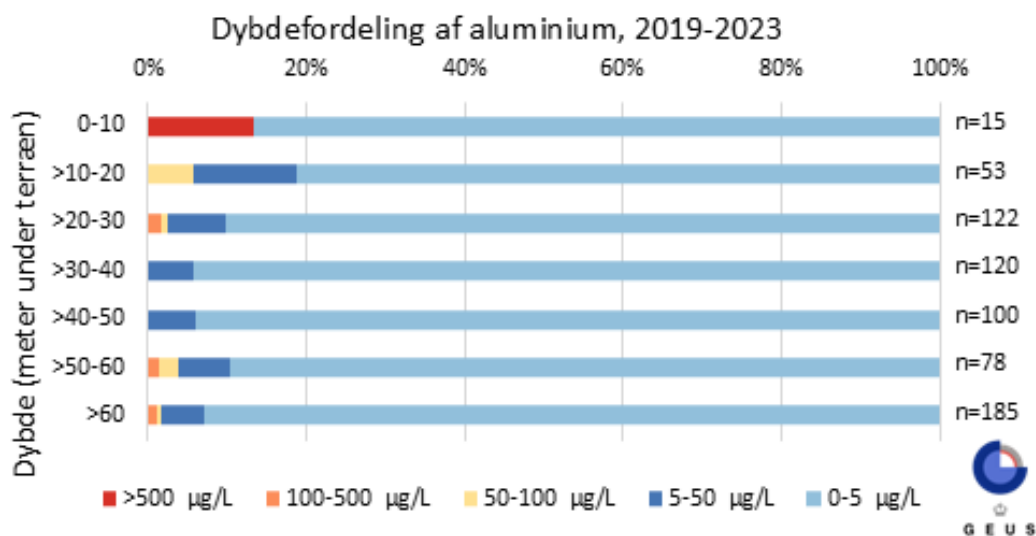
Figur 67 viser dybdefordelingen af arsen, nikkel og strontium i vandforsyningsboring i perioden 2019-2023 opdelt i intervaller af 10 m og i fem koncentrationsklasser for hvert stof. 78 % af indtagene analyseret for arsen og nikkel, og 89 % af indtagene analyseret for strontium findes i de øverste 60 meter, se appendiks 2, Figur 81.

Tættest på terræn (0-20 m u.t.) er arsenkoncentrationer lavere end kravværdien i 92 % af indtagene pga. oxiderede forhold. Arsenkoncentrationer højere end kravværdien (5 µg/l) forekommer hyppigst (16 % af indtagene) i dybdeintervallet 30-50 m u.t., hvor den relative andel af indtag i reduceret grundvand er høj.

Nikkelkoncentrationer falder gradvist med dybden i perioden 2019-2023 som for GRUMO-indtag. Koncentrationer højere end kravværdien optræder hyppigst tættest på terræn (0-20 m u.t.) i 7,6 % af indtagene. Fra 60 m u.t. er der kun 2 % af vandforsyningsindtagene, der har en gennemsnitlig nikkelkoncentrationer højere end kravværdien.

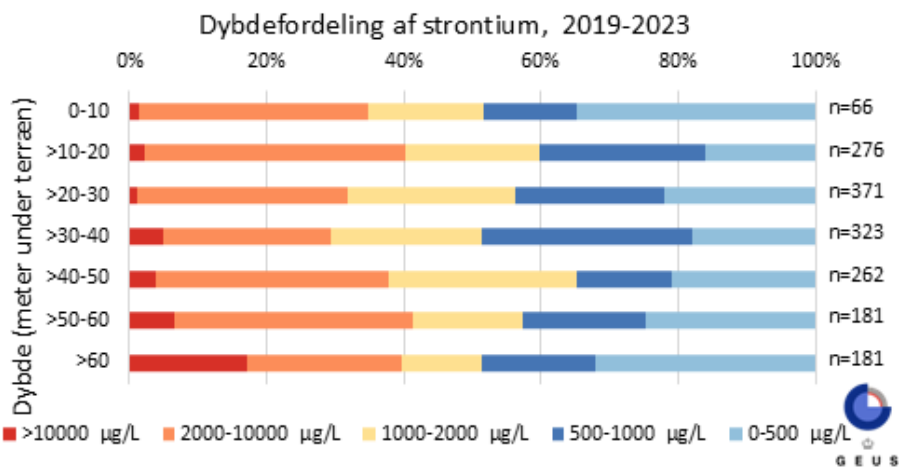
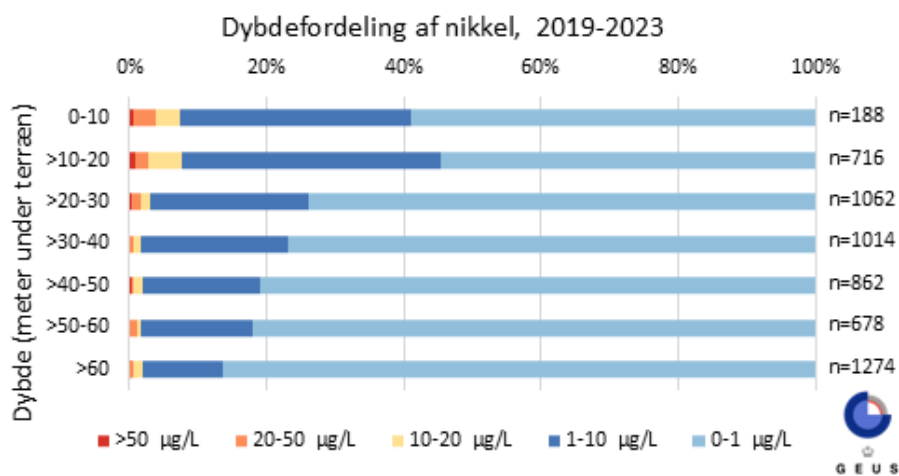
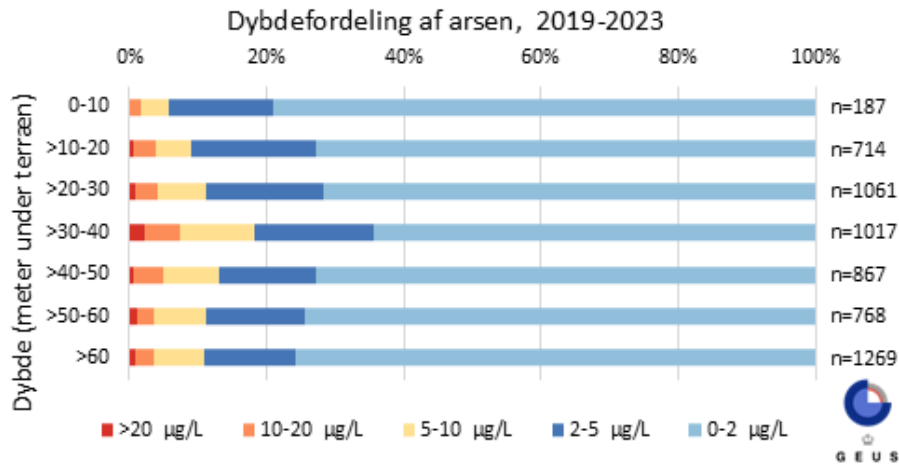
Strontiumkoncentrationer stiger gradvist med dybden. Strontiumindholdet højere end kravværdien optræder hyppigst (17 % af indtagene) i dybdeintervallet over 60 m u.t., hvor den relative andel af indtag i kalk er høj. Tættest på terræn (0-20 m u.t.) er strontiumkoncentrationer lavere end kravværdien i 98 % af undersøgte indtagene.

Figur 68 viser fordelingen af aluminium, bly og bor i vandforsyningsindtagene i perioden 2019-2023 opdelt på dybdeintervaller af 10 m og i fem koncentrationsklasser for hvert stof. Bemærk, der er stor forskel på koncentrationsniveauerne fra stof til stof. Der ses ikke klart mønster i dybdefordelingen for de tre sporstoffer for vandforsyningsboringer, hvilket adskiller sig fra det billede der er for GRUMO-indtagne i Figur 60. Dette kan hænge sammen med, at GRUMO-indtagene er jævnt fordelt over landet, mens hovedparten af vandforsyningsboringerne ligger i de tætbefolkede områder i Østjylland og omkring København. Derudover er der kun en meget lille andel af terrænnære vandforsyningsboringer, hvor pH er lavest, i områderne med surt vand, ikke mindst vest for Hovedopholdslinjen.



Figur 67. Vandforsyning. Dybdemæssig fordeling (til overkant af indtag i m u.t.) af de gennemsnitlige arsen-, nikkel- og strontiumkoncentrationer på indtagsniveau i perioden 2019-2023.





Figur 68. Vandforsyning. Dybdemæssig fordeling (til overkant af indtag i m u.t.) af de gennemsnitlige aluminium-, bly- og borkoncentrationer på indtagniveau i perioden 2019-2023. Kravværdier er 100 µg/l for aluminium, 1 µg/l for bly og 300 µg/l for bor.

## Referencer: Uorganiske sporstoffer

### Vejledninger mv.

Miljøstyrelsen, 2021a: Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord, opdateret juli 2021. [https://edit.mst.dk/media/twgdlftx/liste-over-jordkvalitetskriterier-juli-2021\\_final-rev.pdf](https://edit.mst.dk/media/twgdlftx/liste-over-jordkvalitetskriterier-juli-2021_final-rev.pdf) (2-12-2024)

Miljøstyrelsen, 2022. Vejledning om Vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg, Drikkevandsvejledning, opdateret februar 2022. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2022/02/978-87-7038-389-9.pdf>. (2-12-2024)

### Andre referencer og litteratur i øvrigt

Jensen, J. og Bak, J.L. 2018. Zink og kobber i vandmiljøet. Kilder, forekomst og den miljømæssige betydning. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. Aarhus Universitet, Institut for Bioscience. Rapport nr. 263. 43 sider.

Jensen, T.F., Larsen, F., Kjølter, C., Larsen, J.W. 2003. Nikkelfrigivelse ved pyritoxidation forårsaget af barometerånding-pumpning. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 5.

Kjølter, C., Postma, D. & Larsen, F., 2004. Groundwater acidification and the mobilization of trace metals in a sandy aquifer. Environ. Sci. Technol., 38, 2829-2835.

Larsen, F., Kjølter, C. og Gram, M. 2009. Arsen i dansk grundvand og drikkevand. Bind 1: Arsen i dansk grundvand. By- og Landskabsstyrelsen.

Larsen, F., Kjølter, C., Ramsay. 2010. Manual om arsen i dansk drikkevand med forslag til løsninger.

Mortensen, M.H., Ernsten, V., Voutchkova, D., Thorling, L., 2021. Udvikling af metode til vurdering af grundvandsforekomsters kemiske tilstand for udvalgte uorganiske sporstoffer og salte. GEUS Rapport 2021/19. <https://www.geus.dk/Media/637607297652239325/Udvikling%20af%20metode%20til%20vurdering%20af%20grundvandsforekomsters%20kemiske%20tilstand%20for%20udvalgte%20uorganiske%20sporstoffer%20og%20salte.pdf> (2-12-2024)

Voutchkova, D., Thorling, L., 2022. Natural background levels for barium and phosphorus in groundwater. GEUS Rapport 2022/24. [https://data.geus.dk/pure-pdf/GEUS-R\\_2022\\_24\\_web.pdf](https://data.geus.dk/pure-pdf/GEUS-R_2022_24_web.pdf) (2-12-2024)

Wright, M.T., Stollenwerk, K.G., Belitz, K., 2014. Assessing the solubility controls on vanadium in groundwater, northeastern San Joaquin Valley, CA. Applied Geochemistry, 48, 41-52.

### Links

Jupiter hjemmesiden: <http://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-boringsdatabase-jupiter> (2-12-2024)

NOVANA hjemmeside: <https://mst.dk/erhverv/rig-natur/naturen-i-danmark/novana-overvaagning-af-natur-og-vandmiljoe> (2-12-2024)

Vandområdeplanernes hjemmeside: <https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/vandmiljoe/vandomraadeplaner> (2-12-2024)  
[www.statistikbanken.dk](http://www.statistikbanken.dk) (2-12-2024)

## 8. Referencer

### Danske vejledninger mm. fra Miljøministeriet og Miljøstyrelsen

Miljøministeriet, Danske regioner og KL, 2023: Dataansvarsaftalen, <https://miljoportal.dk/media/1816/dataansvarsaftalens-bilag-3-grundvand.pdf> (2-12-2024)

Miljøstyrelsen, 2009. Faktaark: Pentachlorophenol (PCP). Downloadet 14/11-2018. <https://mst.dk/erhverv/sikker-kemi/kemikalier/regler-og-handlingsplaner/faktaark-om-kemikaliereglerne/faktaark-pentachlorophenol-pcp> (2-12-2024)

Miljøstyrelsen, 2014: Screeningsundersøgelse af udvalgte PFAS-forbindelser som jord- og grundvandsforurening i forbindelse med punktkilder, Miljøprojekt nr. 1600. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2014/10/978-87-93178-96-0.pdf> (2-12-2024)

Miljøstyrelsen, 2016: Kortlægning af brancher der anvender PFAS, Miljøprojekt nr. 1905. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2016/12/978-87-93529-43-4.pdf> (2-12-2024)

Miljøstyrelsen, 2017a: Pesticider og biocider, salgstal 1956-2014. Miljøstyrelsen 14. december 2017.

Miljøstyrelsen, 2017b. Notat. Screening for stoffet desphenyl-chloridazon (CAS nr. 6339-19-1) og methyl-desphenyl-chloridazon (CAS nr. 17254-80-7).

Miljøstyrelsen, 2018. Notat. Screening for N,N-dimethylsulfamid (CAS nr. 3984143) - nedbrydningsprodukt fra tolylfluorid (CAS nr. 731271) og dichlorofluorid (CAS nr. 1085-98-9) i grundvandsovervågningen. Notat af 9. juni, 2018. Revideret 14. august 2018.

Miljøstyrelsen, 2020. Notat af 17. februar, 2020: Fagligt notat om resultater af massescreening 2019.

Miljøstyrelsen, 2021: Status and trends of the aquatic environment and agricultural practice in Denmark. Report to the European Commission of the period 2016-2019 in accordance with article 10 of the Nitrates Directive (1991/676/EEC). March 2021.

Miljøstyrelsen, 2021a. Liste over kvalitetskriterier i relation til forurennet jord, opdateret juli 2021 <https://edit.mst.dk/media/twgdlftx/liste-over-jordkvalitetskriterier-juli-2021-final-rev.pdf> (2-12-2024)

Miljøstyrelsen, 2021b. Skærpede krav til PFAS-forbindelser i drikkevand. Nyhed fra MST, i dag ikke længere tilgængelig på nettet. Downloaded 15/10-2021.

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

Miljøstyrelsen, 2021d: Nyt stof fundet i grundvandet. Downloaded 15/10-2021. <https://mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2021/jan/nyt-stof-fundet-i-grundvandet/> links ikke længere aktivt.

Miljøstyrelsen, 2022: Vejledning om Vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. Drikkevandsvejledning. Vejledning nr. 55 februar 2022. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2022/02/978-87-7038-389-9.pdf> (2-12-2024)

Miljøstyrelsen, 2022a. Notat af 17. marts 2022: Fagligt notat om resultater af massescreening for pesticidstoffer i grundvand 2021.

Miljøstyrelsen, 2023. Notat af 2. marts 2023: Fagligt notat om resultater af massescreening for pesticidstoffer i grundvand 2022.

Miljøstyrelsen, 2023a: Liste over drikkevandskvalitetskriterier: <https://edit.mst.dk/media/dqsdvvr/liste-over-drikkevandskvalitetskriterier-april-2023-final.pdf> (2-12-2024)

Miljøstyrelsen og GEUS. 2023. Anbefaling for specifikke pesticidstoffer til boringskontrollens obligatoriske pesticidliste og GRUMO stoffliste – 2023. Arbejdsdokument til Vandpanelet.

REFLAB, 2013: Opdatering af bekendtgørelse nr. 900 – baggrundsdokumentation, tilføjelse af parameteren anioniske detergenter, Naturstyrelsens Referencelaboratorium for Kemiske Miljømålinger, Notat, [https://cdnmedia.eurofins.com/Microsites/media/1327/bkg\\_900\\_bilag13\\_14\\_anioniske\\_detergenter.pdf](https://cdnmedia.eurofins.com/Microsites/media/1327/bkg_900_bilag13_14_anioniske_detergenter.pdf). (2-12-2024)

REFLAB, 2015: M068. Metodedatablad for Perfluorerede alkylysyreforbindelser (PFAS-forbindelser) i grundvand og drikkevand, [https://cdnmedia.eurofins.com/Microsites/media/1124/m068\\_pfas\\_01b.pdf](https://cdnmedia.eurofins.com/Microsites/media/1124/m068_pfas_01b.pdf). (2-12-2024)

### EU-direktiver mm.

EU, 1991: Nitratdirektivet.

EU, 2000: Vandrammedirektivet.

EU, 2006: Grundvandsdirektivet. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/HTML/?uri=CELEX:32006L0118&from=DA> (2-12-2024)

EU, 2009: Analysekvalitetsdirektivet.

EU, 2020: Drikkevandsdirektivet <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/HTML/?uri=CELEX:32020L2184&from=DA> (2-12-2024)

EU, 2020: WFD CIS Voluntary Groundwater Watch List Process Study on Per- and Polyfluoroalkyl substances (PFAS) – Moni1-toring Data Collection and Initial Analysis – (Draft V.2.5 / 31st March 2020) <https://circabc.europa.eu/ui/group/9ab5926d-bed4-4322-9aa7-9964bbe8312d/library/a547839e-c8ef-4a0d-b4f5-0cb877cdd17e/details> (2-12-2024)

## **NOVANA: Nationale programbeskrivelser, tekniske anvisninger mm.**

- DMU, 2004: NOVANA, Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse. Faglig rapport fra DMU nr. 495. NOVANA 2004-2010 del 1: [http://www2.dmu.dk/1\\_viden/2\\_Publikationer/3\\_fagrapporter/rapporter/FR495.PDF](http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR495.PDF) (2-12-2024) og NOVANA 2004-2010 del 2: <http://www.dmu.dk/Pub/FR615.pdf> (2-12-2024)
- DMU, 2007a: NOVANA – det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet og Naturen. Programbeskrivelse del 1, 2 og 3. Faglig rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser nr. 495 og 508.
- DMU, 2007b: Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse 2007-2009. Faglig rapport fra DMU nr. 615, 2007.
- DMU, 2010a: Program NOVANA 2010. Opdatering af faglig rapport nr. 615 fra DMU – Programbeskrivelse for NOVANA del 2. NOTAT, 31. maj 2010.
- DMU, 2010b: DEVANO 2010. Decentral Vand og Naturovervågning. NOTAT, 31. maj 2010.
- GEUS, 2003: Udkast til teknisk anvisning for grundvandsovervågningen, version 3 af 2. dec. 2003.
- Hansen, B. og Thorling, L., 2007: Interkalibrering af grundvandsprøvetagning 2007. [https://www.geus.dk/media/6795/interkalibrering\\_af\\_grundvandsproevetagningen\\_2007\\_novana\\_final.pdf](https://www.geus.dk/media/6795/interkalibrering_af_grundvandsproevetagningen_2007_novana_final.pdf) (2-12-2024)
- Miljøministeriet, Danske regioner og KL, 2020: Dataansvarsaftalen, [https://miljoportal.dk/media/1395/dataansvarsaftalens-bilag-3-om-grundvand-revideret-maj-2020\\_ver20200616.pdf](https://miljoportal.dk/media/1395/dataansvarsaftalens-bilag-3-om-grundvand-revideret-maj-2020_ver20200616.pdf) (2-12-2024)
- Miljøstyrelsen, 1988: Sammenstilling af det totale overvågningsprogram i henhold til vandmiljøplanen, okt. 1988.
- Miljøstyrelsen, 1989: Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Miljøprojekt nr. 115, Miljøstyrelsen 1989.
- Miljøstyrelsen, 1993: Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1993-1997. Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr.2/1993, Miljøstyrelsen.
- Miljøstyrelsen, 2000a: NOVA-2003. Redegørelse nr. 1, 2000, Miljøstyrelsen <http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2000/87-7909-884-3/html/default.htm> (2-12-2024)
- Miljøstyrelsen, DCE og GEUS, 2017: NOVANA. Det nationale overvågningsprogram for vandmiljø og natur 2017-21. Programbeskrivelse. September 2017. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2017/novana.pdf> (2-12-2024)
- Miljøstyrelsen, DCE og GEUS, 2021: NOVANA Det nationale overvågningsprogram for vandmiljø og natur 2022: <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2022/05/978-87-7038-419-3.pdf> (2-12-2024)
- Miljøstyrelsen, 2021a: Status and trends of the aquatic environment and agricultural practice in Denmark. Report to the European Commission of the period 2016-2019 in accordance with article 10 of the Nitrates Directive (1991/676/EEC). March 2021.
- Miljøstyrelsen, 2023: NOVANA, Det nationale overvågningsprogram for vandmiljø og natur 2023-2027. Programbeskrivelse. September 2023. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2023/09/978-87-7038-556-5.pdf> (30-10-2024)
- Naturstyrelsen, DMU og GEUS, 2011: Det Nationale Overvågningsprogram for Vand og Natur. NOVANA 2011-15. Programbeskrivelse <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2011/novana.pdf> og <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2011/novana2.pdf> (2-12-2024)
- Naturstyrelsen og DCE, 2016: NOVANA 2016, Programbeskrivelse. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2016/novana.pdf> (2-12-2024)
- GEUS, 2018: Notat vedr. datapåideligheden for organiske mikroforureninger i grundvandsovervågningen – en opsummering. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmarks og Grønland.
- Miljøstyrelsen, 2020a: Delprogram for grundvand – opdaterede bilag.
- Thorling, L., 2012: Prøvetagning af grundvand. Teknisk anvisning. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmarks og Grønland. GEUS.
- Thorling, L., 2012a: Pejling af grundvandsstanden i felten. Teknisk anvisning. GEUS, 2012. [https://www.geus.dk/media/6777/q03\\_pejlinger.pdf](https://www.geus.dk/media/6777/q03_pejlinger.pdf) (2-12-2024)
- Thorling, L., Thomsen, C. T., Sørensen, E. N. og Wandall, T., 2014: Datateknisk anvisning for pejledata. Teknisk rapport GEUS. Senest opdateret 19.dec 2018. [https://www.geus.dk/Media/E/A/dq01-pejl\\_20140615\\_20181219.pdf](https://www.geus.dk/Media/E/A/dq01-pejl_20140615_20181219.pdf) (2-12-2024)
- Thorling, L. og Kjølner, C., 2017: Datakilder til vurdering af grundvandets tilstand. GEUS-notat 07-VA-2017-1.
- Troldborg, L., 2020: Afgrænsning af de danske grundvandsforekomster. Ny afgrænsning og delkarakterisering samt fagligt grundlag for udpegning af drikkevandsforekomster. GEUS-rapport 2020/1 [https://www.geus.dk/Media/2/5/GEUSrapport\\_2020\\_1\\_GVF\\_afgraensning\\_web.pdf](https://www.geus.dk/Media/2/5/GEUSrapport_2020_1_GVF_afgraensning_web.pdf) (2-12-2024)
- Thorling, L., Mortensen, M., Sivertsen, J., Iversen, L., Wandall, T., 2022: Etablering og vedligehold af overvågningsboringer. Teknisk anvisning. GEUS, 2022. [https://data.geus.dk/pure-pdf/GEUS\\_Teknisk\\_Anvisning\\_2022\\_Etablering%20og%20vedligehold%20af%20overv%C3%A5gningsboringer%20i%20grundvandsoverv%C3%A5gningen\\_web.pdf](https://data.geus.dk/pure-pdf/GEUS_Teknisk_Anvisning_2022_Etablering%20og%20vedligehold%20af%20overv%C3%A5gningsboringer%20i%20grundvandsoverv%C3%A5gningen_web.pdf) (2-12-2024)

Thorling, L., 2023: Prøvetagning af grundvand i feltet. Teknisk anvisning. GEUS 2023. <https://data.geus.dk/pure-pdf/Pr%C3%B8vetagning%20af%20grundvand.pdf> (2-12-2024)

Wandall, T., 2023: Datateknisk anvisning for Grundvandskemi. (senest opdateret 28.06.2023) <https://mst.dk/media/s3vpoghi/dta-dg02-grundvandskemi.pdf> (2-12-2024)

## NOVANA: rapporter

Blicher-Mathiesen, G., Thorsen, M., Wienke, J., Petersen, Andersen, H.E., Frederiksen, R.R., J., Larsen, S.E., Jensen, P.G., Hansen, B. & Thorling, L. 2024. Landovervågningsoplande 2023. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt center for Miljø og Energi, xxx s. - Videnskabelig rapport nr. xxx, 2004.

Stockmarr, J. (red) 2001: Grundvandsovervågning 2001, Teknisk rapport, GEUS 2001. <https://www.geus.dk/Media/7/6/g-o-2001.pdf> (2-12-2024)

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brüsck, W., Møller, R.R., Iversen, C.H. og Højberg, A.L. 2009: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2007. Teknisk rapport, GEUS 2009. <https://www.geus.dk/Media/9/9/g-o-2007.pdf> (2-12-2024)

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brüsck, W., Møller, R.R., Iversen, C.H. og Højberg, A.L., 2010a: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2008. Teknisk rapport, GEUS 2010. <https://www.geus.dk/Media/B/4/g-o-2008.pdf> (2-12-2024)

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brüsck, W., Møller, R.R., Mielby, S. og Højberg, A.L. 2010b: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2009. Teknisk rapport, GEUS 2010. <https://www.geus.dk/Media/3/F/g-o-2009.pdf> (2-12-2024)

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brüsck, W., Møller, R.R., Mielby, S. og Højberg, A.L., 2011: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2010. Teknisk rapport, GEUS 2011. <https://www.geus.dk/Media/9/C/g-o-2010.pdf> (2-12-2024)

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brüsck, W., Møller, R.R. og Mielby, S. 2012: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2011. Teknisk rapport, GEUS 2012. <https://www.geus.dk/media/8079/g-o-2011.pdf> (2-12-2024)

Thorling, L., Brüsck, W., Hansen, B., Langtofte, C., Mielby, S., Trolldborg, L., og Sørensen, B.L. 2013: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2012. Teknisk rapport, GEUS 2013. <https://www.geus.dk/Media/F/8/g-o-2012.pdf> (2-12-2024)

Thorling, L., Brüsck, W., Hansen, B., Larsen, F., Mielby, S., Trolldborg, L., og Sørensen, B.L. 2015a: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2013. Teknisk rapport, GEUS 2015. <https://www.geus.dk/Media/0/A/g-o-2013.pdf> (2-12-2024)

Thorling, L., Ernstsens, V., Hansen, B., Larsen, F., B., Mielby, S., Johnsen, A.R., og Trolldborg, L. 2015b: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2014. Teknisk rapport, GEUS 2015. <https://www.geus.dk/Media/A/7/g-o-2014.pdf> (2-12-2024)

Thorling, L., Hansen, B., Johnsen, A.R., Larsen, C.L., Larsen, F., B., Mielby, S., og Trolldborg, L. 2016: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2015. Teknisk rapport, GEUS 2015. <https://www.geus.dk/Media/8/B/g-o-2015.pdf> (2-12-2024)

Thorling, L., Ditlefsen, C., Ernstsens, V., Hansen, B., Johnsen, A.R., og Trolldborg, L. 2018: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2016. Teknisk rapport, GEUS 2018. <https://www.geus.dk/media/7921/grundvand1989-2016-enderlig-momsilag.pdf> (2-12-2024)

Thorling, L., Albers, C. N., Ditlefsen, C., Ernstsens, V., Hansen, B., Johnsen, A.R., og Trolldborg, L. 2019: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2017. Teknisk rapport, GEUS 2019. [https://www.geus.dk/media/8097/grundvand\\_1989-2017.pdf](https://www.geus.dk/media/8097/grundvand_1989-2017.pdf) (2-12-2024)

Thorling, L., Ditlefsen, C., Ernstsens, V., Hansen, B., Johnsen, A.R., og Trolldborg, L. 2020: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2018. Teknisk rapport, <https://www.geus.dk/media/8321/grundvand1989-2018-rettet.pdf> GEUS 2020. (2-12-2024)

Thorling, L., Albers, C. N., Ditlefsen, C., Ernstsens, V., Hansen, B., Johnsen, A.R., og Trolldborg, L. 2021: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2019. Teknisk rapport, <https://www.geus.dk/Media/2/1/Grundvandsoverv%C3%A5gning%201989-2019.pdf> GEUS 2021. (2-12-2024)

Thorling, L., Albers, C.N., Ditlefsen, C. Hansen, B., Johnsen, A.R., Mortensen, M.H. & Trolldborg, L. 2021b: Grundvand. Status og udvikling 1989–2020. Teknisk rapport, GEUS 2021. [https://www.geus.dk/Media/637753300019725848/Grundvand%201989-2020\\_a.pdf](https://www.geus.dk/Media/637753300019725848/Grundvand%201989-2020_a.pdf) (2-12-2024)

Thorling, L., Albers, C. N., Ditlefsen, Hansen, B., Johnsen, A.R., Kazmierczak, J. og Trolldborg, L. 2023: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2021. Teknisk rapport, GEUS 2023. [https://www.geus.dk/Media/638175711147491678/Grundvand1989-2021\\_rev.pdf](https://www.geus.dk/Media/638175711147491678/Grundvand1989-2021_rev.pdf) (2-12-2024)

Thorling, L., Albers, C. N., Ditlefsen, Hansen, B., Johnsen, A.R., Kazmierczak, J., Mortensen, M.H. og Trolldborg, L. 2024: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2022. Teknisk rapport, <https://doi.org/10.22008/qpub/38547>, GEUS 2024. (2-12-2024)

## Andre referencer

Albers, C. N., 2010: Natural halogenated compounds in forest soils: formation, leaching, emissions and spatiotemporal patterns of chloroform and related compounds. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmarks og Grønland rapport 17/2010. Ph.d.-afhandling, Roskilde Universitet 2010. Albers, C.N., 2019: Datering i GRUMO 2018. GEUS-notat 05-VA-19-04.

Albers, C. N., Laier, T. og Jacobsen, O.S. 2010: Kloroform i jord og grundvand. Vand og jord, 17:156-158. Albers, C.N., 2021: Dateringer i GRUMO 2020. GEUS-notat 42-VA-21-02

Albers, C.N., 2023: Dateringer i GRUMO 2021. GEUS-notat 42-VA-23-02

Albers, C.N., Bollmann, U.E., Badawi, N., Johnsen, A.R., 2021: Leaching of 1,2,4-triazole from commercial barley seeds coated with tebuconazole and prothioconazole. Chemosphere 286: 131819. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131819> (10-2-24)

Albers CN, Johnsen AR, Bollmann UE. Urban areas as sources of the groundwater contaminants N,N-dimethylsulfamide (N,N-DMS) and 1,2,4-triazole. 2023. Sci Tot Environ. 881:163377. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969723019964?via%3Dihub> (10-2-24)

Albers, C.N., 2024: Dateringer i GRUMO 2023. GEUS-notat 42-VA-24-01

Albers, C.N., 2024: Diffus grundvandsforurening med trifluoreddikesyre (TFA), Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2024/4, [https://data.geus.dk/pure-pdf/GEUS-R\\_2024-4\\_web.pdf](https://data.geus.dk/pure-pdf/GEUS-R_2024-4_web.pdf) (2-12-2024)

Albers, C.N., Sültenfuss, J., 2024: A 60-Year Increase in the Ultrashort-Chain PFAS Trifluoroacetate and Its Suitability as a Tracer for Groundwater Age, Environmental Science and Technology Letters, (available as Online Early), <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.estlett.4c00525> (2-12-2024)

Appello, C.A.J. & Postma, D., 2005: Geochemistry, Groundwater and Pollution, second ed. CRC Press, 672 pp

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. Varslingssystem for udvaskning af pesticider til Grundvand. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland.

Barnabas S, Böhme T, Boyer S, Irmer M, Ruttkies C, Wetherbee I, mfl., 2022: Extracting and Comparing PFAS from Literature and Patent Documents using Open Access Chemistry Toolkits. ChemRxiv. Cambridge: Cambridge Open Engage.

Björnsdotter, M.K., Yeung, L.W.Y., Kärrman, A., Jogsten, I.E., 2022: Mass Balance of Perfluoroalkyl Acids, Including Trifluoroacetic Acid, in a Freshwater Lake, Environmental Science & Technology 56:251-259 DOI: 10.1021/acs.est.1c04472

Cahill, T.M., 2022; Increases in Trifluoroacetate Concentrations in Surface Waters over Two Decades, Environ. Sci. Technol., 56:9428–9434

Cook, P. G., D. K. Solomon, L. N. Plummer, E. Busenberg, and S. L. Schiff, 1995; Chlorofluorocarbons as tracers of groundwater transport processes in a shallow, silty sand aquifer, Water Resour. Res., 31: 425– 434.

Cook, P. G., Solomon, D. K., 1997; Recent advances in dating young groundwater: chlorofluorocarbons,  $^3\text{H}$  and  $^{85}\text{Kr}$ , Journal of Hydrology 191: 245-265

Danske regioner, 2023: Bevar jordforbindelsen - Regionernes arbejde med jordforurening. 44 s. ISBN elektronisk: 978-87-92686-45-9. <https://www.jordforureninger.dk/wp-content/uploads/2023/05/32201-Bevar-jordforbindelsen-Regionernes-arbejde-med-jordforurening-2022.pdf> (9-2-2024)

Danske regioner, 2024: Stof til eftertanke - Regionernes arbejde med jordforurening. 36 pp. ISBN elektronisk: 978-87-92686-47-3. <https://www.jordforureninger.dk/wp-content/uploads/2024/05/33036-Regionernes-arbejde-med-jordforurening-aarsrapport-2024.pdf> (2-12-2024)

DANVA, 2018. Personlig kommunikation, Seniorkonsulent Claus Vangsgård.

DMI, 2021: Klimanormalperioden 1991-2020. <https://www.dmi.dk/vejarkiv/normaler-danmark> (2-12-2024)

DMI, 2023: <https://www.dmi.dk/vejarkiv/normaler-danmark/> (2-12-2024)

DMI. 2024. Sammendrag af året 2023. [https://www.dmi.dk/fileadmin/user\\_upload/Afrapportering/Aarssammendrag/Sammen-drag\\_2023.pdf](https://www.dmi.dk/fileadmin/user_upload/Afrapportering/Aarssammendrag/Sammen-drag_2023.pdf) (2-12-2024)

Ditlefsen C. og Sivertsen, J. (2022): Datakvalitet og stationsfordeling i Det nationale Pejlenet. Intern rapport GEUS.

Freeling, F., Behringer D., Heydel, F. mfl., 2020: Trifluoroacetate in Precipitation: Deriving a Benchmark Data Set. Environmental Science and Technology 54:11210-11219.

Hansen, B., Thorling, L., Dalgaard, T. & Erlandsen, M., 2011: Trend Reversal of Nitrate in Danish Groundwater – a Reflection of Agricultural Practices and Nitrogen Surpluses since 1950. Environmental Science and Technology, vol. 45 no. 1 pp 228-234.

Hansen, B., Dalgaard, T., Thorling, L., Sørensen, B. & Erlandsen, M., 2012: Regional analysis of groundwater nitrate concentrations and trends in Denmark in regard to agricultural influence. Biogeosciences Vol. 9, 5321-5346, 2012.

Hansen, B & Larsen, F., 2016: Faglig vurdering af nitratpåvirkningen i iltet grundvand ved udfasning af normreduktionen for kvælstof i 2016 -18. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2016/04.

Hansen, B., Thorling, L., Schullehner, J., Termansen, M. & Dalgaard, T., 2017: Groundwater nitrate response to sustainable nitrogen management. Scientific Reports, 7, 8566. DOI: 10.1038/s41598-017-07147-2.

Hansen, B. & Thorling, L., 2018. Kemisk grundvandskortlægning. GEO-VEJLEDNING 2018/2. Særudgivelse fra GEUS. [https://www.ge-ovejledning.dk/xpdf/FINAL\\_geo\\_vejledning\\_6\\_03102018.pdf/](https://www.ge-ovejledning.dk/xpdf/FINAL_geo_vejledning_6_03102018.pdf/) 12-2-2024)

- Henriksen, H., Rasmussen, J., Olsen, M., He, X., Jørgensen, L.F. & Trolborg, L., 2014: Implementering af modeller til brug for vandforvaltning. Delprojekt: Effekt af vandindvinding. GEUS-rapport 2014/74 [www.geus.dk/media/7937/geus-rapport-om-implementering-af-modeller-til-brug-for-vandforvaltning2014\\_74.pdf](http://www.geus.dk/media/7937/geus-rapport-om-implementering-af-modeller-til-brug-for-vandforvaltning2014_74.pdf) (9-2-2024)
- Henriksen, H., Stisen, S., Trolborg, L., He, X. & Jørgensen, L.F., 2015: Analyse af øget vandindvinding til markvanding. GEUS rapport 2015/29. [https://www.geus.dk/media/7936/geus-rapport-om-oeget-vandindvinding-til-markvanding29\\_2015.pdf](https://www.geus.dk/media/7936/geus-rapport-om-oeget-vandindvinding-til-markvanding29_2015.pdf) (9-2-2024)
- HHS, 2015: Toxicological profile for 1,1-dichlorethane, U.S. Department of health and human services,
- Hjelmer O, Hougaard T, Hansen J B, Hyks J, Trap N. 2020. Identifikation af problematiske stoffer i overfladebehandlet tegl og beton, fiberarmeret cement og beton samt klinker og sanitet. Miljøprojekt nr. 2127, Miljøstyrelsen.
- Hvid, S. Kolind, 2011: Videncenter for Landbrug. Markvandingsbehov 1987-2010, [www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Vanding/Sider/pl\\_11\\_616.aspx](http://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Vanding/Sider/pl_11_616.aspx) (9-2-2024)
- Håkansson, E. og Schack Pedersen, S.A., 1992: Varv, Prækvartære Varv-kort.
- Jacobsen, O.S., Laier, T., Juhler, R.K., Kristiansen, S.M., Dichmann, E., Brinck, K., Juhl, M.M., Grøn, G., 2007: Forekomst og naturlig produktion af kloroform i grundvand. By- og Landskabsstyrelsen.
- Jakobsen, R., Hinsby, K., Aamand, J., van der Keur, P., Kidmose, J., Purtschert, R., Jurgens, B.C., Sultenfuss, J., Albers, C.N., 2020; History and Sources of Co-Occurring Pesticides in an Abstraction Well Unraveled by Age Distributions of Depth-Specific Groundwater Samples, Environmental Science and Technology, 54: 158-165, DOI: 10.1021/acs.est.9b03996
- Jensen, J. og Bak, J.L. 2018. Zink og kobber i vandmiljøet. Kilder, forekomst og den miljømæssige betydning. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. Aarhus Universitet, Institut for Bioscience. Rapport nr. 263. 43 sider.
- Jensen, T.F., Larsen, F., Kjøller, C., Larsen, J.W. 2003. Nikkelfrigivelse ved pyritoxidation forårsaget af barometerånding-pumpning. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 5.
- Johansson, J. H., Salter, M. E., Acosta Navarro, J. C., Leck, C., Nilsson, E. D., Cousins, I. T., 2019: Global transport of perfluoroalkyl acids via sea spray aerosol, Environ. Sci.: Processes Impacts, 21:635-649.
- Johnsen, A.R., Albers, C.N., Henriksen, T., 2024; Trifluoreddikesyre fra pesticider, Rapport (endnu ikke offentliggjort)
- Kjøller, C., Postma, D. & Larsen, F., 2004. Groundwater acidification and the mobilization of trace metals in a sandy aquifer. Environ. Sci. Technol., 38, 2829-2835. Laier, T. og Thorling, L., 2005: Tidsserier og datering, anvendelse af overvågningsdata. ATV møde 5. okt. 2005; Grundvandsmonitoring, teori, metoder og cases.
- Laier, T., 2014: Aldersbestemmelse af ungt grundvand i overvågningsboringer -pilotprojekt. GEUS-notat 05-VA-14-01
- Laier, T., 2014a: Aldersbestemmelse af ungt grundvand i overvågningsboringer ved T-He metoden. GEUS-notat 05-VA-14-04
- Larsen, F., Kjøller, C. og Gram, M. 2009. Arsen i dansk grundvand og drikkevand. Bind 1: Arsen i dansk grundvand. By- og Landskabsstyrelsen.
- Larsen, F., Kjøller, C., Ramsay. 2010. Manual om arsen i dansk drikkevand med forslag til løsninger.
- Mernild, S. H., Christensen J.H., Cappelen, J. (2019): Nedbørsekstremer og regnfattige somre. Aktuel Naturvidenskab Nr. 2 2019, 8-12.
- Mortensen, M.H., Ernsten, V., Voutchkova, D., Thorling, L., 2021. Udvikling af metode til vurdering af grundvandsforekomsters kemiske tilstand for udvalgte uorganiske sporstoffer og salte. GEUS Rapport 2021/19. <https://www.geus.dk/Media/637607297652239325/Udvikling%20af%20metode%20til%20vurdering%20af%20grundvandsforekomsters%20kemiske%20tilstand%20for%20udvalgte%20uorganiske%20sporstoffer%20og%20salte.pdf> (2-12-2024)
- Newell, C.J., Adamson, D.T., Kulkarni, P.R., Nzeribe, B.N., Connor, J.A., Popovic, J., Stroo, H.F., 2021; Monitored natural attenuation to manage PFAS impacts to groundwater: Scientific basis, Groundwater Monitoring & Remediation, 41: 76–89.
- Nielsen, K.S., og Jørgensen, J.B., 2008: Lavpermeable horisonter i skrivekridtet – Fase A. Miljøcenter Aalborg 2008.
- NIRAS, 2023: Undersøgelser af kystnær PFAS – forurening af jord- og grundvand, Den syddanske Udviklingspulje, Journalnr. 22/52316
- Nygaard, E.(red) 2004: Koncept for Udpegning af Pesticidfølsomme Arealer, KUPA. Særligt pesticidfølsomme sandområder: Forudsætninger og metoder for zoner. GEUS. [http://kupa.dk/xpdf/KUPA\\_sand\\_slutrapport.pdf](http://kupa.dk/xpdf/KUPA_sand_slutrapport.pdf) (12-2-2024)
- OECD, 2021: Reconciling Terminology of the Universe of Per Recommendations and Practical Guidance, Series on Risk Management No.61, Organisation for Economic Co-operation and Development, ENV/CBC/MONO(2021)25
- Olesen, J.E., 2019: Klimaændringernes betydning for europæisk landbrug. Vand og jord, 26. Årg. 2. maj 2019, side 50-55.
- Pickard, H.M., Criscitiello, A.S., Persaud, D., Spencer, C., Muir, D.C.G., Lehnher, I., Sharp, M.J., De Silva, A.O., Young, C.J., 2020; Ice Core Record of Persistent Short-Chain Fluorinated Alkyl Acids: Evidence of the Impact From Global Environmental Regulations, Geophysical Research Letters, 10.1029/2020GL087535
- Postma, D., Boesen, C., Kristiansen, H. & Larsen, F., 1991: Nitrate Reduction in An Unconfined Sandy Aquifer - Water Chemistry, Reduction Processes, and Geochemical Modelling. Water Resour. Res. 1991, 27 (8), 2027–2045.
- Schullehner, J. & Hansen, B., (2014): Nitrate exposure from drinking water in Denmark over the last 35 years. Environmental Research Letters 9 095001 doi:10.1088/1748-9326/9/9/095001

Scheurer, M., Nödler, K., Freeling, F. et al, 2017: Small, mobile, persistent: Trifluoroacetate in the water cycle – Overlooked sources, pathways, and consequences for drinking water supply, *Water Research*, 126: 460-471, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.09.045>.

Sebol, L.A., W.D. Robertson, E. Busenberg, L.N. Plummer, M.C. Ryan, S.L. Schiff, 2007; Evidence of CFC degradation in groundwater under pyrite-oxidizing conditions, *Journal of Hydrology*, 347: 1-12, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.08.009>.

Stisen, S., Ondracek, M., Troldborg, L., Schneider, R.J.M., van Til, M.J., 2019: National Vandressource Model – Modelopstilling og kalibrering af DK-model2019. GEUS-rapport 2019/31. GEUS 2019 [https://data.geus.dk/pure-pdf/32631\\_GEUS\\_R\\_2019\\_31\\_opt.pdf](https://data.geus.dk/pure-pdf/32631_GEUS_R_2019_31_opt.pdf) (9-2-2024)

Thorling, L. og Kjøller, C., 2017: Datakilder til vurdering af grundvandets tilstand. GEUS-notat 07-VA-2017-1

Thorling, L., Nilsson, B., Møller, I., Bollmann, U.E., Johnsen, A.R. & Troldborg, L., 2021: Udvikling af metode og gennemførelse af vurderinger for de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for pesticider. GEUS rapport 2021/15. Dokumentationsrapport.. <https://www.geus.dk/Media/637607182688977856/Udvikling%20af%20metode%20og%20gennemf%c3%b8relse%20af%20vurderinger%20for%20de%20danske%20grundvandsforekomsters%20kemiske%20tilstand%20for%20pesticider.pdf> (11-2-2024)

Troldborg, L., 2020: Afgrænsning af de danske grundvandsforekomster. Ny afgrænsning og delkarakterisering samt fagligt grundlag for udpegning af drikkevandsforekomster. GEUS-rapport 2020/1

Voutchkova, D., Thorling, L., 2022. Natural background levels for barium and phosphorus in groundwater. GEUS Rapport 2022/24. [https://data.geus.dk/pure-pdf/GEUS-R\\_2022\\_24\\_web.pdf](https://data.geus.dk/pure-pdf/GEUS-R_2022_24_web.pdf) (2-12-2024)

Wang, Z., DeWitt, J.C., Higgins, C.P., Cousins, I.T., 2017; A Never-Ending Story of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs)? *Environmental Science and Technology*, 51:2508–2518.

Wright, M.T., Stollenwerk, K.G., Belitz, K., 2014. Assessing the solubility controls on vanadium in groundwater, northeastern San Joaquin Valley, CA. *Applied Geochemistry*, 48, 41-52.

## Links og hjemmesider:

Bekæmpelsesmiddeldatabasen (bmd) <https://mst.dk/erhverv/sikker-kemi/database-for-bekaempelsesmidler/bmd> (10-2-24)

DK modellens hjemmeside <https://dennationalehydrologiskemodel.dk/> (12-2-2024)

DMI's hjemmeside: [www.dmi.dk](http://www.dmi.dk) (9-2-2024)

EEA-hjemmesiden: <http://www.eea.europa.eu/> (9-2-2024)

Grundvandskortlægningens hjemmeside hos Styrelsen for Vand og Naturforvaltning: <http://mst.dk/natur-vand/vand-i-hverdagen/grundvand/grundvandskortlaegning/> (9-2-2024)

Grundvandsovervågningens hjemmeside: <http://www.geus.dk/vandressourcer/overvaagningsprogrammer/grundvandsovervaagning> (9-2-2024)

Grundvandsstanden.dk <https://grundvandsstanden.dk/> (12-2-2024)

Jordforurening, hjemmeside for regionernes videncentre for Miljø og ressourcer: <https://www.miljoegressourcer.dk/> (9-2-2024)

Jupiter hjemmesiden: <http://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-boringsdatabase-jupiter> (9-2-2024)

NOVANA hjemmeside: <https://mst.dk/erhverv/riq-natur/naturen-i-danmark/novana-overvaagning-af-natur-og-vandmiljoe> (2-12-2024)

Parameterlisten: <https://parameterlisten.miljoportal.dk/parameters>

[Spin databasen: spin2000.net.](http://spin2000.net/) (10-2-24)

STANCODE hjemmesiden, DCE: <http://dce.au.dk/overvaagning/standat/> (9-2-2024)

USGS, Den Amerikanske Geologiske Undersøgelses hjemmeside om datering af grundvand: [Groundwater Age \(usgs.gov\)](https://www.usgs.gov/groundwater/groundwater-age) Vandområdeplanernes hjemmeside: <https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/vandmiljoe/vandomraadeplaner> (2-12-2024)

Varslingssystemet for pesticider, hjemmeside: [www.pesticidvarsling.dk](http://www.pesticidvarsling.dk) (9-2-2024)

<https://www.webmatematik.dk/lektioner/matematik-b/statistik/fordelingsfunktion-og-frekvensfunktion> (13-2-24)

<https://builtin.com/data-science/boxplot>



# Appendiks

# Appendiks 1 Datagrundlag og metoder

## Appendiks 1.1 Analyseindsats og dataindsamling

### Datakilder

De data, der udgør grundlaget for grundvandsrapporten, er først og fremmest indsamlet i det nationale overvågningsprogrammes særlige overvågningsboringer (GRUMO- og LOOP-indtag) og i vandforsyningernes indvindingsboringer i forbindelse med den obligatoriske boringskontrol (Thorling og Kjøller, 2017). De forskellige datakilder anvendt til overvågning af grundvandets kvalitet er beskrevet kort i Boks 1 nedenfor, mens en mere uddybende beskrivelse af stationsnettet er givet i Appendiks 2.

Boks 1. Datakilder i grundvandsovervågningsrapporten, overvågning af vandkvalitet.

Datakilde	Beskrivelse
<b>GRUMO-boringer</b>	<p>GRUMO-boringerne i grundvandsovervågningen er etableret som led i det nationale overvågningsprogram for vand og natur (NOVANA). Her overvåges grundvandet ved at der udtages grundvandsprøver og grundvandsspejlets beliggenhed pejles. GRUMO-stationsnettet er designet til at kunne give dybdespecifikke målinger i grundvandsmagasinerne fra de såkaldte GRUMO-indtag.</p> <p>Det samlede GRUMO-stationsnet er designet, så grundvandet særligt overvåges, hvor påvirkningen fra diffuse miljøpåvirkninger er størst, idet punktkilder undgås, således at effektiviteten af generelle reguleringer bedst kan vurderes. Stationsnettet blev i perioden 2007-2019 tilpasset vandrammedirektivet, se appendiks 2. Prøvetagningshyppigheden i de enkelte GRUMO-indtag varierer afhængigt af den påvirkning, som afspejles af vandanalyserne, se kapitel 2. Alle programlagte indtag prøvetages mindst én gang i løbet af en seksårig programperiode for alle analysepakker, jf. vandrammedirektivet.</p> <p>En delmængde af indtagene sidder i de såkaldte redoxboringer, der bl.a. har til formål at overvåge redoxzonernes stabilitet. I hver af disse boringer er der 15-23 ganske korte indtag (10 cm), se Appendiks 2.2.</p> <p>Alle data fra GRUMO-boringer er tilgængelige i Jupiter.</p>
<b>LOOP-boringer</b>	<p>LOOP-boringerne i Landovervågningsprogrammet er etableret som led i det nationale overvågningsprogram for vand og natur (NOVANA). Landovervågningen beskriver sammenhænge mellem dyrkningspraksis og tabet af især kvælstof og fosfor til vandmiljøet, idet hovedformålet med LOOP-overvågningen er at få en detaljeret forståelse af, hvordan dyrkning i Danmark påvirker vandkvaliteten i rodzonevand, drænvand og grundvand.</p> <p>Alle LOOP-boringer er placeret, hvor grundvandsspejlet ligger højt, idet LOOP-indtagene er placeret terrænnært i 1,5-5 m u.t. Siden overvågningsens start i 1989 har der været tale om et fast stationsnet af ca. 100 LOOP-indtag - med kun ganske få ændringer. Indtagene prøvetages op til seks gange årligt.</p> <p>Der kan kun udtages prøver, når grundvandsspejlet ligger så højt, at grundvandet kan pumpes op fra indtagene.</p> <p>I LOOP-områderne overvåges herudover rodzonevand, der opsamles med sugeceller placeret lige under rodzonen. Disse data må ikke forveksles med data fra LOOP-boringerne. Data fra den umættede zone (rodzonevand) anvendes ikke i grundvandsovervågningsrapporten.</p> <p>Alle data fra LOOP-boringer er tilgængelige i Jupiter.</p>
<b>Vandforsyningsboringer</b>	<p>I drikkevandsbekendtgørelsen er der krav om, at vandforsyningerne (indtil okt. 2022 blot de almene vandforsyninger) jævnligt kontrollerer kvaliteten af det grundvand (råvand), der indvindes fra deres indvindingsboringer, den såkaldte boringskontrol. Boringskontrollen gennemføres på det grundvand (råvand), der indvindes fra den enkelte indvindingsboring, før vandet ledes ind på selve vandværket til behandling og derefter ledes videre ud i forsyningsnettet til forbrugerne. En almen vandforsyning leverer til mindst 10 ejendomme.</p>

	<p>Hyppigheden af boringskontrollen afhænger af den distribuerede eller producerede vandmængde, og giver en prøvetagningshyppighed mellem hvert 3. år og hvert 5. år. Drikkevandsbekendtgørelsens bilag indeholder en liste over en række parametre, der som minimum skal analyseres for i en boringskontrol. Derudover stiller drikkevandsbekendtgørelsen krav til, at tilsynsmyndigheden skal udvide listen over kontrolparametre for boringskontrollen, når de lokale forhold for vandforsyningsanlægget tilsiger det, se kapitel 2. Alle resultater fra boringskontrollen skal indberettes til Jupiter.</p>
--	---

### Analyseindsats vedr. grundvandskvalitet

Overvågningen af grundvandets kvalitet har siden grundvandsovervågningens start i 1988 taget udgangspunkt i fire stofgrupper:

- *Kemiske hovedbestanddele*
- *Uorganiske sporstoffer*
- *Pesticider*
- *Organiske mikroforureninger*

De organiske mikroforureninger har gennem tid været underopdelt i en række kemiske undergrupper, der dels tager udgangspunkt i kemiske egenskaber og dels i anvendelsen. Sådanne undergrupper rapporteres typisk sammen.

Analyseprogrammerne for miljøfremmede stoffer, herunder pesticider, har udviklet sig gennem årene i takt med, at udviklingen af analysemetoderne har muliggjort analyser med tilstrækkeligt lave detektionsgrænser i forhold til kvalitetskrav og tærskelværdier for de relevante miljøfremmede stoffer og sporstoffer. Undervejs er stoffer, der kun sjældent eller aldrig findes i analyserne, udgået af programmerne. Nye stoffer er løbende inddraget, efter at screeninger eller andre undersøgelser har vist, at national overvågning er relevant. De aktuelle analyseprogrammer for den seneste programperiode fremgår af de kapitler, hvor stofferne præsenteres. Bilag 3 viser en oversigt over den periode, hvor de forskellige stoffer har været programlagte til analyse til grundvandsovervågningen.

For hver programperiode fremgår det konkrete analyseprogram for grundvandsovervågningen af programbeskrivelserne (se litteraturlisten og NOVANA-hjemmesiden). Analyseprogrammerne for boringskontrollen har tilsvarende ændret sig gennem tiden og fremgår af de forskellige udgaver af drikkevandsbekendtgørelsen. Vandforsyningerne har i vid udstrækning suppleret dette analyseprogram med flere stoffer, specielt miljøfremmede stoffer som pesticider, PFAS mm.

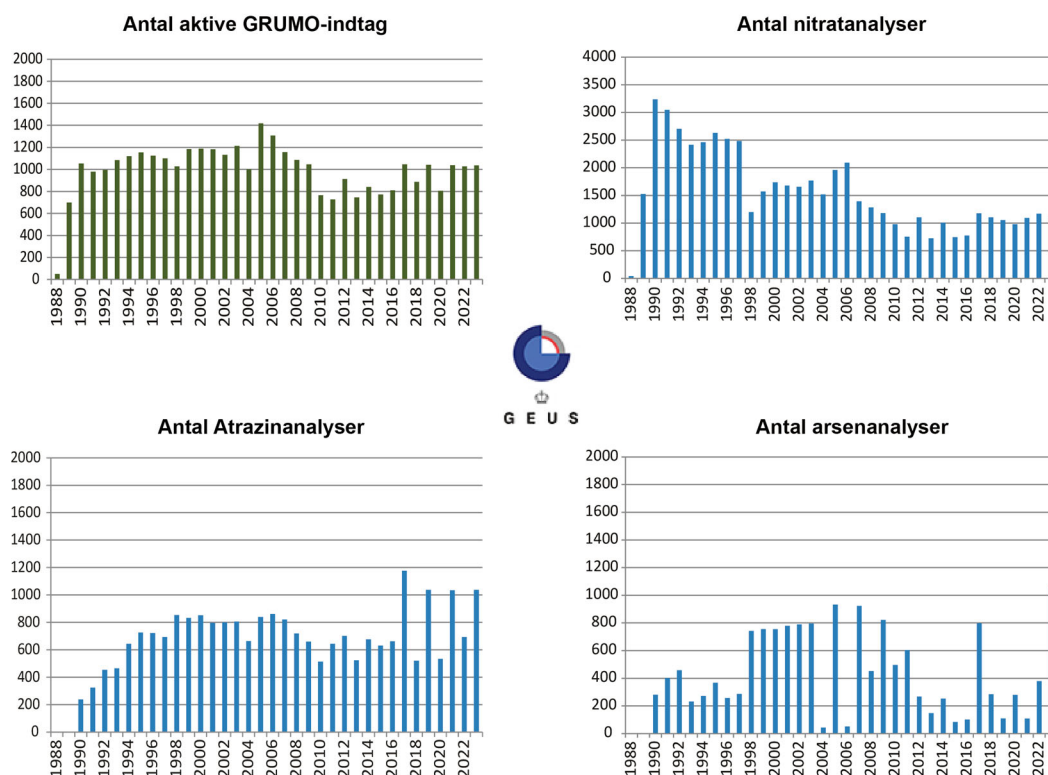
Specielt for pesticider gælder, at resultaterne fra Varslingssystemet for pesticider (VAP) anvendes til justering af analyseprogrammet for både grundvandsovervågningen og boringskontrollen, og ikke mindst som beslutningsgrundlag for screeninger i grundvandsovervågningen (se hjemmesiden for VAP). Resultaterne herfra indgår i beslutningsgrundlaget for justering af programperiodernes analyseprogrammer for grundvandsovervågningen og for drikkevandsbekendtgørelsens boringskontrol. Omvendt vil resultater fra vandforsyningernes egne udvidede pesticidanalyser bidrage til udvælgelse af stoffer til screening i udvalgte indtag i grundvandsovervågningen. I bilag 5 præsenteres resultater fra samtlige pesticidanalyser, opdelt på grundvandsovervågning og vandforsyningsboringer, i det omfang de foreligger i Jupiter. Stofgruppen af pesticider er diskuteret i et selvstændigt afsnit herunder. Der pågår en løbende afklaring af grupperingen af de miljøfremmede organiske stoffer i henholdsvis organiske mikroforureninger og pesticider, se kapitel 2, idet gruppen af pesticider er en delmængde af de organiske mikroforureninger, afgrænset på baggrund af deres anvendelse og ikke deres kemiske egenskaber og strukturer.

Figur 69 viser hvor stort et datamateriale, der er til rådighed for rapporteringen med udgangspunkt i antallet af registrerede, prøvetagede GRUMO-indtag, samt antal godkendte analyser for nitrat, atrazin og arsen. De tre udvalgte stoffer har gennem hele programperioden indgået i analysepakkerne for hhv. hovedbestanddele, pesticider og sporstoffer og illustrerer således analyseomfanget for disse stofgrupper.

For PFAS-stoffer gælder at de først inden for de seneste år er analyseret med relevante lave detektionsgrænser, og derfor henvises der til kapitel 6 for denne stofgruppe.

Antallet af prøvetagede indtag i de enkelte år viser, hvorledes overvågningen udbygges i løbet af 1988-1990 og derefter frem til 2004 har et nogenlunde konstant antal prøvetagede indtag hvert år. Udviklingen af stationsnettet og den løbende udbygning med borer, herunder omlægningen fra 2007 ff. for at tilpasse stationsnettet til vandrammedirektivet, er diskuteret i Appendiks 2.

I grundvandsovervågningen, programperiode 2023-2027, udtages højst én prøve/år/indtag, bortset fra i redoxboringerne, der kun indgår to gange i perioden, men da med en til tre prøver/år/indtag. Nyetable-rede indtag prøvetages dog 2 gange det første år.



Figur 69. GRUMO. Illustration af analyseindsatsen for grundvandsovervågningen 1988-2023. Antal indtag, hvorfra der er taget prøver i de enkelte år, samt antal analyser for stofgrupperne hovedbestanddele (nitrat), pesticider (atrazin) og sporstoffer (arsen), ud fra antallet af årlige analyser af et gennemgående stof i stofgrupperne.

Det fremgår af Figur 69, at der de første 20 år frem til ca. 2007 var et fald i antallet af årlige analyser for nitrat, og dermed hovedbestanddele. For pesticider (vist som Atrazin) har omfanget af analyser ligget mere konstant frem til 2007, hvorefter der tydeligt ses forskelligt analyseomfang i år med hhv. operationel- og kontrol-overvågning, idet der udtages væsentligt færre prøver i år med operationel overvågning. Stort set alle programlagte indtag er analyseret for pesticider i år med kontrolovervågning (2017, 2019 og 2021 og 2023).

Hvad angår sporstofferne (arsen) har prøvetagningshyppighederne og omfanget af analyser og antal parametre varieret betragteligt fra programperiode til programperiode. De mange analyser for sporstoffer i programperioderne fra 1993 til 2009 havde til formål at dække behovet for at etablere baggrundskoncentrationer af sporstofferne. I de efterfølgende programperioder, fra 2010 og frem, fokuseres der mht. sporstoffer på overvågning af færre stoffer. I programperioden 2023-2027 er der medtaget et større antal sporstoffer for at etablere naturlige baggrundsværdier i det justerede stationsnet, hvorfor 1064 indtag blev analyseret for Arsen i 2023, se Appendiks 2 og Kapitel 7.

## Stofgruppen pesticider

Pesticidbegrebet er fra rapporteringen 2020 udvidet til også at gælde stoffer med biocidanvendelse, som beskrevet i kapitel 2.

GEUS har derfor valgt i pesticidkapitlet at medtage udvalgte biocidstoffer, som har tydeligt miljøfremmede egenskaber. Det drejer sig fx om organiske tinforbindelser (antibegroningsmidler), isothiazolinoner (konserveringsmidler), biocidstoffer der kemisk er tæt beslægtede med pesticider (fx triaziner), og phenoler i bred forstand. Phenolerne dækker chlorphenoler, methylphenoler (cresoler) bortset fra 3-methylphenol, hvor Miljøstyrelsen i tolkningen af data fra massescreeningen har vurderet at fund i grundvandet ikke skyldes biocidanvendelse), chlormethylphenoler (chlorcresoler) og dimethylphenoler (xylenoler). Teknisk pentachlorphenol (PCP) har fx været anvendt som træbeskyttelsesmiddel og indeholdt en forholdsvis stor andel lette chlorphenoler (Miljøstyrelsen, 2009). I grundvandet nedbrydes pentachlorphenol desuden til chlorphenoler med færre chloratomer. 2-methylphenol og 4-methylphenol har fx været anvendt som biocid i overfladebehandling af beton og fibercement (Hjelmar mfl., 2020) og som antiseptiske midler. Nogle chlorphenoler (fx 2,4-dichlorophenol og 2,4,5-trichlorophenol) og chlormethylphenoler (fx 2-methyl-4-chlorophenol) er nedbrydningsprodukter fra phenoxy-syreherbicer eller nedbrydningsprodukter fra synteseurenheder i phenoxy-syreherbicer (fx 2,6-dichlorophenol og 2-methyl-6-chlorophenol). Chlorphenolerne og chlormethylphenoler bruges også til fremstilling af phenoxy-syreherbicer og kan derfor i sig selv forekomme som synteseurenheder. Derudover har en bred gruppe phenoler været brugt som desinfektionsmidler.

Ovennævnte biocidstoffer har indgået som pesticider i Miljøstyrelsens massescreening i 2019 og/eller på Miljøstyrelsens pesticidliste til vurdering af grundvandsforekomsternes kemiske tilstand i 2020, (Thorling mfl. 2021). Sumgrupper såsom 'sum herbicer', 'sum pesticider', 'xylenoler' og 'cresoler' er ikke med i opgørelserne, dels fordi de ikke har en detektionsgrænse, dels fordi enkeltstofferne i grupperne oftest også er indberettet enkeltvis. I grundvandet stammer en del stoffer fra olieforureninger eller tjæreforureninger, men nogle af disse stoffer har samtidig haft en begrænset pesticid/biocidanvendelse. Det er fx naphthalen og anthraquinon, som formodentlig oftest stammer fra olie/tjære, når de findes i grundvandet. Disse stoffer forbliver foreløbig i stofgruppen organiske mikroforureninger. I stofgruppen pesticider indgår desuden enkelte kendte urenheder (fx 2,6-DCPP) og vækstregulerende midler.

## Indvundne vandmængder

Rapportering af oppumpede vandmængder fra grundvand og overfladevand er en integreret del af grundvandsovervågningen. I henhold til vandforsyningsloven skal alle almene vandforsyninger årligt indberette årets indvundne vandmængde til kommunerne. Almene vandforsyninger er defineret som vandforsyninger, der leverer drikkevand til mindst 10 ejendomme. De øvrige vandforsyninger skal indberette de indvundne vandmængder, når kommunalbestyrelsen pålægger dem det. Kommunerne kvalitetssikrer og indberetter herefter vandmængderne til Jupiter.

Også markvandere og alle andre, der har en tilladelse til vandindvinding, skal årligt indberette oppumpede vandmængder. Specielt for markvanding gælder, at indberetning af markvanding indgår som en del af den såkaldte krydsoverensstemmelse, hvor landbrugsstyrelsen vurderer om et landbrug har ret til EU tilskud. Dette understøtter mulighederne for, at der er tilstrækkelige pålidelige indberetninger af omfanget af markvanding til de årlige opgørelser over de samlede indvindingsmængder.

## Andre data om grundvandet

Kendte punktkilder, som forurenede grunde og lossepladser, overvåges og kortlægges af Regionerne i medfør af jordforureningsloven. Derudover foretages der overvågning af grundvandet i forbindelse med forurenende virksomheder, som fx. lossepladser mv. i medfør af miljøbeskyttelsesloven. I dag rapporteres denne overvågning af Danske regioner (Danske regioner, 2024). Mere information kan fås på Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer (hjemmesiden for jordforurening, se litteraturlisten).

Data, der indsamles som led i regionernes overvågning og undersøgelser af kendte større punktkilder, indlæses i vid omfang til Jupiter. Mængden af data fra regionernes overvågning og undersøgelser af

punktkilder indberettet til Jupiter er i årene 2020-2024 mangedoblet, og er efterhånden ved at være dækkende for hele landet.

Data fra regionernes punktkildeundersøgelser er så vidt muligt adskilt fra de data, der indgår i nærværende grundvandsrapport, herunder også indberettede vandprøver fra vandforsyningsboringer, der i dag alene anvendes til overvågning af punktkilder, se bilag 7. Det skal bemærkes, at regionerne jf. jordforureningsloven forestår opsporing af forureningskilder i samarbejde med kommunalbestyrelsen, når der er konstateret en forurening af grundvandet, og ligeledes skal regionerne underrette de berørte vandforsyninger, når en forurening er konstateret. På baggrund af dette skal tilsynsmyndighed (kommune) og almen vandforsyning jf. drikkevandsbekendtgørelsen, sørge for at inddrage et relevant stof i boringskontrollen, såfremt et stof vurderes at udgøre en risiko for den enkelte indvindingsboring.

### **Indberetning af data til Jupiter**

Indberetningen af vandanalyser til Jupiter fra grundvandsovervågningen, vandforsyningernes boringskontrol og øvrige undersøgelser foretages af analyselaboratorierne. Efterfølgende godkender tilsynsmyndigheden eller dataejererne data, jf. Dataansvarsaftalen (Miljøministeriet, Danske regioner og KL, 2023) og drikkevandsbekendtgørelsen, hvorefter de bliver offentligt tilgængelige og til rådighed for rapporteringen.

Vandforsyningernes aktive indvindingsboringer identificeres til rapporteringen på grundlag af bl.a. en kode for prøveformål, som laboratorierne angiver for hver af de analyserede vandprøver. For at en vandforsyningsboring kategoriseres som aktiv, skal der være taget en prøve indenfor de sidste 5 år, med prøveformålet 'boringskontrol', se bilag 7.

Kommunerne vedligeholder de administrative oplysninger om vandforsyningerne i Jupiter. En almen vandforsyning skal i henhold til vandforsyningsloven årligt indberette status for det almene vandforsynings indvindingsboringer. Kommunen skal årligt frigive indberetningerne i Jupiter, hvorefter de er offentligt tilgængelige. Når der i denne rapport gives status for grundvandskvaliteten i vandforsyningsboringerne på aktive vandforsyninger, forventes det, at datamaterialet kun i begrænset omfang inddrager analyser fra vandforsyninger, der ikke længere er aktive. Af samme årsag forventes datamaterialet kun i begrænset omfang at medtage vandforsyningsboringer, hvorfra der ikke indvindes grundvand til drikkevandsproduktion. Det kan fx være vandforsyningers overvågningsboringer eller pejleboringer, hvor der har været et behov for at kende vandkvaliteten, og hvor data er indberettet med vandprøveformål boringskontrol.

### **Kvalitetssikret dataudtræk fra Jupiter**

Som grundlag for rapporteringen udarbejdes der hvert år et veldefineret udtræk fra Jupiter, som rapporteringen er baseret på. Udtrækket produceres af et særligt program med algoritmer, der sikrer, at data, der fx er mærket som fejlagtige, ikke indgår i databehandlingen. Programmet håndterer kendte datatekniske problemer, som fx anvendelse af forskellige stofkoder for samme stof eller brug af forskellige enheder, dubletter mm.

Før udtrækket foretages, gennemfører GEUS en kvalitetskontrol af de data, som Miljøstyrelsen har indsamlet og indberettet til Jupiter som et led i NOVANA. Det kan dreje sig om forkert brug af koder og andre datatekniske forhold. Derudover producerer GEUS plot af alle pejletidsserier, hvilket giver Miljøstyrelsen mulighed for at identificere og rette fejl og mangler, som ikke blev erkendt under indlæsning, inden det endelige dataudtræk af pejlinger til rapporteringen foretages. Udtrækskriterierne for grundvandskemi fremgår af bilag 7.

Til denne rapport er der lavet et udtræk af de kemiske data fra Jupiter d. 15. april 2024, mens der 12. juni 2024 er foretaget et udtræk af indvindingsdata for grundvand og overfladevand. Udtræk af pejledata fandt sted 17. juni 2024.

## Appendiks 1.2 Metoder til databehandling

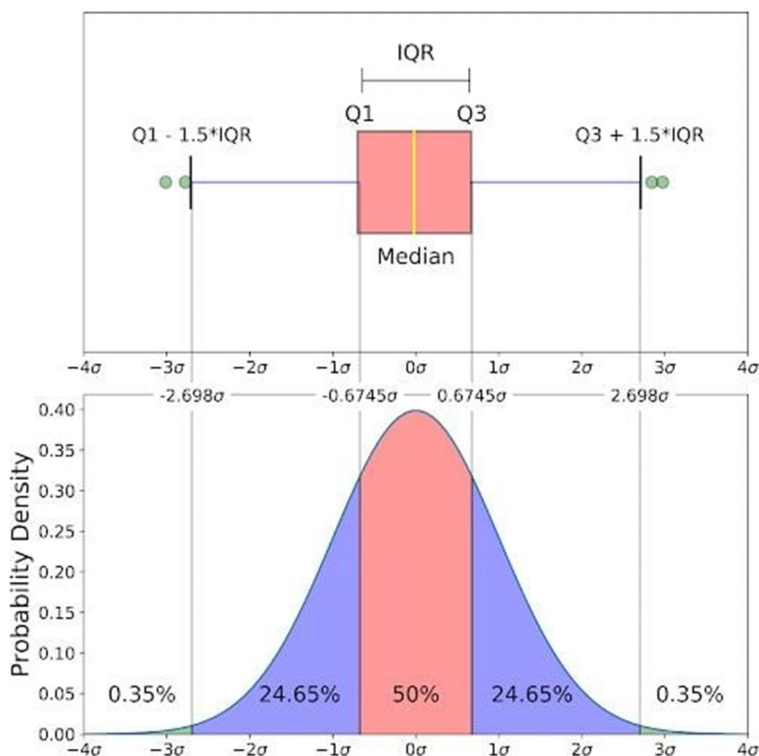
I denne rapport er der anvendt en række indikatorer og opgørelsesmetoder med det formål at beskrive, hvorledes de enkelte stoffer optræder i grundvandet. Som udgangspunkt for databehandlingen bearbejdes data, så opgørelserne er på indtagniveau.

### Statistiske metoder, frekvens og fordeling

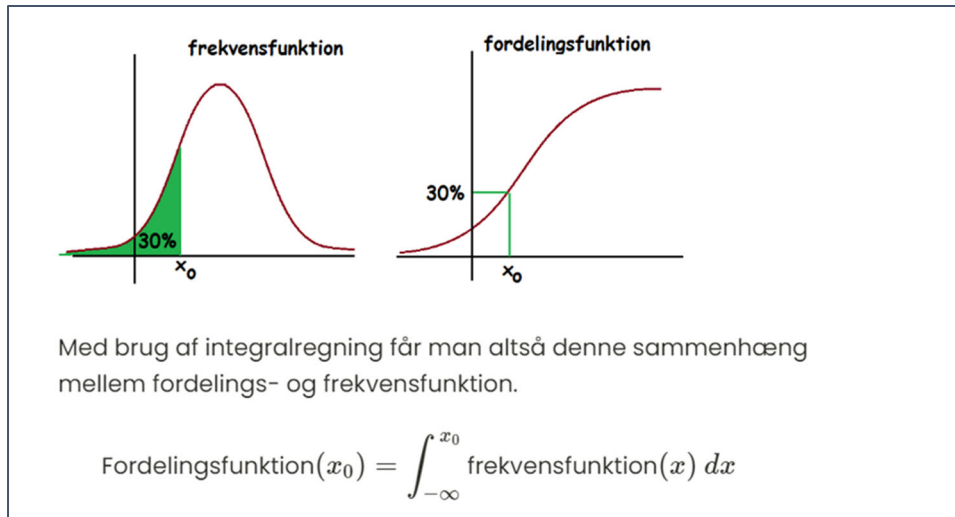
Det bærende princip for hovedparten af figurerne er, at der fokuseres på deskriptiv statistik, dvs. hvorledes koncentrationerne fordeler sig i tid og rum. Der er fokus på, hvor store andele af de undersøgte indtag (populationen), der ligger over eller under kvalitetskravet og detektionsgrænsen. Der beregnes kun undtagelsesvist alene et gennemsnit for data fra flere forskellige indtag, men det kan fx være relevant i en udvalgt delmængde af data med fælles egenskaber, og der bliver almindeligvis også præsenteret medianer samtidig.

Når der arbejdes med sumværdier, beregnes summerne først for hvert enkelt prøveresultat. Hvis en grundvandsprøve er splittet i flere delprøver, og resultatet for hver delprøve er selvstændigt indberettet, opgøres summen for hver delprøve, idet det er vanskeligt maskinelt med sikkerhed at afgøre, hvilke prøver, der hænger sammen, når fx prøver er sendt til forskellige laboratorier og indberettet separat.

Almindeligvis vil data præsenteres med udgangspunkt i årlige aritmetiske gennemsnit på indtagniveau. Status mht. de enkelte stoffer/stofgrupper illustreres typisk gennem boksplot med beregning af medianer og 25 og 75 % fraktiler mv., der samtidig illustrerer spredningen, se fx Figur 70.



Figur 70. Principskitse for boksplot, der viser hvordan boksplottet for oven er knyttet til den underliggende fordeling af data. (<https://builtin.com/data-science/boxplot>)



Figur 71. Frekvens og fordelingsfunktioner anvendes til at vise fordelingen af koncentrationer for fx nitrat og pesticider (webmatematik.dk).

Figur 71 viser hvordan koncentrationsfordelinger kan præsenteres som en kurve for frekvensfunktionen eller fordelingsfunktionen. I praksis præsenterer frekvensfunktionen andelen af data i et givet koncentrationsinterval, typisk et lineært interval, mens der vises den kumulerede andel af indtag for en given koncentration med fordelingsfunktionen. Fordelingsfunktionen anvendes mange steder i grundvandsrapporten, idet den viser såvel typiske værdier som hyppigheden af meget høje eller lave værdier.

Når der udarbejdes en egentlig kvantitativ statistisk analyse, hvor signifikansen af en trend eller andre sammenhænge beregnes, fremgår det tydeligt i rapporten, hvorledes denne sammenhæng er beregnet og hvilke kriterier, der er anvendt. Det skal hjælpe læseren til at skelne mellem deskriptive metoder og egentlige, kvantitative statistiske metoder.

Der er, i relevant omfang, lavet en opdeling efter geologi, geokemi, dybde eller strømningstid (alder) mv., specielt i de år, hvor der er særlig fokus på et enkelt emne. For miljøfremmede stoffer med lave fundandele er fundandelen i sig selv en vigtig parameter. Fundandele angives i % fund af undersøgte indtag.

### Koncentrationsklasser

Der anvendes en ensartet afgrænsning af koncentrationsintervaller med hensyn til anvendelsen af < eller  $\leq$  gennem hele rapporten. I drikkevandsbekendtgørelsen arbejdes med den højst tilladelige værdi, hvilket betyder, at drikkevandskravet først er overskredet, når indholdet i en prøve er større end kvalitetskravet.

Rapporten tager afsæt i disse tre koncentrationsklasser:

- Under detektionsgrænsen, DG. Dvs.  $x < DG$  (i.p. = ikke påvist)
- Fra og med detektionsgrænsen og til og med kvalitetskravet, KV. Dvs.  $DG \leq x \leq KV$
- Over kvalitetskravet. Dvs.  $x > KV$

### Detektionsgrænse og kvantifikationsgrænse

Mens der i Danmark traditionelt opereres med detektionsgrænsen, opererer man i analysekvalitetsdirektivet og grundvandsdirektivet med kvantifikationsgrænsen (LQ, level of quantification), der i analysekvalitetsbekendtgørelsen er defineret som tre gange detektionsgrænsen (DG). Alle resultater i Jupiter er angivet i forhold til detektionsgrænsen. I Danmark er brugen af kvantifikationsgrænsen implementeret ved analysekvalitetsbekendtgørelsen.



Grundvandsrapporten anvender som udgangspunkt altid detektionsgrænsen (DG). Hvis koncentrationer er <DG (ikke påvist), anvendes den numeriske værdi af DG eller nul ved beregning af gennemsnitsværdier. Hvis alle værdier er under prøvens DG, opgives gennemsnit, median osv. med den hyppigste DG, og undtagelserne bemærkes. Dette kan især være relevant for visse pesticider og organiske mikroforurenninger, eller når der indgår ældre data med en højere DG.

Brugen af den numeriske værdi af DG eller nul, som substitut til beregninger, når den målte koncentration er mindre end DG, er begrundet i det forhold, at det beregningsteknisk giver mindst risiko for fejl, og det forhold, at der for miljøfremmede stoffer (MFS) er fokus på, om stoffet overhovedet er til stede. For naturligt forekommende stoffer er DG som regel meget mindre end kvalitetskravet, og substitutionsmetoden for data under detektionsgrænsen er i praksis uden betydning for vurderingen.

Ved beregning af sum-værdien for pesticider i en prøve beregnes kun summen af stoffer, der er påvist. Øvrige stoffer substitueres med værdien nul. Der substitueres ikke med DG for ikke-påviste stoffer, idet summen så ville være bestemt af antal analyserede pesticidstoffer per prøve, som varierer fra 1 til >400. Dette er i overensstemmelse med analysekvalitetsbekendtgørelsen. Det standardiserede udtræk angiver alle resultater, der er mindre end detektionsgrænsen, med en negativ værdi svarende til detektionsgrænsen. Denne negative værdi anvendes i nogle figurer til at vise data under detektionsgrænsen, og samtidig vise detektionsgrænsen for de analyser, hvor stoffet ikke blev påvist.

## Periodeopgørelser

Når data fra indtag med forskellig prøvetagningsfrekvens skal sammenlignes, må opgørelser over status og udvikling i populationen baseres på en samlet periode af en vis længde. Perioden vil for vandforsyningsboringer typisk være 5 år, fordi boringskontrollen for vandforsyningsboringer gennemføres i en turnus på op til fem år. For GRUMO-indtag kan en periode være samme 5 års periode som for vandforsyningsboringer, eller i andre tilfælde en programperiode. Hertil har GEUS gennem alle årene anvendt periodeopgørelser, der bygger på det princip, at hvert indtag kun tæller med én gang i opgørelser over andelen af indtag i et givent koncentrationsinterval, selv om der har været udtaget flere vandprøver med fund, eller der er påvist flere stoffer i samme prøve.

På indtagsniveau opgøres således, hvor stor en andel af indtagene, der i løbet af en periode mindst én gang har haft mindst ét stof med fund over detektionsgrænsen eller overskridelse af kvalitetskravet, se boks 2. Det optælles ikke, hvor mange stoffer, der har været påvist, eller hvor mange stoffer, der har overskredet kvalitetskravet. Et indtag, hvor flere stoffer er fundet over kvalitetskravet, tælles derfor kun med én gang. Omvendt betyder metoden, at hvis der er udtaget flere vandprøver fra samme indtag over en periode, og der ikke er fund i alle prøver i perioden, men dog mindst ét fund, bliver indtaget talt med i kategorien med fund.

### Boks 2: Principper for en periodeopgørelse

I periodeopgørelsen tæller hvert indtag kun med én gang i en given periode.

Enkeltstoffer optælles over en given periode mht. hvor mange indtag, stoffet er fundet i.

For alle analyserede stoffer, hvor gruppen af stoffer har samme kvalitetskrav (fx pesticider), optælles i hvor mange indtag, der mindst én gang i en periode er påvist et eller flere stoffer over detektionsgrænsen eller kvalitetskravet.

Optællingen kan tage udgangspunkt i gennemsnitsværdien (middelværdien) for et stof i perioden eller om der er mindst ét stof eller mindst ét indtag, der i perioden ligger over detektionsgrænsen eller kvalitetskravet. Gennemsnitsværdi bruges, når indholdet i hovedparten af analyserne ligger langt over detektionsgrænsen.

I rapportens kapitler er anført, hvilke af ovenstående muligheder, der er brugt.

**BEMÆRK:** Hvis der er fund af samme stof flere gange, tælles det kun med én gang. Hvis der er flere stoffer fra samme stofgruppe, indgår stofgruppen stadig kun én gang.

## Dybdefordelinger

Dybdefordelinger laves som en illustration af fordelingen af de analyserede stoffer med dybden i grundvandet og illustreres fx som Figur 4 i afsnit 1.2. Her er dybden opdelt i intervaller typisk af 10 m.

I dybdefordelingen præsenteres stoffernes procentvise fordeling, typisk i mindst tre koncentrationsintervaller:

- *Under detektionsgrænsen, DG (i.p. = ikke påvist)*
- *Fra og med detektionsgrænsen og til og med kvalitetskravet*
- *Over kvalitetskravet*

Dybden er angivet som 'dybden til top af indtag' også kaldet 'indtagstop'. Dette er dybden fra terræn til overkanten af indtaget, således som det er angivet i Jupiter i m u.t. GRUMO-indtagene er som regel korte med en længde på 1-2 m. I vandforsyningsboringer er længden af indtaget ofte omkring 6 m, men indtagene kan være endog meget lange, fx kan indtaget i nogle kalkboringer være op til 50 m langt. Derfor kan overvågningen i GRUMO-indtag repræsentere en punktmåling i tid og sted i langt højere grad end den overvågning, der finder sted i vandforsyningsboringer, hvor vand med meget forskellig alder blandes sammen i de længere indtag.

En del indvindingsboringer, især i kalkboringer, har ikke angivet et 'indtagstop' i Jupiter. Der arbejdes på at lave skøn for disse, så disse data også kan indgå i figurene.

## Tidsserier

De fleste indikatorer viser tidsserier med udgangspunkt i prøvetagningsåret, se boksdiagrammet i Figur 27 afsnit 4.2. Tidsserier, hvor alle målinger (evt. for en bestemt veldefineret delmængde af data) fra hvert år indgår, er præsenteret i boksdiagrammer. Disse diagrammer er især nyttige for stoffer med en stor andel af resultaterne over detektionsgrænsen. Her vises både gennemsnitsværdi og median sammen med 10, 25, 75 og 90 % fraktilerne.

Egentlige statistiske analyser af tidsserier ligger uden for rammerne af den årlige normalrapportering, men kan udføres i forbindelse med temarapportering. Her kan resultaterne fra dateringerne også inddrages (se kap. 4), og tidsskalaen kan transformeres fra tidspunktet hvor prøven blev udtaget til tidspunktet, hvor vandet har nået grundvandsspejlet, udtrykt ved grundvandets alder eller opholdstid, se appendiks 3.2 Dette muliggør en stærkere effektmåling af samspillet mellem indsatsplaner og miljøtiltag og de målte koncentrationer i grundvandet, fx for nitrat, se Figur 28(.

## Pejledata og indvundne vandmængder

Pejledata og indvundne vandmængder behandles efter andre principper end de kemiske parametre.

Mht. pejledata er overvågningen stadig under konsolidering, og fokus ligger på datakvalitet og teknisk udvikling af området med nye typer af dataloggere. Data indsamles med meget stor hyppighed (ned til hvert kvarter) og præsenteres som tidsserier på indtagsniveau for udvalgte indtag. Der arbejdes med metodeudvikling for aggregering af data.

Indvundne vandmængder præsenteres som tidsserier opdelt på indvindingskategorier. Data præsenteres for alle indvindinger og for grundvandsindvindinger alene. Derudover vurderes indvindingen af grundvand med og uden markvanding.

## Appendiks 1.3 Repræsentativitet og bias

Som nævnt ovenfor er længderne af indtagene i vandforsyningsboringer og GRUMO-boringer meget forskellige. Alene af denne grund er der forskel på, hvad de forskellige datasæt, der rapporteres i grundvandsovervågningen, repræsenterer. De enkelte datasæt er forbundet med en såkaldt bias i forhold til repræsentativiteten af grundvandet som sådan. Som eksempel på en sådan bias tilrettelægges vandforsyningerne deres indvinding på en måde, så kvalitetskrav til drikkevandet så vidt muligt overholdes i det oppumpede grundvand, hvorfor overskridelser af kvalitetskravet generelt må forventes at forekomme

sjældnere i data fra vandforsyningsboringer end i data fra GRUMO-indtag (fx Schullehner og Hansen, 2014). Nedenfor er der for hvert af de anvendte datasæt i grundvandsovervågningsrapporten angivet en beskrivelse af datasættets forventede repræsentativitet og de mulige bias, der kan være knyttet til det enkelte datasæt (se også Thorling og Kjølner, 2017).

Vurderingen af de forskellige datasæts repræsentativitet og bias er baseret på en faglig systemforståelse af et komplekst system (dvs. viden om den danske geologi, hydrogeologi og geokemi) samt på konceptuelle modeller. Da konceptuelle modeller i sigens natur ikke er matematiske modeller, anvendes der derfor ikke statistik til at underbygge disse. Da man endvidere ikke kender den præcise rumlige fordeling af alle landets grundvandsmagasiner og ikke mindst fordelingen af opløste stoffer heri, er det ikke muligt at foretage en stringent, geostatistisk vurdering af repræsentativiteten af datagrundlaget i forhold til samtlige ferske grundvandsmagasiner.

Grundvandet i de enkelte indtag kommer fra nedsivning i et opland, der kan ligge mange 100 m eller sågar mange kilometer væk fra indtaget. Størrelsen af oplandet til et indtag og afstanden mellem opland og indtag afhænger i det enkelte tilfælde af geologien og grundvandets strømningsmønster i det helt konkrete område, hvor et indtag er placeret. Der foretages i forbindelse med denne rapportering ikke en konkret vurdering af oplandet eller arealanvendelsen i oplandet for specifikke indtag.

### **GRUMO-indtag:**

Formålet med data fra GRUMO-indtagene er bl.a. at indsamle dybdespecifikke prøver i grundvandsmagasinerne, så udviklingen i grundvandets kvalitet og mængde i forhold til specielt diffuse overflade-forureninger kan beskrives. Hertil kommer, at data fra GRUMO-indtagene skal bidrage til tilstandsvurdering af alle grundvandsforekomsterne i forbindelse med vandplanerne. For data fra GRUMO-indtag er det vurderingen:

- *At data er repræsentative i forhold til at afspejle grundvandets kvalitet korrekt i målepunkterne. Data er typisk punktmålinger, der beskriver en mindre stikprøve af grundvandets kvalitet. Samtidig er der høje krav til boringernes tekniske kvalitet og indretning. GRUMO-prøverne kan derfor i særlig grad forventes at være repræsentative for den kvalitet, som grundvandet har ud for boringernes indtag.*
- *At data er repræsentative i forhold til at afspejle belastningen af grundvandet fra diffus overflade-forurening af de stoffer, der indgår i det aktuelle analyseprogram på en national skala. Stationsnettet er samlet set designet, så det kan give et landsdækkende billede, der skal tage højde for de meget store variationer, der er i de naturgivne geologiske forhold i Danmark. Stationsnettet er designet til at beskrive grundvandets tilstand i det åbne land. Stationsnettet er ikke designet til at beskrive tilstanden under bebyggede områder, hvor grundvandet kan være påvirket af diffuse overfladekilder, fx indholdsstoffer i maling.*
- *At punktkilder giver en ubetydelig bias på det samlede datasæt. Der er kun få og utilsigtede data fra punktkilder, fx jordforurening, i datasættet. GRUMO-datasættet er derfor uegnet til at repræsentere påvirkninger fra punktkilder.*
- *At grundvandets alder kan give bias ved fortolkning af data. Når fortolkninger af tidsserier skal relateres til påvirkninger fra menneskelige aktiviteter, er det derfor vigtigt at skelne mellem prøvetagningsår og infiltrationsår, da effekten af reguleringer eller uønskede påvirkninger først vil vise sig i indtagene efter en årrække. I Appendix 3 er aldersfordelingen af de daterede GRUMO-indtag vist.*
- *Veldefinerede delmængder af data kan anvendes til at fokusere på bestemte problemstillinger. Som eksempel er fremstillinger af udviklingen for nitrat i iltholdigt grundvand valgt for på bedst mulig vis at undersøge effekter af vandmiljøplanerne og andre handleplaner. Data fra det iltfri grundvand indgår derfor ikke i disse fremstillinger, da nitrat i iltfrit grundvand ikke afspejler den oprindelige udvaskning.*
- *Datatætheden falder generelt med dybden. Bias i datagrundlaget i forhold til den dybdemæssige fordeling af indtag håndteres i grundvandsovervågningsrapporten ved at beregne andelen af indtag med et vist indhold af fx nitrat og pesticider i forskellige dybder. De dybeste GRUMO-indtag anvendes hovedsageligt til at vurdere, om antagelserne i de konceptuelle modeller er rimelige, fx med hensyn til udbredelsen af pesticider i dybden.*

- *Der foretages i grundvandsovervågningen ikke volumenbaserede beregninger af, hvor stor en del af grundvandressourcen, GRUMO-data repræsenterer. Det er efter GEUS' vurdering ikke muligt isoleret set at benytte GRUMO-data til at opgøre, hvor stor en andel af hele grundvandressourcen, der er påvirket af en given forureningskomponent.*

### **LOOP-indtag:**

Overvågning af grundvand i LOOP-indtag finder sted i fem landbrugsområder med højtliggende grundvandsspejl ned til ca. 5 m u.t. Data fra LOOP-indtag benyttes i grundvandsovervågningsrapporten kun i forbindelse med beskrivelsen af nitrat og fosfat i grundvandet. Generelt vurderes det for data fra LOOP-indtag, at:

- *Arealanvendelsen er meget forskellig i lerjordsområderne og sandjordsområderne. Derfor præsenteres data opdelt efter jordtype. De to sandede LOOP-områder har mange kvægbrug og en forholdsvis høj husdyrintensitet.*
- *På grund af det højtliggende grundvandsspejl vil udvaskningen være påvirket af potentialet for denitrifikation tæt ved terræn, hvor der er fornybart organisk stof i de øvre jordlag. LOOP-data er ikke repræsentative på landsbasis, da der ikke indgår områder med dybtliggende grundvandsspejl. Størrelsen af denne bias er ikke vurderet. LOOP-data er derfor ikke repræsentative for det øvre grundvands generelle tilstand på landsbasis.*

### **Vandforsyningernes boringskontrol:**

Vandforsyningernes boringer er etableret og opretholdt med det formål at indvinde vand, der så vidt muligt ikke skal underkastes avanceret vandbehandling. Dette betyder, at man gennem tiden har lukket mange boringer, hvor kvaliteten af råvandet ikke overholdt kvalitetskravet for et givent stof. Nogle stoffer, som fx arsen, kan dog ofte fjernes i tilstrækkelig grad på selve vandværket uden avanceret vandbehandling, hvorfor en overskridelse af kvalitetskravet i råvandet ikke nødvendigvis betyder, at boringen lukkes eller sløjfes. Om data fra vandforsyningernes boringskontrol vurderes det, at:

- *Data fra vandforsyningsboringerne illustrerer alene tilstanden i den del af grundvandet, der anvendes til produktion af drikkevand på vandforsyningerne – dvs. inden vandet er blevet til drikkevand. Boringskontroller udføres over tid for en skiftende population af vandforsyningsboringer, idet nye boringer kommer til, og andre udgår af forskellige årsager, fx tekniske problemer eller vandkvalitetsproblemer. Dermed sikres løbende en god drikkevandskvalitet for forbrugerne, men data er ikke nødvendigvis udtryk for en tilsvarende udvikling i grundvandets generelle tilstand.*
- *Vandforsyningsboringerne, der indgår i denne rapportering, er repræsentative for vandforsyningernes indvindingsboringer på landsplan, idet de udgør tæt ved 100 % af alle aktive almene vandforsyningsboringer.*
- *Vandforsyningsboringerne indtag er gennemsnitligt placeret dybere end GRUMO-indtagene, hvorfor de i mindre grad kan anvendes til at beskrive påvirkninger fra diffus overfladeforurening.*
- *Vandforsyningsboringerne har ofte lange indtag (6 m eller derover), hvorfor vandprøver fra disse indtag repræsenterer grundvand af meget blandet alder og oprindelse.*

## Referencer Appendiks 1: Datagrundlag og metoder

### Referencer

Danske regioner, 2023: Bevar jordforbindelsen - Regionernes arbejde med jordforurening. 44 s. ISBN elektronisk: 978-87-92686-45-9. <https://www.jordforureninger.dk/wp-content/uploads/2023/05/32201-Bevar-jordforbindelsen-Regionernes-arbejde-med-jordforurening-2022.pdf> (2-12-2024)

Miljøministeriet, Danske regioner og KL, 2023: Dataansvarsaftalen, <https://miljoportal.dk/media/1816/dataansvarsaftalens-bilag-3-grundvand.pdf> (2-12-2024)

Miljøstyrelsen, 2009. Faktaark: Pentachlorphenol (PCP). Downloadet 14/11-2018. <https://mst.dk/erhverv/sikker-kemi/kemikalier/regler-og-handlingsplaner/faktaark-om-kemikaliereglerne/faktaark-pentachlorphenol-pcp> (2-12-2024)

Miljøstyrelsen, 2020. Notat af 17. februar, 2020: Fagligt notat om resultater af massescreening 2019.

Hjelmer O, Hougaard T, Hansen J B, Hyks J, Trap N. 2020. Identifikation af problematiske stoffer i overfladebehandlet tegl og beton, fiberarmeret cement og beton samt klinker og sanitet. Miljøprojekt nr. 2127, Miljøstyrelsen.

Schullehner, J. & Hansen, B., (2014): Nitrate exposure from drinking water in Denmark over the last 35 years. Environmental Research Letters 9 095001 doi:10.1088/1748-9326/9/9/095001

Thorling, L. og Kjølner, C., 2017: Datakilder til vurdering af grundvandets tilstand. GEUS-notat 07-VA-2017-1

Thorling, L., Nilsson, B., Møller, I., Bollmann, U.E., Johnsen, A.R. & Troldborg, L., 2021: Udvikling af metode og gennemførelse af vurderinger for de danske grundvandsforekomsters kemiske tilstand for pesticider. GEUS rapport 2021/15. Dokumentationsrapport. <https://www.geus.dk/Media/637607182688977856/Udvikling%20af%20metode%20og%20gennemf%c3%b8relse%20af%20vurderinger%20for%20de%20danske%20grundvandsforekomsters%20kemiske%20tilstand%20for%20pesticider.pdf> (11-2-2024)

### Relevante hjemmesider og links

<https://builtin.com/data-science/boxplot>

Grundvandskortlægningens hjemmeside hos Styrelsen for Vand og Naturforvaltning: <http://mst.dk/natur-vand/vand-i-hverdagen/grundvand/grundvandskortlaegning/> (2-12-2024)

Grundvandsovervågningens hjemmeside: <http://www.geus.dk/vandressourcer/overvaagningsprogrammer/grundvandsovervaagning> (2-12-2024)

Jordforurening, hjemmeside for regionernes videncenter for Miljø og ressourcer: <https://www.miljoegressourcer.dk/> (2-12-2024)

Jupiter hjemmesiden: <http://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-boringsdatabase-jupiter> (2-12-2024)

NOVANA hjemmeside: <https://mst.dk/erhverv/riq-natur/naturen-i-danmark/novana-overvaagning-af-natur-og-vandmiljoe> (2-12-2024)

Parameterlisten: <https://parameterlisten.miljoportal.dk/parameters> (2-12-2024)

STANCODE hjemmesiden, DCE: <http://dce.au.dk/overvaagning/standat/> (2-12-2024)

Vandområdeplanernes hjemmeside: <https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/vandmiljoe/vandomraadeplaner> (2-12-2024)  
<https://www.webmatematik.dk/lektioner/matematik-b/statistik/fordelingsfunktion-og-frekvensfunktion> 2-12-2024)

## Appendiks 2 Overvågningsdesign og stationsnet for grundvandsovervågningen

Alle vandprøver og pejlinger i NOVANA grundvandsovervågningen er indsamlet i borerer udstyret med et eller flere filtre. Filteret er betegnelsen for det stykke af forerøret, der er perforeret, og hvor grundvandet kan strømme ind i boringen. Det stykke (dybdeinterval) af boringen, hvor vandet trænger ind i boringen, kaldes et indtag. I nogle geologiske aflejringer, fx granit og kalk, er der ikke behov for et forerør. Her består indtaget i især indvindingsboringer ofte af et åbentstående hul i en boring. Begrebet indtag er defineret yderligere i Grundvandsrapporten fra 2001 (Stockmarr, 2001).

Tabel 23 giver et overblik over de forskellige sammenhænge, hvori grundvandet overvåges i Danmark. De forskellige aspekter af tabellen diskuteres i dette kapitel. Kapitel 2 giver i Tabel 4 en oversigt over de programbeskrivelser, der sætter rammen for grundvandsovervågningen i Danmark.

Tabel 23. Oversigt over bidrag til og aspekter af overvågningen af grundvand i Danmark, herunder omfang af datagrundlaget for forskellige typer af rapportering. Bemærk: Jordforurening indgår ikke i nærværende rapportering. \*: Antal grunde kortlagt på vidensniveau 2 (Danske regioner, 2024).

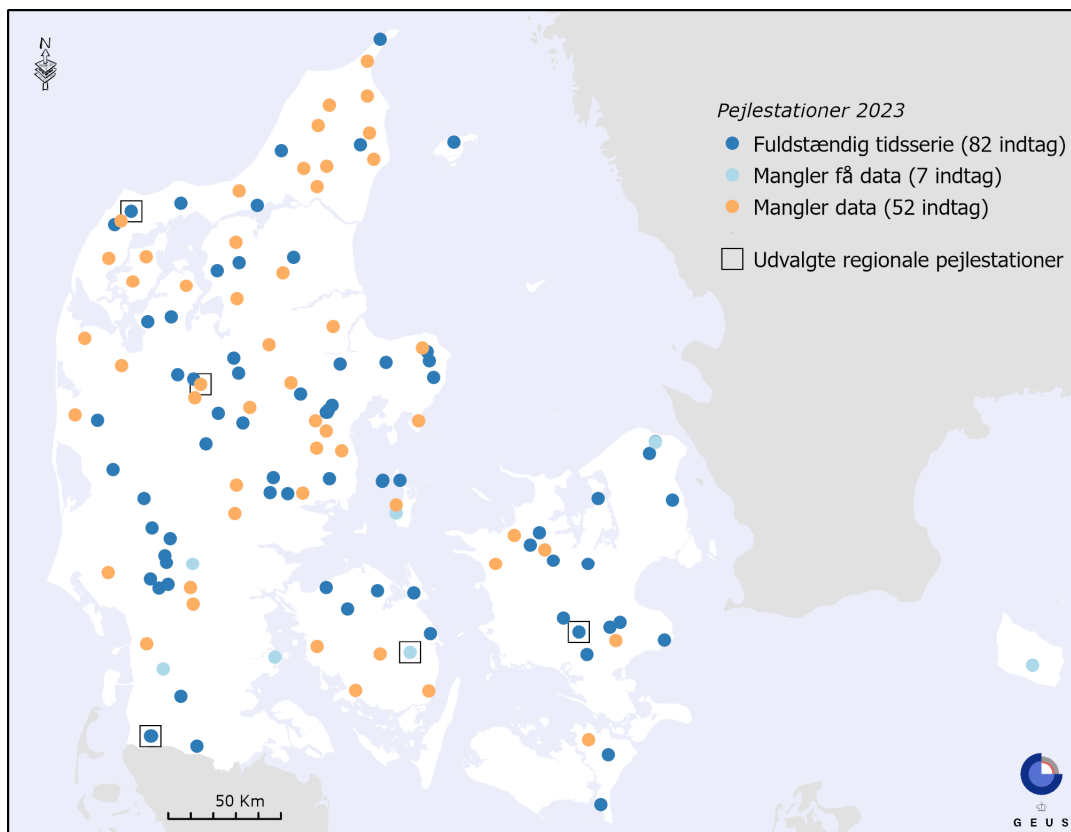
Hvad	GRUMO	LOOP	Det Nationale Pejlenet	Vandforsyninger	Jordforurening
Hvor	Overvågningsindtag	Overvågningsindtag	Overvågningsindtag	Indvindingsboringer	Undersøgelsesboringer mm.
Hvorfor	NOVANA	NOVANA	NOVANA	Drikkevandsbekendtgørelsen	Jordforurenings- og miljøbeskyttelsesloven
Hvem	SGAV/GEUS	SGAV/DCE/GEUS	SGAV/GEUS	Vandforsyninger/kommuner	Regioner
Antal indtag	I alt 2.400 2023: 1.026	I alt 391 2023: 90	I alt 141 2023: 89	I alt 5.899 prøve- taget 2019-2023 2023: 2.118	I alt > 42.000 i Jupiter 20.888 grunde*)
Rapport	GEUS	GEUS/DCE	GEUS	GEUS	Region /rådgivere

### Appendiks 2.1 Det Nationale Pejleprogram

Det nationale pejleprogram er etableret for at kunne overvåge og vurdere udviklingen af vandstanden i grundvandsforekomsterne. Pejledata kan anvendes som en indikator for udviklingen i grundvandsressourcens størrelse. Ændringer i ressourcens størrelse har betydning for den mængde grundvand, der kan indvindes og for den økologiske tilstand i overfladevande og terrestriske økosystemer. Derudover anvendes pejledata i forbindelse med risikovurderinger og planlægning for fx oversvømmelsesrisiko i bebyggede områder m.m.

I Det Nationale Pejleprogram overvåges (pejles) grundvandsspejlets beliggenhed med fast installerede dataloggere med daglige dataopsamlinger. I programmet indgår pejlinger fra såvel terrænnære indtag som fra indtag placeret i de dybere dele af grundvandet. Stationsnettet er i indeværende programperiode (2023-2027) under tilpasning til vandrammedirektivet og Vandområdeplan 3.

I 2023 blev 82 indtag logget dagligt (typisk hver 4. time) hele året, 7 indtag havde mindre huller i data-serien, mens de resterende 52 indtag ikke har sammenhængende pejlserier for hele året (mangler typisk mere end to måneders data for rapporteringsperioden), se kapitel 3. Figur 72 viser den geografiske fordeling af pejlestationsnettet i 2023.



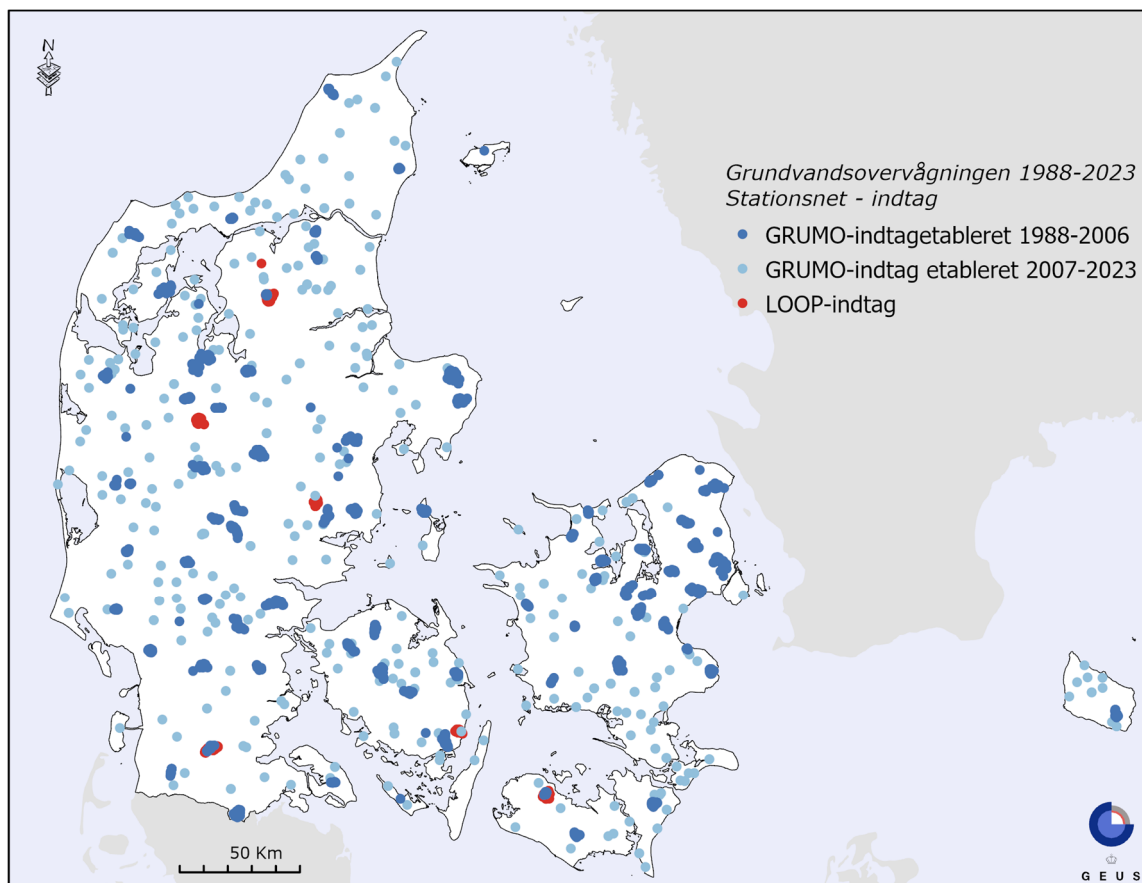
Figur 72 GRUMO. Geografisk fordeling af de 141 pejlestationer, der indgik i Det nationale Pejlenet 2023. De 82 indtag med komplette tidsserier er vist med blå markeringer og de 7 indtag med næsten komplette tidsserier er markeret som lyseblå markeringer. 52 indtag mangler enten mere end 2 måneders data fra 2023 eller tidsserierne har andre formodede fejlmålinger (markeret med gult).

## Appendiks 2.2 Grundvandsovervågning - vandkvalitet

Figur 73 viser den geografiske fordeling af det samlede stationsnet af 2.400 indtag anvendt til overvågningen af grundvandets kvalitet i perioden 1988-2023. Boringerne er opdelt i de oprindelige GRUMO-boringer (beliggende i de gamle grundvandsovervågningsområder), boringer i det distribuerede stationsnet (der er etableret eller inddraget i perioden 2007-2023 af hensyn til vandrammedirektivet og grundvandsdirektivet) og boringer i seks landovervågningsområder (LOOP-områder). LOOP-området ved Herning blev lukket allerede i 1998. I denne rapport medtages kun resultater fra LOOP-overvågningen af den mættede zone, dvs. af grundvand, mens rapporteringen af de øvrige aktiviteter i LOOP-områderne - herunder overvågning af udvaskning til den umættede zone - rapporteres af DCE, Århus Universitet, senest i Blicher-Mathiesen mfl. (2024).

Stationsnettet for grundvandsovervågningen, GRUMO, blev i løbet af overvågningens første år udbygget i 73 grundvandsovervågningsområder, der i perioden frem til 2007 samlet set omfattede ca. 1.980 indtag. Heri indgik 84 meget korte (5 cm) indtag i multifilterboringer i Rabis Bæk-området, der blev etableret i forbindelse med et NPo-forskningsprojekt (Postma mfl. 1991). Disse indtag anvendes i dag til at overvåge grundvandets hovedbestanddele. Endelig indgår der 86 indtag i fem multifilterboringer, de såkaldte 'redox-boringer', og yderligere 84 indtag i tilsvarende multifilter boringer (Rabis Bæk boringer), med 15-23 korte (10 cm) indtag i hver boring, der blev etableret i slutningen af 1990'erne.

Indtag og overvågningsområder, som undervejs har vist sig uegnede til fortsat overvågning, er løbende udgået af stationsnettet. Dette kan fx være begrundet i tekniske forhold, der har gjort det vanskeligt eller umuligt at udtage vandprøver efter de standarder, der er beskrevet i de tekniske anvisninger (seneste version, Thorling, 2023).



Figur 73. GRUMO. Det samlede stationsnet anvendt til grundvandsovervågningen i Danmark i perioden 1988-2023. Kortet viser indtag i de oprindelige 73 grundvandsovervågningsområder (GRUMO-indtag 1988-2006) og indtag i det distribuerede stationsnet (GRUMO-indtag 2007-2023). LOOP-indtagene er markeret med rødt i de seks landovervågningsoplande, hvoraf det ene i Midtjylland ved Herning er lukket.

Tabel 24 viser et samlet overblik over de ca. 2.400 indtag, som har været anvendt til overvågning af grundvandets kvalitet i GRUMO i perioden 1988-2023. Der er 21 indtag, hvor der ikke er registreret et etableringsår i Jupiter.

Informationer om hvilke indtag, der er tilgængelige for grundvandsovervågning, opdateres løbende, ligesom fejl og mangler rettes i de relevante databaser. Opgørelserne over tilgængelige indtag vil derfor variere en smule fra år til år. Af de tilgængelige indtag, indgår en stor delmængde i den programlagte overvågning i de forskellige programperioder. Ikke programlagte indtag er tilgængelige, hvis der opstår ændrede overvågningsbehov, eller at programlagte indtag må udgå, fx af tekniske årsager.

MST/SGAV har i 2023 opgjort antallet af programlagte overvågningsindtag for perioden 2023-2027 til 1.034 indtag fordelt på 810 borer. Langt de fleste indtag i GRUMO-stationsnettet for programperioden 2023-2027 findes i borer med blot ét indtag (79 %), 17 % af indtagene er etableret i borer med 2 indtag, 4 % af indtagene er etableret i borer med 3 indtag og de resterende 1 % af indtagene findes i borer med 4-6 indtag.

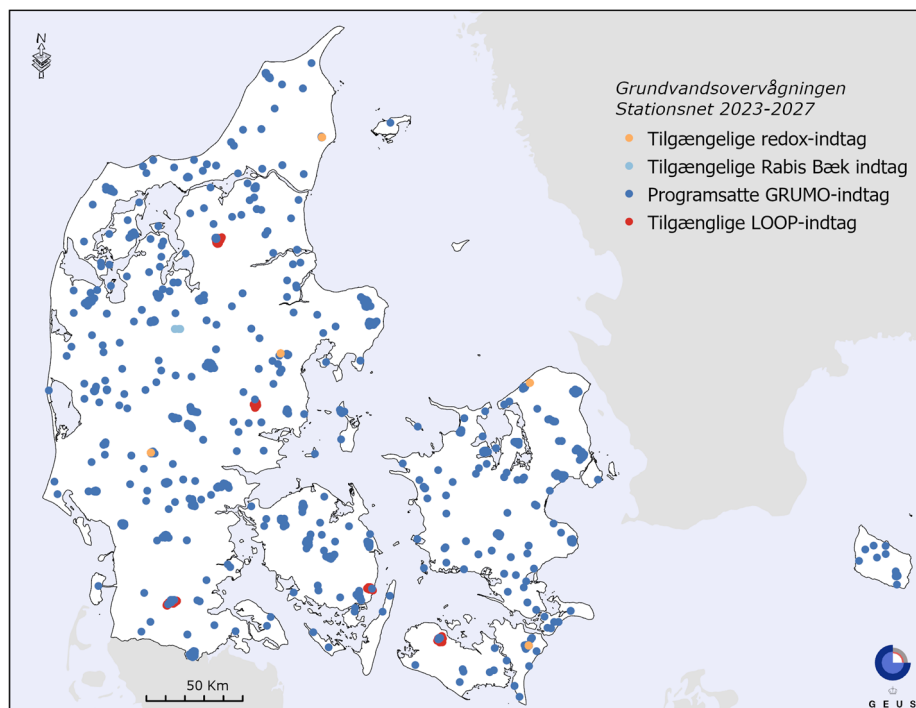


Tabel 24. GRUMO. Udviklingen i grundvandsovervågningens stationsnet (GRUMO-indtagene) til og med 2023. Tabellen viser antallet af indtag, der er etableret, og hvor mange indtag fra hver programperiode, der stadig er tilgængelige, se også Figur 78. Desuden ses antallet af indtag, der blev lukket i løbet af de forskellige programperioder. I perioden frem til 2003 var det primært tekniske forhold, der resulterede i lukning af indtag. Bemærk, at der i en given programperiode lukkes både ældre og nye indtag, der efter etableringen har vist sig uegnede til overvågningsformål, se Kapitel 2.

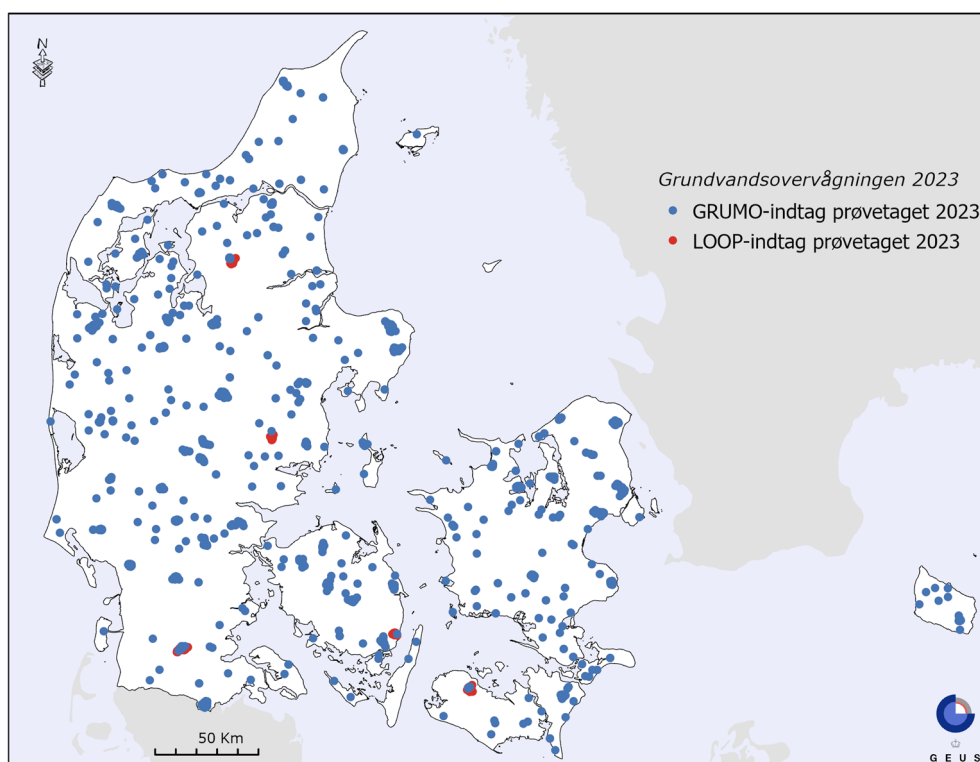
Program periode	Etablerede i perioden	Tilgængelige (2023)	Udgået i perioden	Bemærkning
	Antal indtag	Antal indtag	Antal indtag	
Ukendt	21	8	0	Ukendt etableringsår
Før 1988	165	122	1	NPo forskningsprogrammet og Amternes egen overvågning
1988-1992	1.066	418	129	Etablering af GRUMO-områder
1993-1997	143	60	120	Teknisk kvalitetssikring og forbedringer af indtag
1998-2003	224	158	142	5 redoxboringer etableret
2004-2009	416	298	470	380 terrænnære boringer. Fra 2007 det distribuerede stationsnet
2010-2016	236	186	142	Det distribuerede stationsnet
2017-2022	129	123	19	
2023-2027	0	0	4	
<b>I alt</b>	<b>2.400</b>	<b>1.373</b>	<b>1.037</b>	

Figur 74 viser den geografiske fordeling af de 1.034 programlagte (2023-2027) GRUMO-indtag ved udgangen af 2023, mens Figur 75 viser de indtag, der blev prøvetaget i 2023.

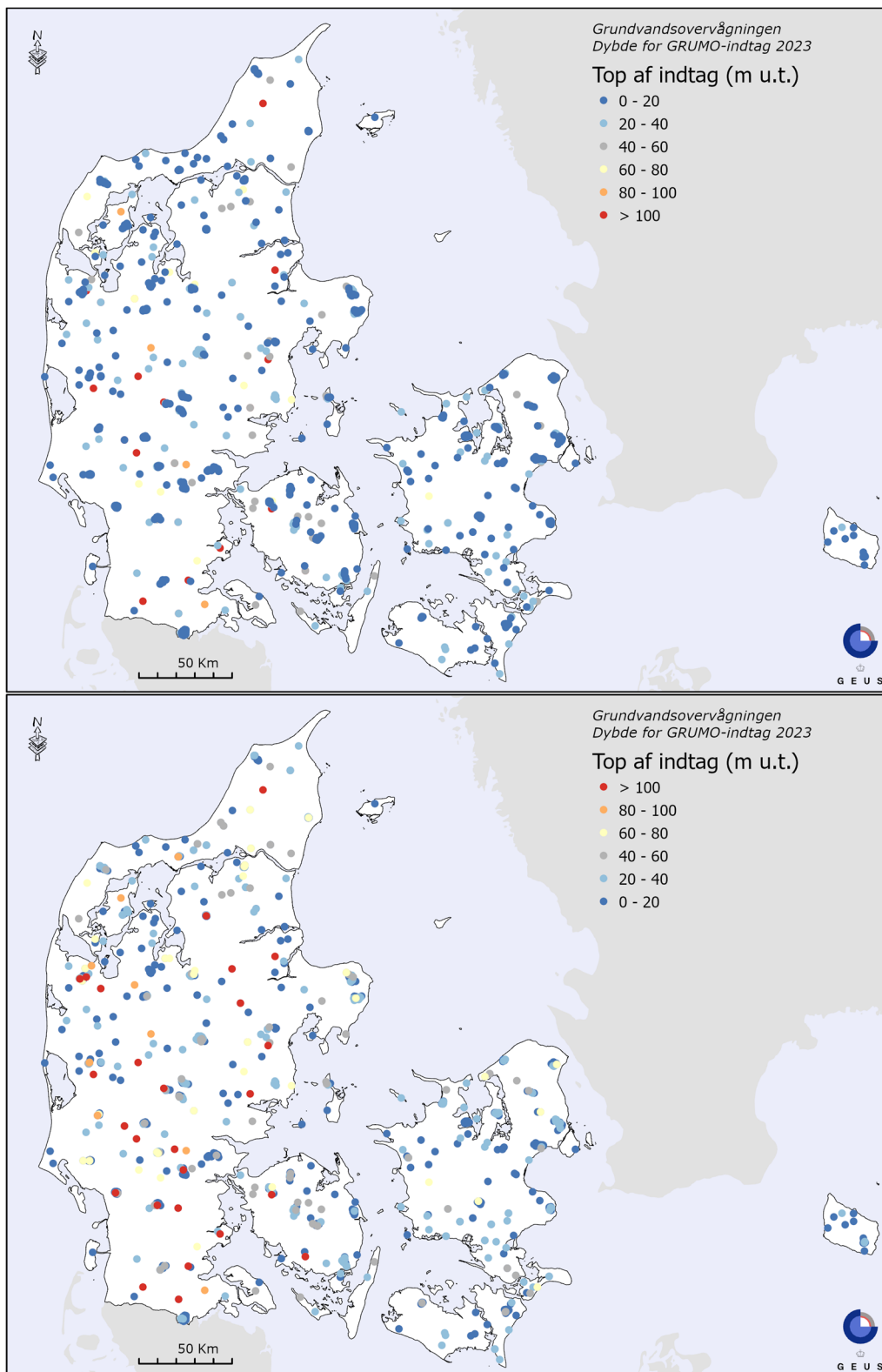
Figur 76 viser den geografiske fordeling af dybden til toppen af GRUMO-indtag, der indgår i programperioden 2023-2027. Data er for overblikkets skyld afbildet med henholdsvis stigende og aftagende dybde til indtagstop. Indtag etableret ned til ca. 40 meter findes nogenlunde jævnt fordelt over Danmark, mens de dybere indtag udviser betydelige regionale forskelle. På Bornholm findes langt de fleste indtag således indenfor de øverste 20 meter, mens langt de fleste dybe boringer (80-372 m u.t.) findes i Jylland.



Figur 74. GRUMO. 1.034 programlagte (2023-2027) indtag. Mørkeblå signatur viser de ordinære GRUMO-indtag. Redoxboringer i Rabis Bæk-boringer (84 indtag) er angivet med lyseblå mens de øvrige redoxboringer (86 indtag) er angivet med orange. De 5 landovervågningsoplande (LOOP) er markeret med rødt.



Figur 75. GRUMO. Indtag anvendt i grundvandsovervågningen i 2023 fordelt på grundvandsovervågning (1.026 GRUMO-indtag) og landovervågning (90 LOOP-indtag). Mørkeblå signatur viser de ordinære GRUMO-indtag. Redoxboringer i Rabis Bæk-boringer (84 indtag) og de øvrige redoxboringer (86 indtag) er ikke prøvetaget i 2023, og vises derfor ikke på figuren. De 5 landovervågningsoplande (LOOP) er markeret med rødt.



Figur 76. GRUMO. Dybde til toppen (m u.t.) af 1.034 programlagte indtag med kendt dybde i stationsnettet i grundvandsovervågningen i Danmark i 2023-2027. Data i den øverste figur er sorteret efter stigende dybde, således de mest terrænnære indtag er afbildet øverst. Data i den nederste figur er sorteret efter aftagende dybde, således de dybeste indtag er øverst på denne figur.

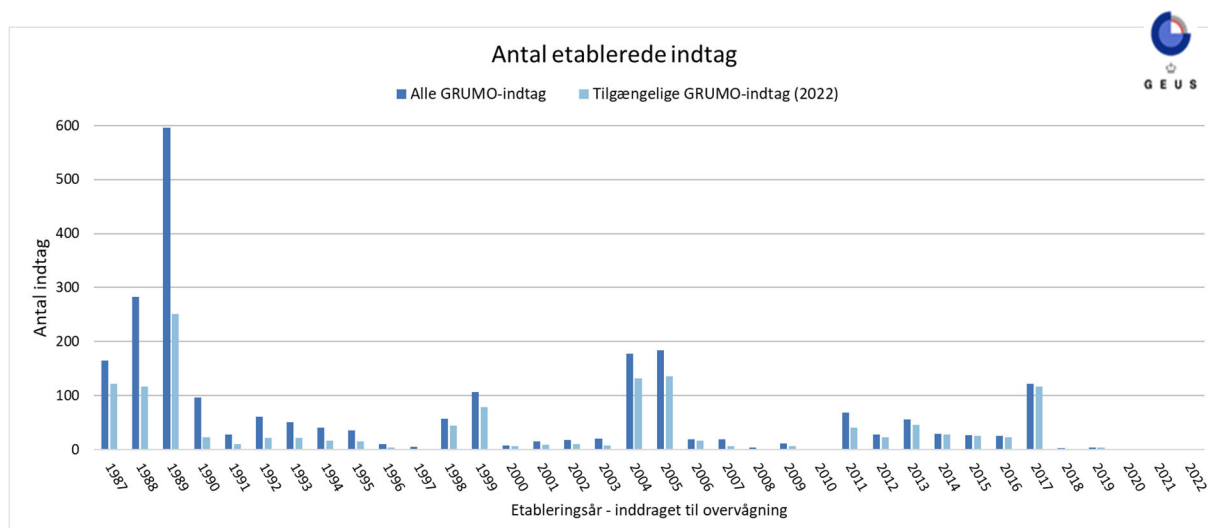
## Justering af stationsnet, vandkvalitet 2011-2019

Som led i en løbende og fortsat tilpasning af grundvandsovervågningen til at understøtte forpligtelserne til overvågning og tilstandsvurderinger i vandrammedirektivet og grundvandsdirektivet er stationsnettet udbygget i perioden 2011-2019. Der er i forlængelse heraf en igangværende teknisk gennemgang af det samlede stationsnet for at kvalitetssikre stationsnettet og den dertil knyttede overvågning. Det kan derfor forventes, at der fortsat vil ske justeringer i stationsnettet, ikke mindst af tekniske grunde.

Udbygningen er sket ved at inddrage eksisterende borer, etableret med andet formål, eller ved at etablere særlige overvågningsboringer med indtag, der skal repræsentere enten enkelte eller grupper af grundvandsforekomster, hvor der hidtil ikke er overvåget, eller hvor overvågningen har været begrænset. Disse nye indtag er i programbeskrivelsen betegnet som 'det distribuerede stationsnet' (Naturstyrelsen, DMU og GEUS, 2011, og Miljøstyrelsen, DCE og GEUS, 2017).

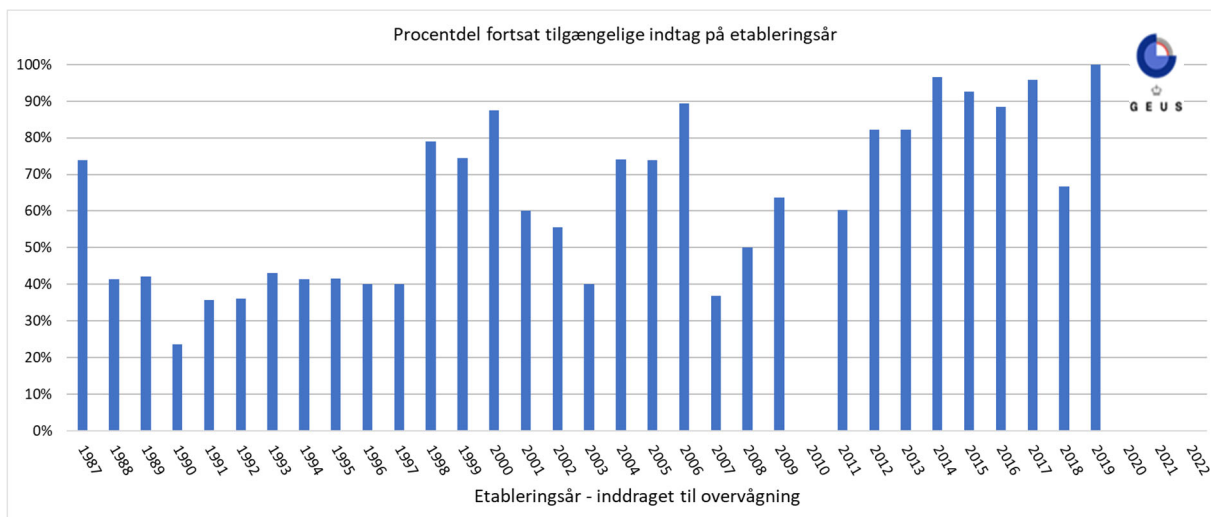
I samtlige indtag, der har været i betragtning som kandidater til det distribuerede stationsnet, er der blevet udtaget prøver til analyse for samtlige programlagte kemiske parametre. Formålet hermed er at kunne fastsætte den fremtidige overvågningsfrekvens (kontrol eller operationel overvågning) og vurdere boringens egnethed til overvågningsformål.

Figur 77 viser det årlige antal indtag, der er inddraget i perioden 1987-2023. Et meget stort antal særlige overvågningsboringer blev etableret i perioden 1987-1989, hvor de oprindelige GRUMO-områder blev etableret. Større borekampanjer ses også i perioderne 1998-1999, 2004-2005 og 2011-2013 samt i 2017. I 2018 og 2019 blev der etableret henholdsvis 3 og 4 nye indtag. Der er ikke etableret nye indtag i 2020-2023.



Figur 77. GRUMO. Det årlige antal GRUMO-indtag inddraget i perioden 1987-2023. 'Alle' angiver antallet af GRUMO-indtag, der er inddraget det pågældende år og 'tilgængelige' angiver antallet af indtag, der stadig indgår i overvågningen i 2023, jf. Tabel 24 Et tilgængeligt indtag prøvetages ikke nødvendigvis inden for en given programperiode, men indikerer, at indtaget kan benyttes og er egnet til grundvandsovervågningen. Bemærk: Tallet for 1987 inkluderer 25 indtag, der blev etableret i perioden 1963-1986.

Figur 78 viser den %-vise andel af indtagene, der indgår i stationsnettet i 2023 jf. Tabel 24, som funktion af det år, de blev inddraget. Omkring 40 % af de indtag, der blev inddraget i perioden 1988-1997, indgår stadig. For indtag etableret i perioden 1998-2022 indgår der fortsat mellem 50 og 100 % i overvågningen, bortset fra årene 2003, 2007 og 2008, hvor der kun blev etableret ganske få indtag.

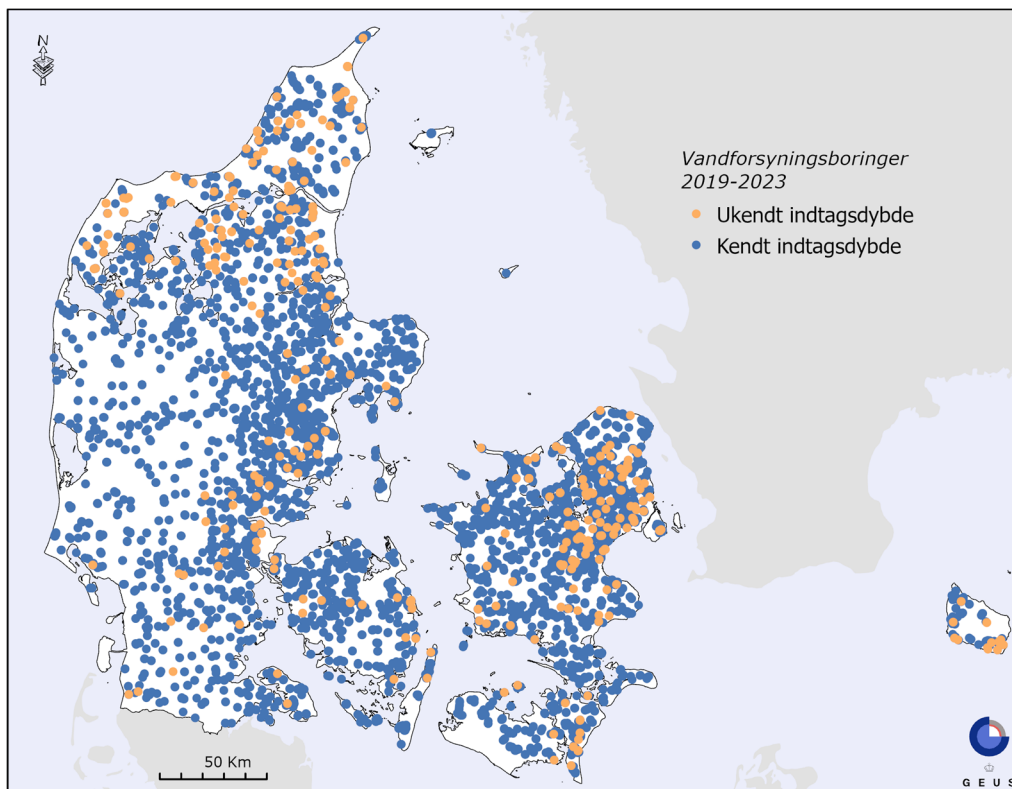


Figur 78. GRUMO. Andelen (%) af GRUMO-indtag, der fortsat indgår i overvågningen i 2023 jf. Tabel 24, som funktion af året, hvor de blev inddraget. Det ene indtag, der blev etableret i 2010, er ikke længere aktivt. Der er ikke etableret indtag i 2020-2023.

## Appendiks 2.3 Vandforsyningsboringer

I drikkevandsbekendtgørelsen har der siden 1989 været stillet krav om overvågning af kvaliteten af det grundvand, som vandforsyningerne indvinder (boringskontrollen). Boringskontrollen gennemføres af vandforsyningerne. Hyppigheden af boringskontrolanalyser i aktive vandforsyningsboringer afhænger af distribuerede eller producerede vandmængder med en prøvetagningshyppighed fra hvert 3. år til hvert 5. år. Derfor benyttes den 5-årige kontrolperiode 2019-2023 til at identificere hvilke vandforsyningsboringer, der er aktive, ud fra et kriterie om at der er indberettet en vandprøve til Jupiter.

Figur 79 viser for perioden 2019-2023 den geografiske fordeling i Danmark af vandforsyningsboringer, hvor der er udtaget en vandprøve. De viste indtag er delt op efter indtag med kendt dybde til top af indtaget og ukendt dybde til top af indtaget. Tætheden af boringerne varierer meget og afspejler primært befolkningstætheden og til en vis grad de geologiske betingelser for vandindvinding. Sidstnævnte ses bl.a. ved, at der ikke findes boringer på den sydlige del af Lolland og dele af Bornholm.

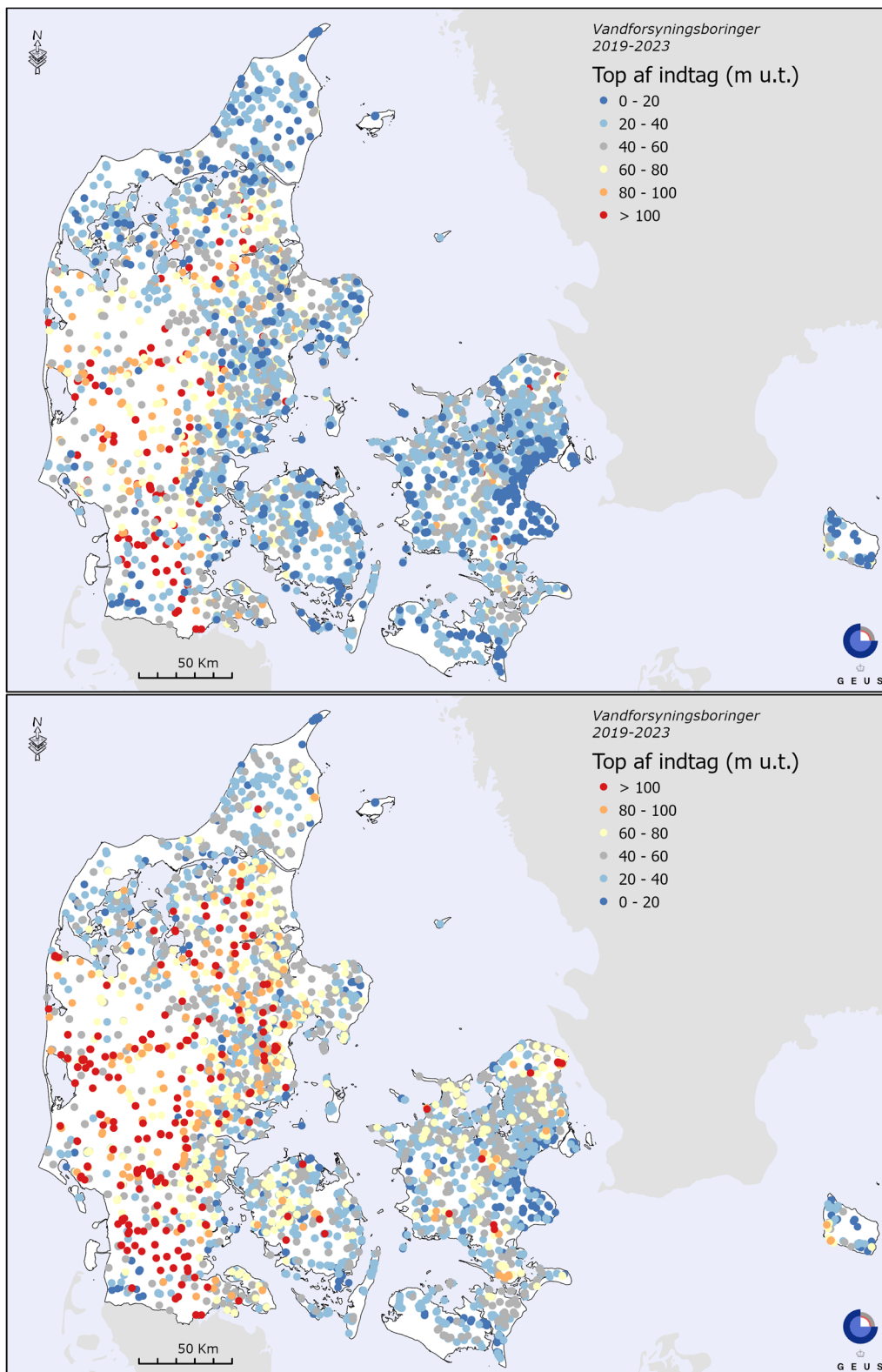


Figur 79. Vandforsyning. Den geografiske fordeling af 5.899 aktive indtag fra vandforsyningsboringer med kendt dybde til top af indtag, samt de 380 indtag med ukendt dybde til top af indtag, i perioden 2019-2023. Indtag med ukendt dybde er udtegnet øverst. Bemærk, at ca. halvdelen af indtag med ukendt top er knyttet til kalkmagasiner.

Der er prøvetaget ca. 6.279 indtag i 6.236 boringer i perioden 2019-2023, hvoraf 5.899 indtag er med kendt dybde til indtaget. For de resterende 380 indtag er dybden til indtaget ukendt. Ca. 42 % af indtag med ukendt dybde er åbentstående huller i kalk eller hårde bjergarter, hvor dybden kan skønnes ud fra dybden til overkanten af formationen. De resterende indtag er enten registreret som filtersat i sand (ca. 14 %), eller med ukendt lithologi (ca. 39 %). 5 % er i Jupiter angivet til at være filtersat i ler.

Boringskontrollen udføres over tid for en skiftende mængde boringer, idet nye vandforsyningsboringer kommer til, og andre udgår af forskellige årsager, fx tekniske problemer eller vandkvalitetsproblemer. Dermed sikres løbende den bedst mulige drikkevandskvalitet for forbrugerne, hvilket ikke nødvendigvis er udtryk for en tilsvarende udvikling i grundvandets kvalitet. Den 13. august 2024 var der i Jupiter registreret 2.332 aktive, almene vandforsyningsanlæg tilknyttet aktive vandforsyningsboringer. De almene vandforsyninger er defineret ved, at de forsyner mindst 10 husstande. Forsyningerne indvinder pr. 13. august 2024 fra ca. 4.948 indvindingsboringer, men har derudover samlet set flere tusinde boringer til pejling, overvågning og reserve. De seneste årtier har der været en udvikling mod færre og større vandforsyninger i Danmark.

Figur 80 viser den geografiske fordeling af dybden til overkant af indtag for vandforsyningsboringer. De overfladenære indtag med indtagstop ned til 20 meter findes ud over hele landet, men med den største forekomst syd for København, langs Køge Bugt og på Stevns samt langs et øst-vest-gående bånd på Lolland. De mellemdybde indtag findes på resten af Sjælland, Fyn og de dele af Jylland, der ligger øst og nord for Hovedopholdslinjen. De dybeste indtag findes med få undtagelser i Jylland og her med den største forekomst vest for Hovedopholdslinjen samt i Himmerland.

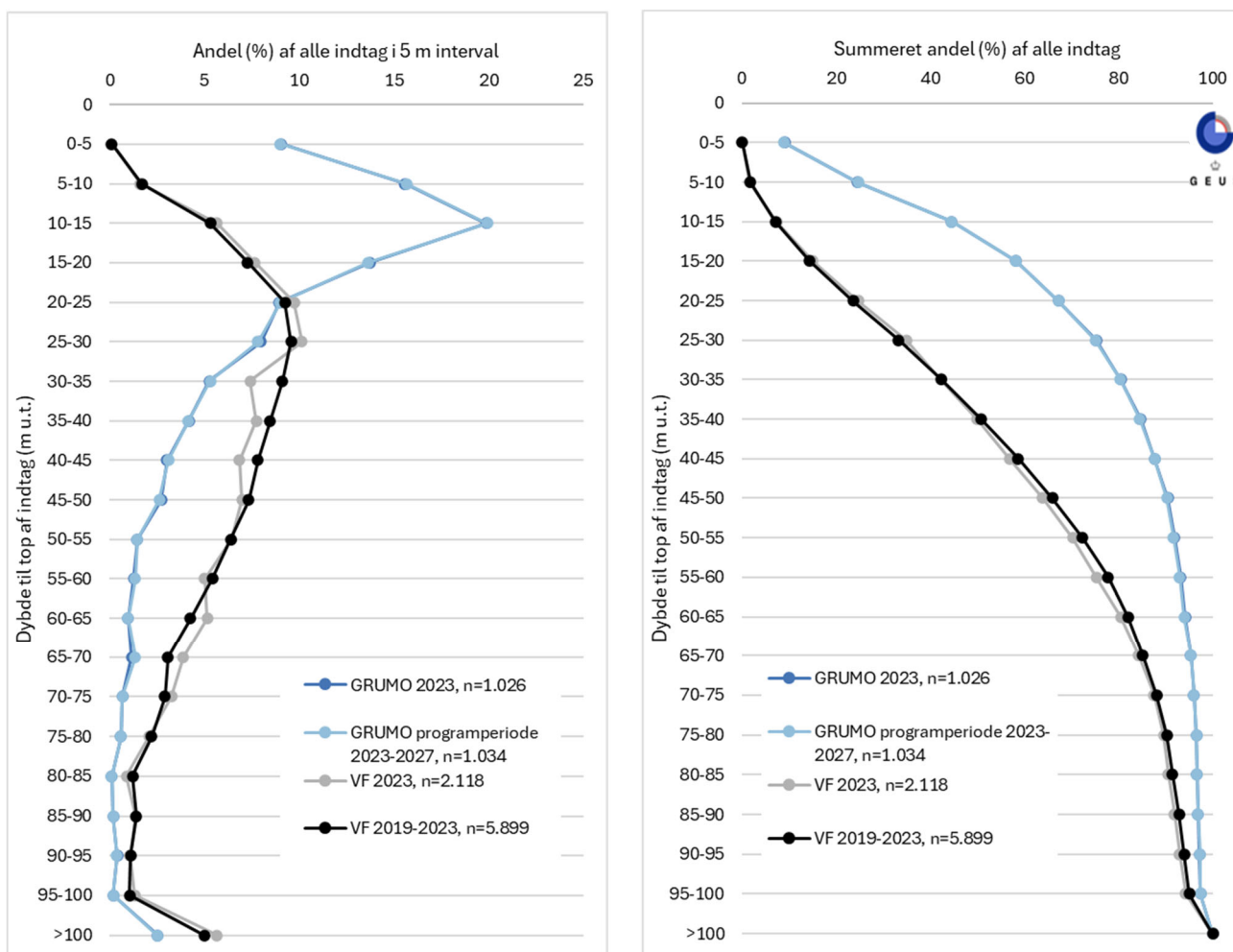


Figur 80. Vandforsyning. Dybde til toppen (m u.t.) af indtag for vandforsyningsboringer i perioden 2019-2023 (5.899 indtag) med kendt dybde til indtag. Data i den øverste figur er sorteret efter stigende dybde, så de korte boringer er afbildet øverst. Data i den nederste figur er sorteret efter aftagende dybde, så de dybeste boringer er afbildet øverst.

## Dybdefordeling af GRUMO-indtag og vandforsyningsboringer

Figur 81 viser dybdefordelingen vist som både frekvens- og fordelingsfunktion for samtlige GRUMO-indtag for hhv. 2023 og for programperioden 2023-2027, og for vandforsyningsboringer for hhv. 2023 og perioden 2019-2023. Redox-indtag er ikke inkluderet, da de ikke er programsat eller prøvetaget. Det ses, at dybdefordelingen af vandforsyningsboringerne er stort set den samme i 2023 som for hele perioden, dog med en lidt større andel af prøvetagede indtag i 2023 i intervallet 10-30 m og 60-75 m, mens der er lidt færre prøvetaget i intervallet 30-50 m. For GRUMO-indtagene ses tæt på en identisk dybdefordeling mellem indtag prøvetaget i 2023 og programperioden, hvilket skyldes, at næsten samtlige indtag i programperioden er prøvetaget i 2023.

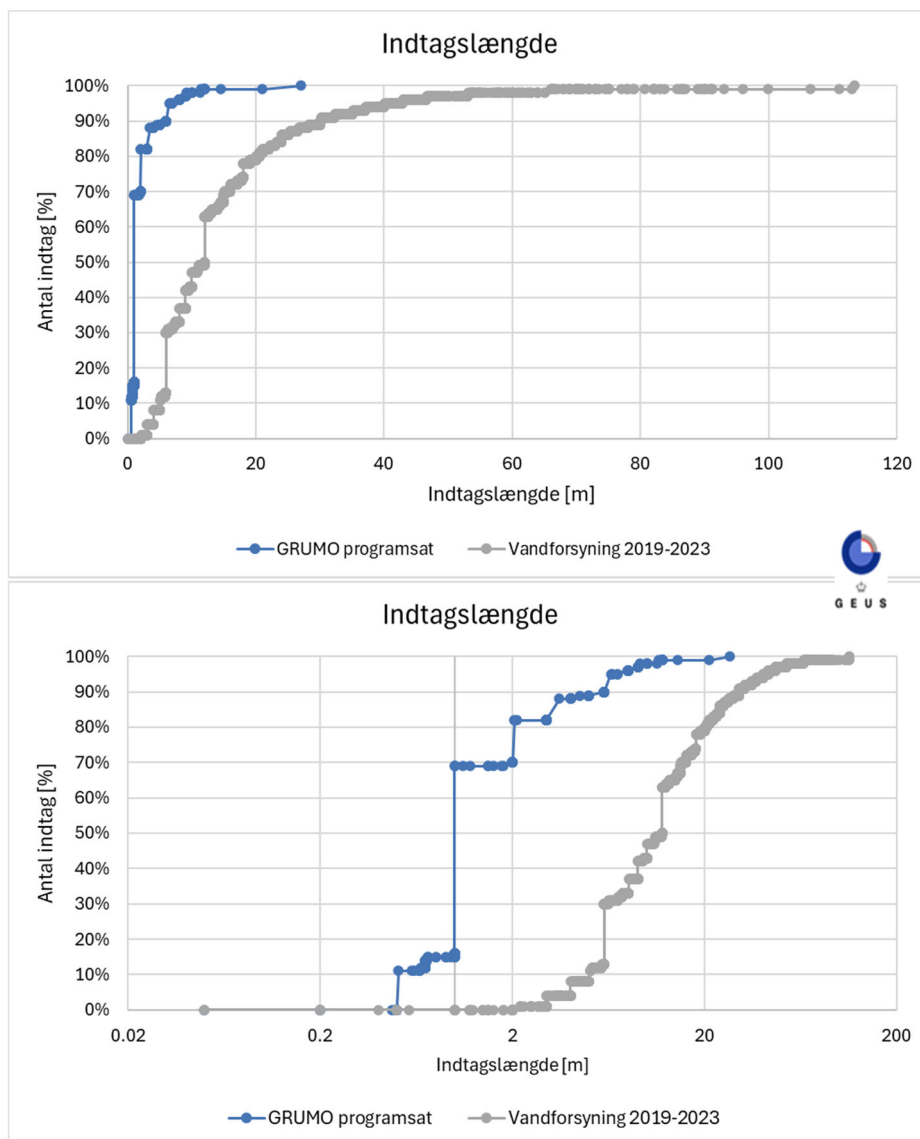
Figur 81 viser også, at 50-60 % af GRUMO-indtagene er etableret indenfor de øverste 20 m u.t. mens blot 10 % er etableret dybere end 40 m u.t. I vandforsyningsboringerne er indtagene placeret noget dybere. Her har ca. 50 % af vandforsyningsboringerne toppen af indtaget beliggende i større dybde end 40 m u.t. og 10 % i større dybde end 80 m u.t.



Figur 81. GRUMO & Vandforsyning (VF). Dybdefordeling af indtag. Figuren til venstre viser frekvensfunktionen for 5 m intervaller (indtag i %) for dybde til overkant af indtag (m u.t.) for aktive vandforsyningsboringer (VF) og programlagte GRUMO-indtag, og hvor der foreligger oplysninger om dybden til overkant af indtag. Fordelingen er for programlagte GRUMO-indtag vist i programperioden 2023-2027 og for 2023. Fordelingen er for vandforsyningsboringer vist i perioden 2019-2023 og for 2023. Figuren til højre viser den dybdefordelingen for de samme data, som vist i figuren til venstre.



Boringens indtaglængde har indflydelse på, hvor i et grundvandsmagasin en grundvandsprøve udtages fra. Med et kort indtag er det muligt at udtage en meget specifik grundvandsprøve, hvor grundvandets alder dækker en kort tidsperiode, mens et langt indtag dækker et større grundvandsvolumen med større aldersspredning. Indtaglængde for GRUMO-indtag og vandforsyningsindtag er vist i Figur 82. I forbindelse med grundvandsovervågningen (GRUMO) benyttes derfor så vidt muligt korte indtag, helst mindre end 2 m, for at kunne spore hurtige og præcise ændringer i et grundvandsmagasin. I faste bjergarter som kalk eller på Bornholm kan det dog være nødvendigt med længere indtag, da vandet strømmer ind fra sprækker. Vandforsyningsboringer har generelt længere indtag for at maksimere grundvandsindvindingen og analyser benyttes til vurdering af den generelle tilstand af hele magasinet i stedet for i mindre intervaller af magasinet.



Figur 82: GRUMO og vandforsyning. Fordelingsfunktioner for indtaglængden af programlagte GRUMO-indtag (2023-2027) og for vandforsyningsindtag prøvetaget i perioden 2019-2023. I GRUMO indgår 1.034 indtag med kendt indtaglængde. For vandforsyningsindtag er der i perioden 2019-2023 prøvetaget 5.880 indtag med kendt indtaglængde. 80% af GRUMO-indtagene har en indtaglængde på mindre end 2 m, mens 99 % af vandforsyningsindtag har en længde på mere end 2 m. Figuren viser indtaglængderne på x-aksen med hhv. en lineær skala til venstre og en logaritmisk skala til højre.

## Referencer: Appendiks 2. Stationsnet

### Programbeskrivelser mv.

DMU, 2004: NOVANA. Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse. Faglig rapport fra DMU nr. 495. NOVANA 2004-2010 del 1: [http://www2.dmu.dk/1\\_viden/2\\_Publikationer/3\\_fagrapporter/rapporter/FR495.PDF](http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR495.PDF) (2-12-2024) og NOVANA 2004-2010 del 2: <http://www.dmu.dk/Pub/FR615.pdf> (2-12-2024)

DMU, 2007a: NOVANA – det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet og Naturen. Programbeskrivelse del 1, 2 og 3. Faglig rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser nr. 495 og 508.

DMU, 2007b: Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse 2007-2009. Faglig rapport fra DMU nr. 615, 2007.

DMU, 2010a: Program NOVANA 2010. Opdatering af faglig rapport nr. 615 fra DMU – Programbeskrivelse for NOVANA del 2. NOTAT, 31. maj 2010.

DMU, 2010b: DEVANO 2010. Decentral Vand og Naturovervågning. NOTAT, 31. maj 2010.

Miljøstyrelsen, 1988: Sammenstilling af det totale overvågningsprogram i henhold til vandmiljøplanen, okt. 1988

Miljøstyrelsen, 1989: Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Miljøprojekt nr. 115, Miljøstyrelsen 1989

Miljøstyrelsen, 1993: Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1993-1997. Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr.2/1993, Miljøstyrelsen

Miljøstyrelsen 2000a: NOVA-2003. Redegørelse nr. 1, 2000, Miljøstyrelsen

Miljøstyrelsen, DCE og GEUS, 2017: NOVANA. Det nationale overvågningsprogram for vandmiljø og natur 2017-21. Programbeskrivelse. September 2017. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2017/novana.pdf> (2-12-2024)

Miljøstyrelsen, DCE og GEUS, 2021: NOVANA Det nationale overvågningsprogram for vandmiljø og natur 2022: <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2022/05/978-87-7038-419-3.pdf> (2-12-2024)

Naturstyrelsen, DMU og GEUS, 2011: Det Nationale Overvågningsprogram for Vand og Natur. NOVANA 2011-15. Programbeskrivelse <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2011/novana.pdf> og <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2011/novana2.pdf> (2-12-2024)

Naturstyrelsen og DCE, 2016: NOVANA 2016, Programbeskrivelse. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2016/novana.pdf> (2-12-2024)

### Andre henvisninger

Blicher-Mathiesen, G., Thorsen, M., Wienke, J., Petersen, Andersen, H.E., Frederiksen, R.R., J., Larsen, S.E., Jensen, P.G., Hansen, B. & Thorling, L. 2024. Landovervågningsoplande 2023. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt center for Miljø og Energi, xxx s. - Videnskabelig rapport nr. xxx, 2004.

Danske regioner, 2024: Stof til eftertanke - Regionernes arbejde med jordforurening. 36 pp. ISBN elektronisk: 978-87-92686-47-3. <https://www.jordforureninger.dk/wp-content/uploads/2024/05/33036-Regionernes-arbejde-med-jordforurening-aarsrapport-2024.pdf> (2-12-2024)

Postma, D., Boesen, C., Kristiansen, H. & Larsen, F., 1991: Nitrate Reduction in An Unconfined Sandy Aquifer - Water Chemistry, Reduction Processes, and Geochemical Modelling. Water Resour.Res. 1991, 27 (8), 2027–2045.

Stockmarr, J. (red) 2001: Grundvandsovervågning 2001, Teknisk rapport, GEUS 2001. <https://www.geus.dk/Media/7/6/g-o-2001.pdf> (2-12-2024)

Thorling, L., 2023: Prøvetagning af grundvand i felten. Teknisk anvisning. GEUS 2023. <https://data.geus.dk/pure-pdf/Pr%C3%B8vetagning%20af%20grundvand.pdf> (2-12-2024)

### Relevante hjemmesider og links

Grundvandsovervågningsens hjemmeside: <http://www.geus.dk/vandressourcer/overvaagningsprogrammer/grundvandsovervaagning> (2-12-2024)

Jordforurening, hjemmeside for regionernes videncentre for Miljø og ressourcer: <https://www.miljoeogressourcer.dk/> (2-12-2024)

Jupiter hjemmesiden: <http://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/national-boringsdatabase-jupiter> (2-12-2024)

NOVANA hjemmeside: <https://mst.dk/erhverv/rig-natur/naturen-i-danmark/novana-overvaagning-af-natur-og-vandmiljoe> (2-12-2024)

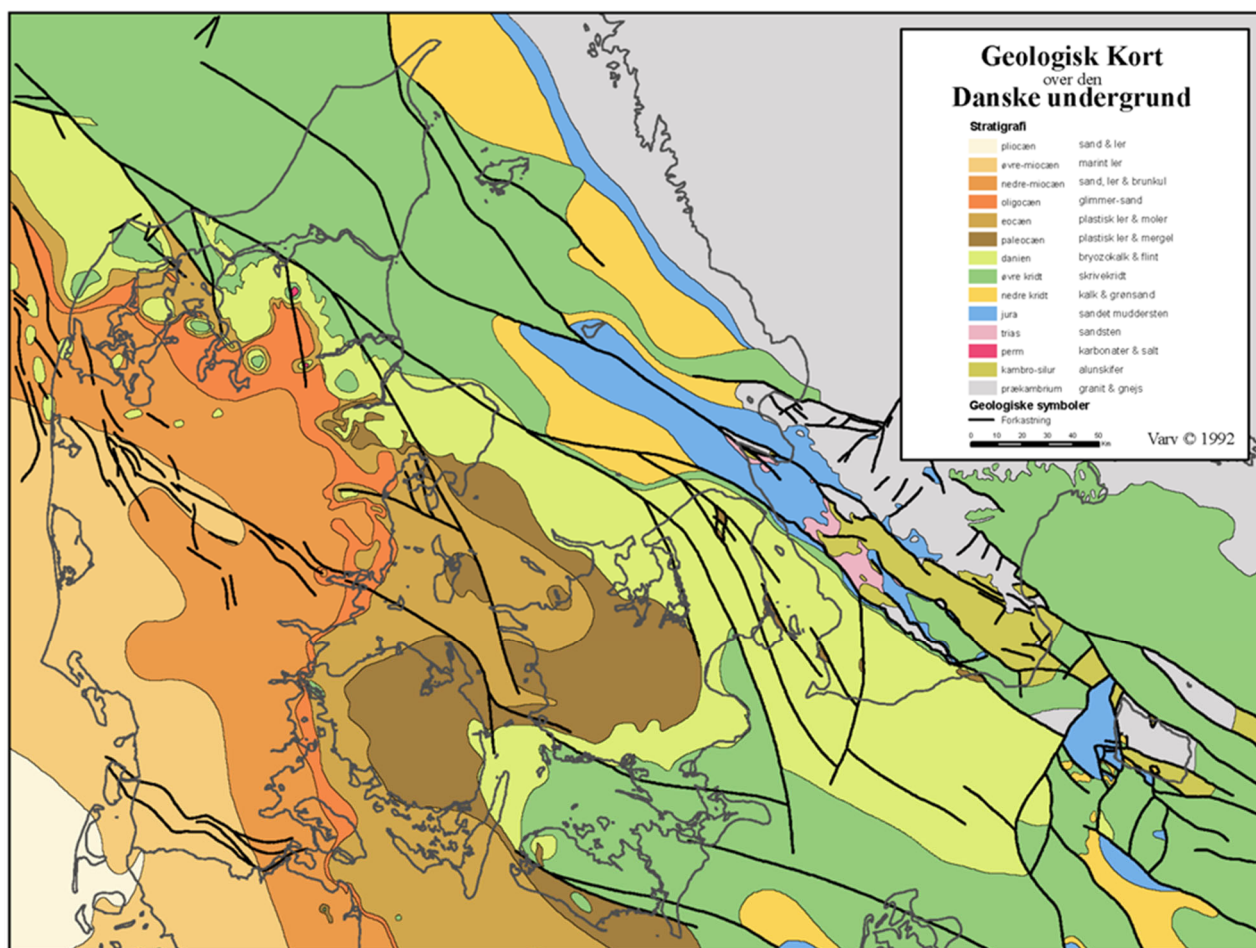
## Appendiks 3 Faglig baggrundsviden om grundvand

### Appendiks 3.1 Grundvandets hydrogeologi

#### Geologiske forudsætninger

I store dele af Danmark foregår grundvandsindvindingen fra geologiske lag afsat af smeltevandet i forbindelse med landets nedisning under de seneste istider under kvartærtiden. Samtidigt indvindes vandet også mange steder fra underliggende kalk og sandlag, der stammer fra før istiderne, de såkaldte prækvartære aflejringer. Indvindingsforholdene på den nordlige del af Bornholm er særlige, idet undergrunden dér består af grundfjeld.

Figur 83 viser et geologisk kort over den danske undergrund. Kortet viser Prækvartæroverfladen, dvs. at det viser de lag, der ligger umiddelbart under istidsaflejringerne. Grundvandsmagasiner i Skrivekridt (mørk grøn farve) og Danienkalk (lys gulgrøn farve) findes under istidslagene i den østlige del af Sjælland, på Lolland, Falster, Møn, i den østlige del af Fyn ved Nyborg og på det nordlige Langeland samt i et strøg fra Djursland over Aalborg til Thy. Oven på kalken findes der også grundvandsmagasiner i glaciale sandlag mange steder i disse områder.



Figur 83. Den prækvartære overflade i Danmark, dvs. udbredelsen af ældre geologiske lag umiddelbart under istidsaflejringerne fra den Kvartære Periode, der begyndte for ca. 2,6 mio. år siden. (Håkansson & Schack Pedersen, 1992)

I Østjylland, i området omkring Himmerland, i Thy, på Fyn og Vestsjælland består de prækvartære lag af fedt tertiært ler (Oligocæn, Eocæn og Paleocæn), der ikke kan anvendes til vandindvinding. Her findes grundvandsmagasinerne typisk i begravede dale i det prækvartære ler, der er fyldt op med istids-

aflejringer. I disse områder er lagene ofte meget forstyrrede af isens bevægelser. Under disse heterogene forhold kan det være vanskeligt at forudsige, hvor grundvandsmagasinerne ligger, og ny viden fra Den Nationale Grundvandskortlægning (Grundvandskortlægningens hjemmeside) har stor betydning for kendskabet til grundvandsmagasinerne rumlige udbredelse.

I det vestlige Jylland findes der betydelige grundvandsressourcer i de tertiære sandlag under istidslagene. Disse sandlag hælder mod vest, og findes derfor i stor dybde ved den jyske vestkyst. Disse tertiære sandlag er yngre end kalken og optræder ikke i den østlige del af Danmark.

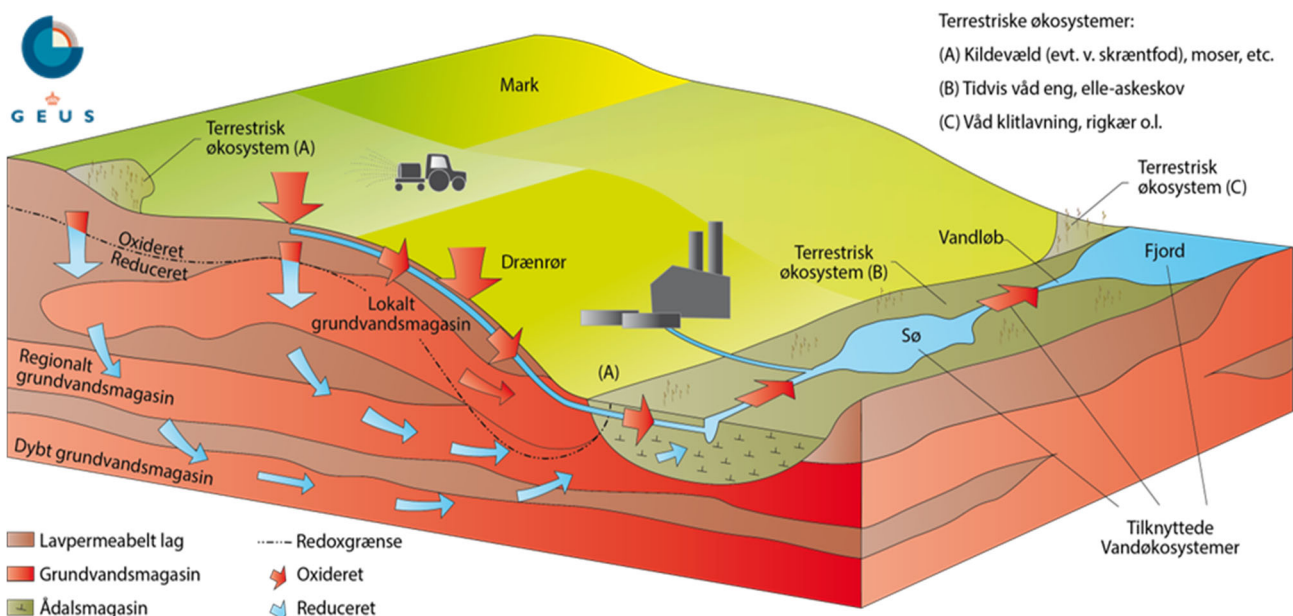
Over de prækvartære grundvandsmagasiner findes i det meste af landet glaciale grus- og sandmagasiner, der også udnyttes til vandindvinding. I det nordligste Jylland ligger kalkforekomsterne så dybt, at de indeholder saltvand, og derfor ikke er anvendelige til vandforsyningsformål. I dette område anvendes glaciale grus- og sandlag samt post-glaciale lag (dannet efter istiden) til grundvandsindvinding.

## Grundvandsmagasiner

Et grundvandsmagasin kan defineres som et vandførende geologisk lag, hvorfra der kan etableres en rentabel vandindvinding. I vandrammedirektivet er dette formuleret således: 'et grundvandsmagasin er et eller flere underjordiske lag af bjergarter eller andre geologiske lag, med tilstrækkelig porøsitet og permeabilitet til at muliggøre enten en betydelig grundvandstrømning eller indvinding af betydelige mængder grundvand'. Dette er i direktivet fastlagt til 10 m<sup>3</sup>/dag.

Der foregår også en væsentlig opmagasinerings og transport af grundvand i lag, der ikke kan karakteriseres som et grundvandsmagasin. Dette er især de mere lavpermeable geologiske lag af silt og ler, og ofte påvirkes grundvandskvaliteten i betydeligt omfang af vandudveksling med disse lag, det kan fx være i form af nitratreduktion eller frigivelse af arsen.

Figur 84 viser en principskitse for grundvandsdannelse og -strømning samt forskellige magasintyper.



Figur 84. Konceptuel figur over grundvandets strømningsmønster. Frie grundvandsmagasiner med dominerende lokal grundvandsstrømning og spændte grundvandsmagasiner med regionale grundvandsstrømninger.

Grundvandsmagasiner kan opdeles i frie, spændte eller artesiske. Frie grundvandsmagasiner er karakteriseret ved, at der over grundvandsspejlet findes en umættet zone, hvor luften i den umættede zone normalt er i direkte kontakt med atmosfæren. Frie grundvandsmagasiner findes i sandlag i store dele af

Jylland, og i kalkmagasiner fx ved Aalborg, på Djursland, på Stevns og Møn. Grundvandet i frie grundvandsmagasiner er ofte relativt ungt. Der kan dog forekomme relativt gammelt grundvand i frie magasiner, hvor der er opadrettede strømning, fx tæt på åer. Grundvandet i frie magasiner er ofte relativt sårbart over for især nitrat, da der ikke er overliggende, beskyttede lerlag, som ved spændte magasiner.

Spændte grundvandmagasiner er højpermeable, vandførende aflejringer, der ligger under lavpermeable geologiske lag, se det regionale grundvandsmagasin på Figur 84. Når grundvandsmagasiner er spændte, vil grundvandsstanden i boringer stå over lagets øvre grænse og op i lag, der er mere eller mindre vandstandsende.

Artesiske grundvandsmagasiner er betegnelsen for den særlige situation, hvor trykniveauet står over terræn. Dette fænomen blev første gang beskrevet i egnen Artois i Frankrig, og har derfor fået betegnelsen artesiske. I Danmark findes dybe, spændte grundvandsmagasiner i grus- og sandforekomster i Jylland, på Fyn og Vestsjælland. I det østlige Sjælland findes spændte magasiner i kalkbjergarter. I ådale kan ler og dynd skabe spændte eller artesiske forhold tæt ved terræn. Mange vandforsyningsboringer er derfor placeret i ådale.

### **Grundvandsdannelse og mængden af grundvand**

Mængden af grundvand i grundvandsmagasinerne, og dermed trykforholdene og grundvandspejlets beliggenhed, afhænger af balancen mellem grundvandsdannelsen, afstrømning og mængden af oppumpet grundvand.

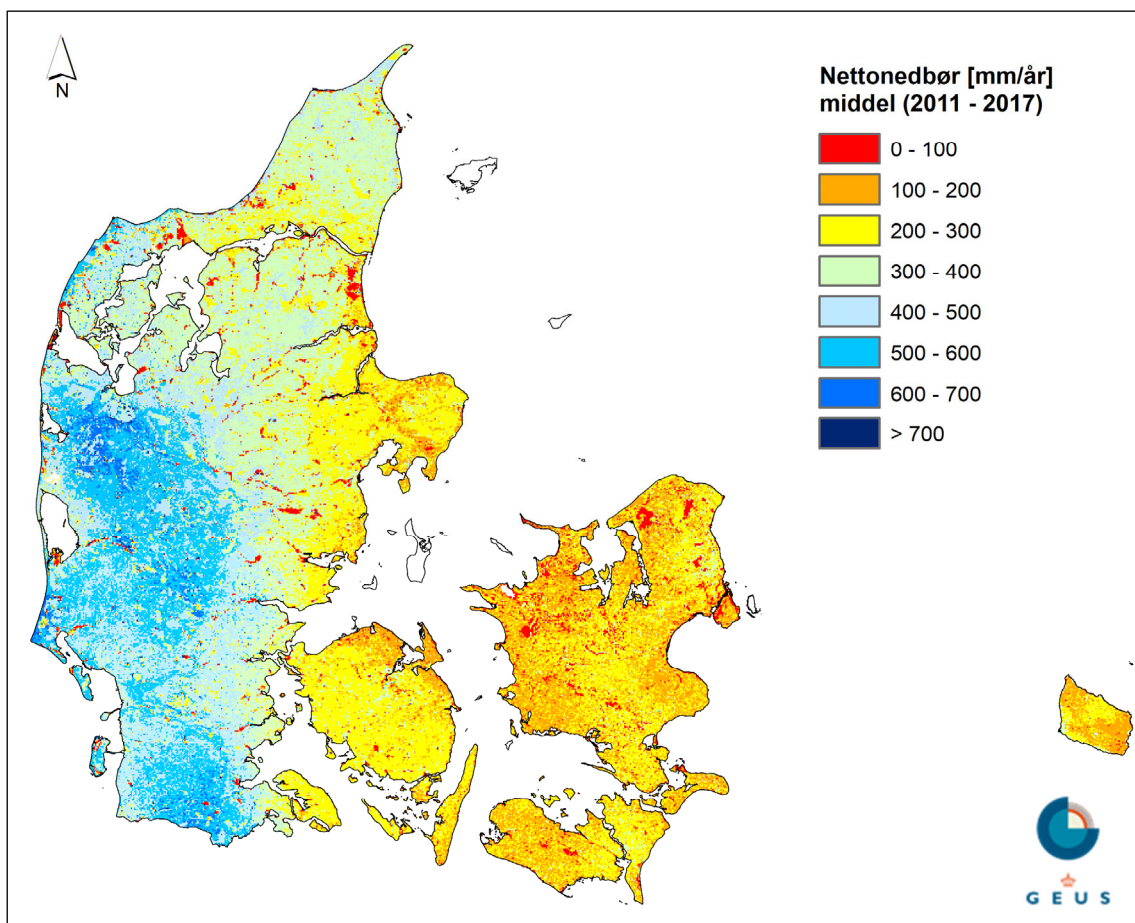
Nedbøren og grundvandsdannelsen varierer ganske meget fra år til år og fra sted til sted, se bilag 1. I gennemsnit regner det mest i Midtjylland og mindst i Kattegatregionen og omkring Storebælt. Den del af nedbøren, der ikke fordampes, men kan bidrage til grundvandsdannelsen og afstrømning i vandløb, kaldes nettonedbøren, eller mere populært nedbørsoverskuddet. Figur 85 viser den geografiske fordeling af nettonedbøren i Danmark, der udviser meget store forskelle mellem landsdelene. Da fordampningen som regel er af nogenlunde samme størrelsesorden i hele landet, mens nedbøren varierer betragteligt, er der nogle steder i landet en endog meget lav nettonedbør, der er 5-10 gange mindre end i de områder, hvor der falder mest nedbør.

Den del af nettonedbøren, der ikke strømmer (via dræn) til vandløbene, siver ned i undergrunden, hvor det udgør den egentlige grundvandsdannelse, se kapitel 3 og bilag 1. Grundvandsdannelsen er således en delmængde af nettonedbøren. I de øvre jordlag er der som regel også luft i hulrummene mellem sedimentkornene, den såkaldte umættede zone, hvor nedsivningen sker ved en overvejende lodret vandbevægelse mod grundvandspejlet. Under grundvandspejlet er der vandmættede forhold (grundvand), hvilket betyder, at der ikke længere er luft mellem kornene. Måling af grundvandspejlets beliggenhed med pejlinger er en måde at måle ændringer i mængderne af vand i grundvandsmagasinerne.

Der ses ofte en karakteristisk variation i mængden af nedbør over året. Generelt er der således relativt lidt nedbør i forårsmånederne fulgt af større månedsnedbør gennem sommeren, efteråret og den først del af vinteren, se Figur 15. I sommerhalvåret er fordampningen større og samtidig vil en større andel af nedbøren føres bort med dræn og vandløb. Særligt vil en stor del af de kraftige regnskyl, der nu forekommer mere hyppigt om sommeren løbe af på overfladen og ikke bidrage væsentligt til grundvandsdannelsen. Dette forklarer, at den laveste vandstand i mange pejleboringer optræder, når grundvandsdannelsen i forårs- og sommerperioden har været meget lav. På samme måde ser man, at den højeste vandstand typisk forekommer sidst på vinteren eller om foråret efter en periode med en betydelig grundvandsdannelse om efteråret og vinteren, se bilag 1. Sådanne årstidsvariationer ses tydeligt i mange pejleserier.

Grundvandsdannelsen i 2023 er diskuteret i kapitel 3.1, derudover er der i bilag 1 en diskussion af grundvandsdannelsen de sidste 30 år.

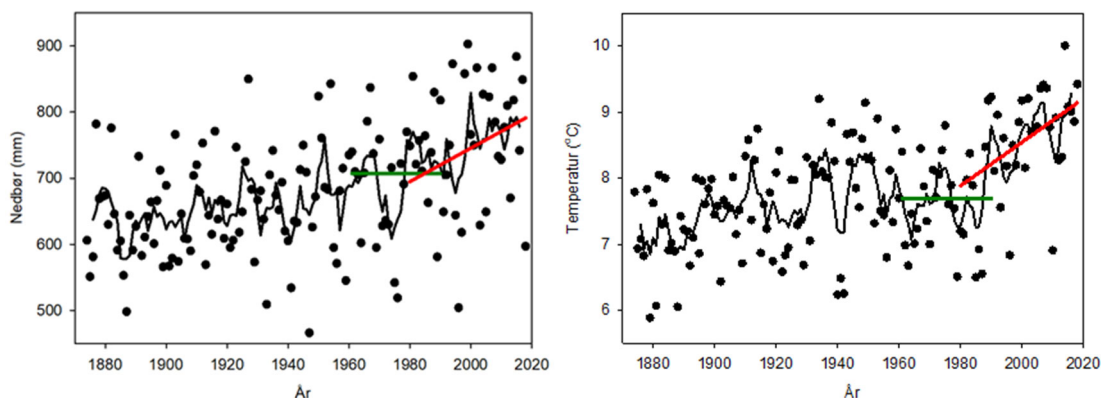
Oplysninger om grundvandsstanden i Danmark kan findes på GEUS' hjemmeside: Grundvandsstanden.dk. Formålet med siden er at formidle viden om, hvordan grundvandsstanden ændrer sig i takt med klimaforandringerne. Dette giver borgere og myndigheder mulighed for at følge, hvordan grundvandsstanden udvikler sig, baseret på realtime data fra en række overvågningsboringer. På den måde kan samfundet indrettes efter de udsving mod oversvømmelser og tørke, som klimaforandringerne ifølge prognoserne ser ud til at medføre.



Figur 85. Nettonedbør i Danmark. Middelværdi for perioden 2011-2017. Data fra Dk-modellen.

For Danmarks vedkommende er årsnedbøren steget med ca. 100 mm over de seneste 50 år, se Figur 86 til venstre. Ændringen er næsten udelukkende sket i vinterhalvåret, hvor fordampningen er mindst og grundvandsdannelsen størst. (Olesen, J.E., 2019). Dette bliver i et vist omfang afspejlet i grundvandsstanden; dels som en øget grundvandsressource, dels som forsumpning i lavbundsområder. Den gennemsnitlige årlige nedbør i Danmark er steget med 6,6 % (47 mm) mellem de to seneste normalklimageperioder; fra 712 mm i perioden 1961-1990 til 759 mm i perioden 1991-2020, med betydelige regionale variationer (DMI, 2024). Denne udvikling er sket parallelt med at den årlige middeltemperatur i Danmark er steget 1,5 °C, se Figur 86 til højre.

100 mm ekstra årsnettonedbør (ikke årsnedbør) vil skønsmæssigt kunne give en stigning i grundvandsstanden for frie terrænnære magasiner på op til 30 cm, hvis der regnes med en porøsitet på 30 % i grundvandsmagasinet. Derimod er det vanskeligere at beregne effekten i udstrømningsområderne, fordi der lokalt kan ske opstuvning og således forekomme meget højere vandstand, eller der omvendt lokalt forekommer dræn, vandløb mv., som fastholder grundvandsstanden i det eksisterende niveau.



Figur 86. Danmarks årsnedbør og den årlige middeltemperatur for perioden 1874-2018. Den optrukne linje viser 5-års glidende gennemsnit. Den grønne linje viser gennemsnit for normalperioden 1961-1990, og den røde linje viser stigningen siden 1971, på hhv. 25 mm/årti og 0,3 °C /årti. (Olesen, J.E., 2019).

### Grundvandets strømning, DK-modellen

Grundvandets strømning i den mættede zone foregår i tre dimensioner. I grundvandsmagasinerne er der en overvejende horisontal strømning, med en mindre opadrettet eller nedadrettet komponent. Hvor gradienten er nedadrettet, taler man om grundvandsdannelse til dybere lag. Omvendt ses en opadrettet strømning (eller udsivning) ofte under vådområder, under åer og ved kysten. *Dette betyder, at den primære bevægelse er vandret og ikke nedad, og at grundvandet i en boring ikke er faldet som nedbør lige omkring boringen.*

Grundvandets konkrete, detaljerede strømningsmønster påvirkes af de geologiske lags rumlige udbredelse. Derfor er det vigtigt at kende grundvandsmagasinerne geologiske opbygning, hvis man skal kunne forudsige grundvandets strømningsmønster.

Grundvandsstrømningen i Danmarks undergrund er overordnet beskrevet i DK-modellen, hvor undergrunden er inddelt i 11 beregningslag (DK-modellens hjemmeside). DK-modellen er en national hydrologisk model udviklet i samspil med NOVANA-aktiviteterne og anvendes i dag til en lang række forvaltningsmæssige opgaver ikke mindst i forbindelse med vandområdeplanerne og vurdering af oversvømmelsesrisiko.

### Grundvandets kvalitet

Grundvandets kvalitet afhænger af den atmosfæriske deposition, udvaskningen af stoffer fra de øvre jordlag og biogeokemiske reaktioner i de geologiske lag, samt hydrologiske faktorer som fx nedbørmængder og intensitet, strømningsveje og grundvandets opholdstid. To typer af naturlige kemiske reaktioner er særlig vigtige, nemlig forsurende processer og redoxprocesser. Disse fører ganske langsomt til, at grundvandsmagasinerne forsuret og iltet.

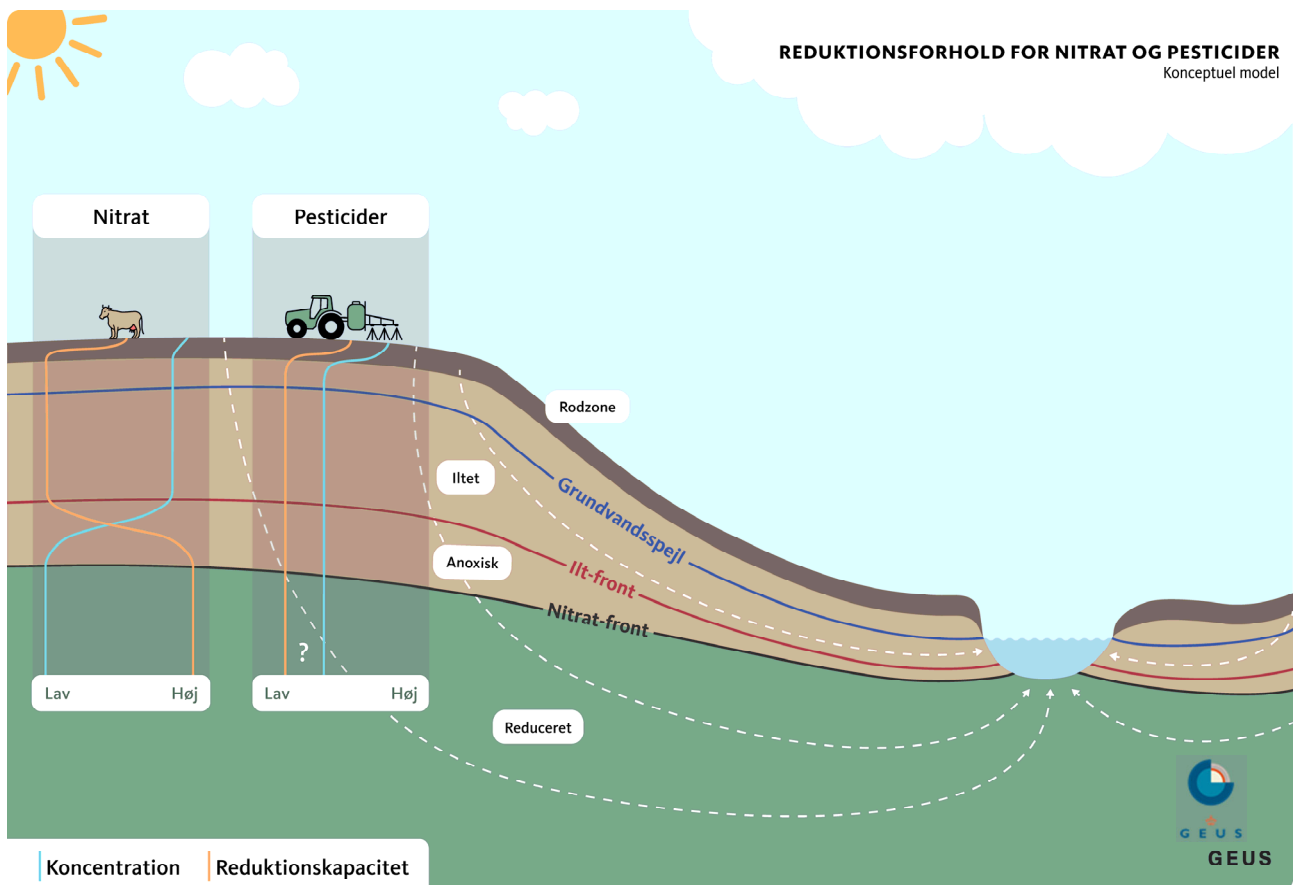
Grundvandets kvalitet kan for det første opdeles i hhv. kalkmættet neutralt og surt grundvand. I jordlag, hvor der optræder kalk, neutraliserer kalken syrer fra atmosfæren og fra nedbrydning af organisk stof i jordbunden, og opretholder et pH omkring 7,5. Den vigtigste syre er almindeligvis kulsyre/kuldioxid. Hvis jordlagene er kalkfrie, vil grundvandet være surt og indeholde aggressivt kuldioxid, og pH vil ofte ligge under 6,5. Forsuringsfronten er defineret som den dybde, hvortil opløsningen af kalk i undergrunden er nået.

For det andet er redoxprocesser i grundvandszonen af stor betydning for grundvandets kemiske sammensætning, ikke mindst i forhold til forekomst af nitrat og fosfor og mange sporstoffer. Undergrundens reducerede sedimentter reagerer med oxiderede stoffer i grundvandet, så det strømmende grundvand bevæger sig ind i stadig mere reducerede miljøer, hvor reaktioner med grundvandets opløste, mere iltede bestanddele resulterer i en ændret kemisk sammensætning, med det resultat at grundvandet bliver mere reduceret. Samtidig bliver aflejringerne stadig mere iltede.

Successivt reduceres grundvandets indhold af ilt, nitrat og sulfat under dannelse af en række karakteristiske geokemiske miljøer. Dette kan forsimples til to hovedtyper af geokemiske miljøer i grundvandszonen, det oxiderede og det reducerede. I det oxiderede miljø kan grundvandet indeholde nitrat og ilt, mens det reducerede miljø er nitratfrit, men fx indeholder mere opløst jern og mangan. Det betyder i praksis, at nitrat i grundvandet reduceres i en vis dybde, mens sedimentets nitratreduktionskapacitet langsomt opbruges.

Nitratfronten er defineret som dybden til den maksimale udbredelse af nitrat i grundvandet, mens redoxfronten er defineret som grænsen mellem oxiderede og reducerede jordlag.

I de tilfælde, hvor der er kemisk ligevægt, vil nitratfronten og redoxfronten være sammenfaldende. Kemisk uligevægt kan dog forekomme, og her vil nitratfronten og redoxfronten ikke være sammenfaldende. Denne situation kan forekomme, når grundvandets strømningshastighed er større end reaktionshastigheden ved redoxfronten.



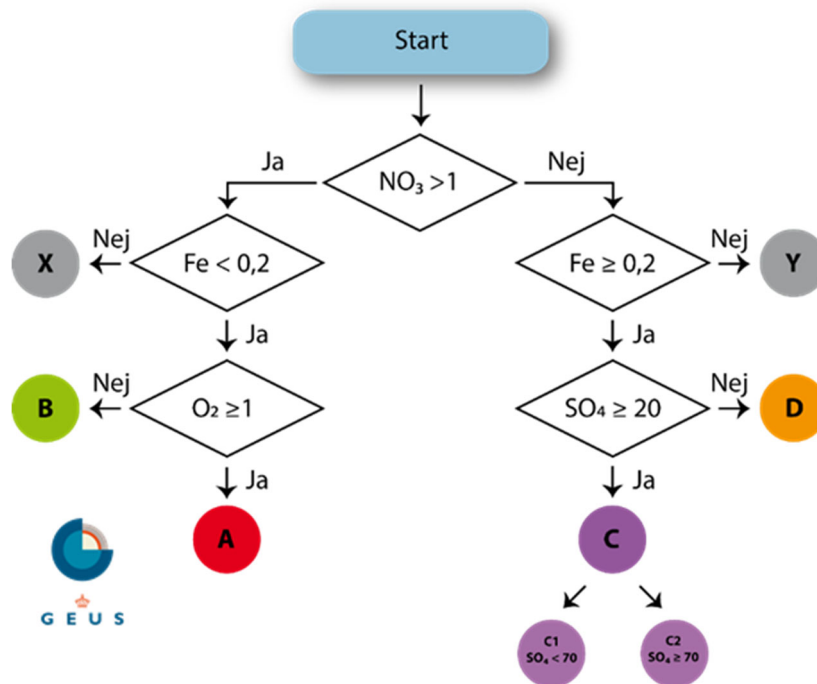
Figur 87. Principskitse over nitratfrontens beliggenhed omkring et vandløb, og udbredelse og reduktionsforhold af nitrat og pesticider i undergrunden. De lyseblå grafer i boksene viser koncentrationer af nitrat og pesticider, mens gule grafer viser potentialet for reduktion af stofferne. Forløbet af reduktionskapaciteten for pesticider skal illustrere, at pesticidernes nedbrydelighed meget varierende og i forskellig grad følsom over for redoxforhold.

Figur 87 viser en principskitse over nitratfrontens beliggenhed omkring et vandløb. I de to bokse i figuren vises med lyseblå signatur en konceptuel model for, hvorledes nitrat- og pesticidkoncentrationen kan forventes at ændre sig ned gennem lagene. Nitratreduktionen i grundvandet finder sted mellem iltfronten og nitratfronten. Fordelingen af reduktionskapaciteten (gul signatur) for nitrat er omvendt af nitratkoncentrationen, dvs. at der er lille kapacitet i det iltede miljø og stor kapacitet i det reducerede miljø.



Omsætning af pesticider er ikke på samme måde afhængig af nitratreduktionskapaciteten, men foregår hovedsageligt i de øvre organisk-rige jordlag, hvor der er den største reduktionskapacitet over for pesticider (Nygaard, 2004). Da pesticider kemisk set er meget forskellige, er pesticidernes nedbrydelighed meget varierende og i forskellig grad følsom over for redoxforhold og pH.

Figur 88 viser et eksempel på en algoritme til at fastlægge grundvandets redoxforhold, gennem en opdeling i fire vandtyper (A, B, C og D) ud fra en vandprøves indhold af nitrat, jern, ilt og sulfat (Hansen og Thorling, 2018). I kapitel 4 er denne algoritme anvendt til en generel fastlæggelse af grundvandets redoxforhold i redoxboringerne. Andre algoritmer anvendes, hvis der fx er prøvetagningstekniske problemer (ilt i LOOP-boringer) eller færre tilgængelige parametre.

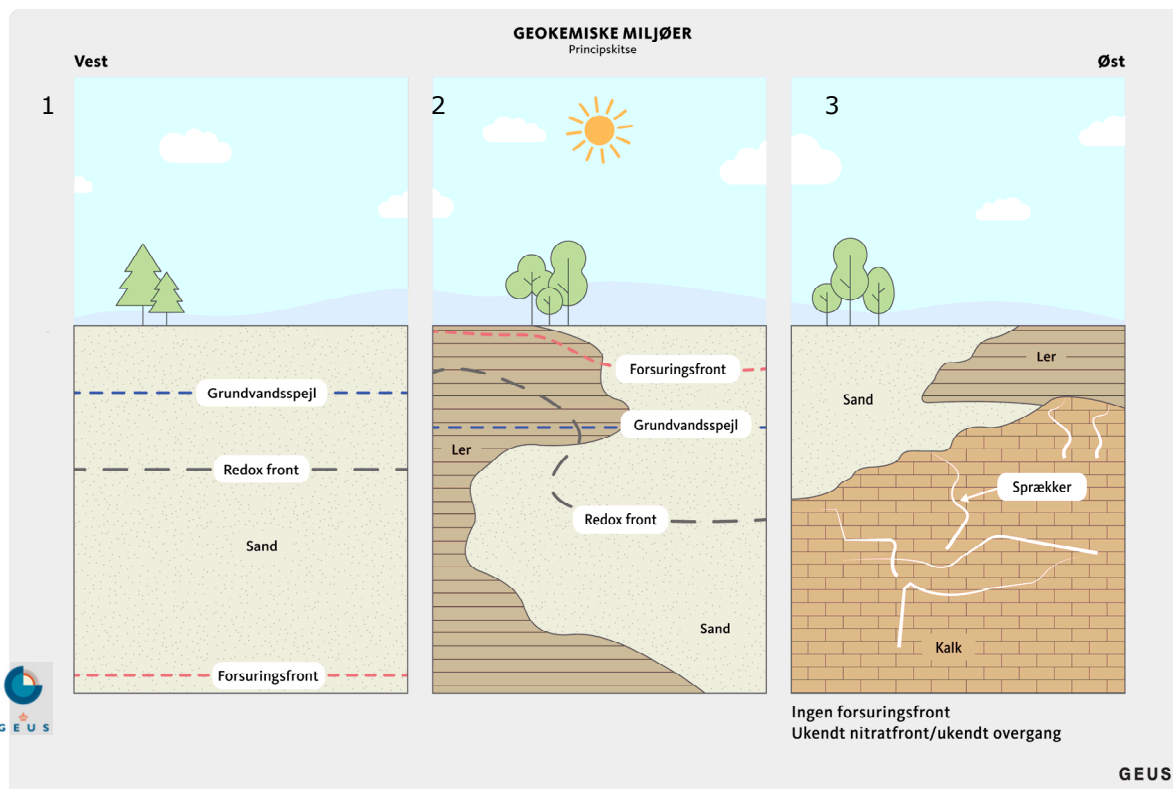


Figur 88. Algoritme til fastlæggelse af vandtyperne A, B, C og D, ud fra en vandprøves indhold af nitrat, jern, ilt og sulfat målt i mg/l. X og Y angiver, at algoritmen ikke giver noget entydigt svar, og der fx er behov for flere støtteparametre eller, at der er tale om en prøve med blandingsvand (Hansen og Thorling, 2018).

### Typiske konceptuelle modeller for geologi og geokemi

Figur 89 viser eksempler på forskellige geologiske miljøer. I Vestjylland (1) er kalkindholdet i sandlagene ofte lavt, og forsuringen kan ligge dybt i magasinerne, mens redoxfronten som regel ligger højere. Afhængig af strømningsmønstret vil redoxfronten kunne ligge mange meter under grundvandsspejlet. I midten (2) ses en situation med heterogen geologi, som er typisk i Østjylland og nogle steder på Fyn og Sjælland. På grund af det høje kalkindhold i jorden ligger forsuringen normalt over grundvandsspejlet. Redoxfronten ligger højt i lerede aflejringer og dybere i sandet.

I områder, hvor der er kalk i undergrunden (3), kan der være så meget kalk i de øverste jordlag, at der slet ikke optræder sure forhold. Redoxfronten kan ligge over kalken, svarende til den mellemste figur, eller nå helt ned til kalken. Hvis redoxfronten når helt ned til kalken, således som det ofte ses på Djursland og omkring Aalborg, kan det være vanskeligt at fastsætte en egentlig redoxfront i kalken, da transport og omsætning af nitrat i kalken foregår i et komplekst strømningsmønster i både sprækker og matrix, et såkaldt dobbeltporøst medie (Nielsen og Jørgensen, 2008).



Figur 89. Principskitse over beliggenheden af forsuringsfronten og redoxfronten i tre typiske geologiske situationer: 1) Vestdanmark, hvor jordlagene overvejende består af sand, 2) Østjylland, Fyn og Vestsjælland, hvor geologisk heterogenitet med vekslende ler og sand giver store lokale variationer i dybden til fronterne og 3) områder med kalklag, fx Stevns og omkring Ålborg (Figur 83), hvor sprækkedannelser gør fastlæggelse af nitratfronten i selve kalklagene svær at forudsige. Bemærk, at forsuringsfronten kan ligge både over og under redoxfronten.

## Appendiks 3.2 Grundvandets opholdstid

### Relevans af grundvandsdatering i GRUMO

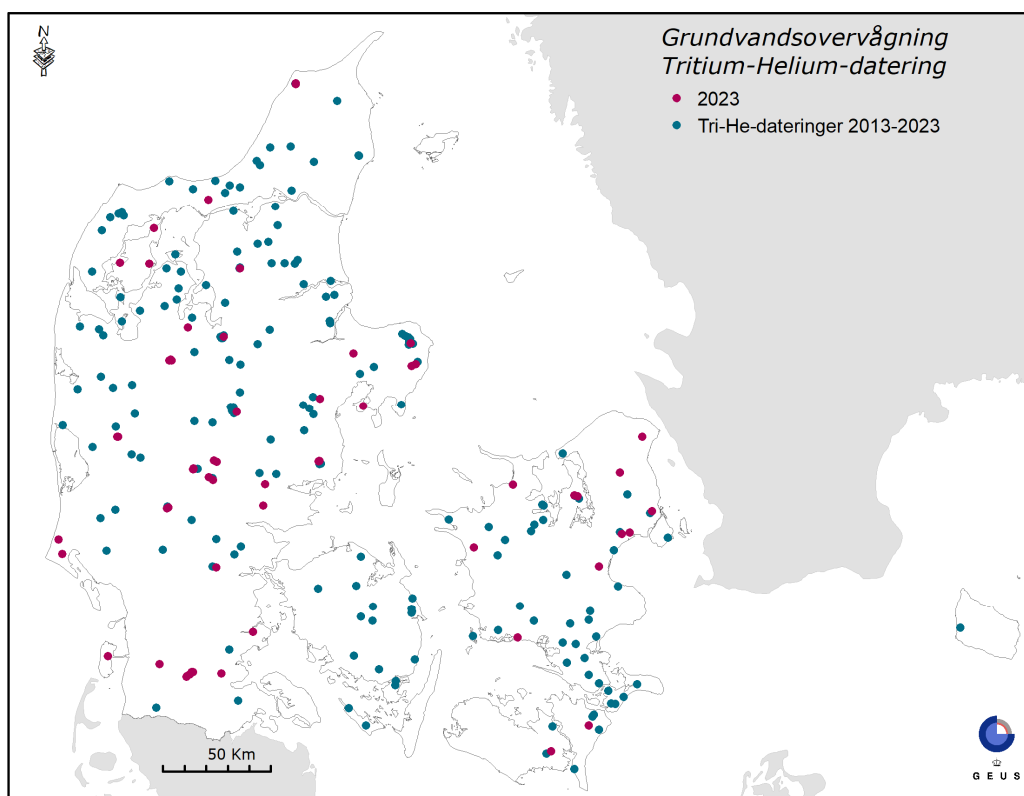
Fortolkning af årsager til ændringer i grundvandets kvalitet kræver kendskab til grundvandets opholdstid (alder) i de enkelte indtag. Opholdstiden er her defineret som det antal år, vandet har strømmet i undergrunden, inden det når frem til indtaget, hvorfra vandprøverne er udtaget. Det vil sige, at hvis datering af en vandprøve udtaget i år 2007 viser, at dannelsesetidspunktet er 1993, så er grundvandets opholdstid (alder) 14 år. Kendskab til vandets opholdstid gør det muligt at vurdere, om udviklingen i grundvandets kvalitet viser tidsmæssige sammenfald med ændringer i arealanvendelse eller indsatsprogrammer, herunder vandmiljøplaner.

Opholdstiden dækker over det forhold, at alderen af det vand, der er i et indtag, har en given aldersfordeling, idet vandet i et indtag på fx 1 m's længde repræsenterer flere års nedbør. Jo kortere indtag og jo mere homogen geologi, jo smallere vil aldersfordelingen almindeligvis være. Samtidig kan de forskellige dateringsmetoder i forskellig grad anvendes til at dække forskellige perioder, hvilket er mere indgående beskrevet i rapporteringen for 2013-data (Thorling mfl., 2015).

Datering af grundvandet i de enkelte overvågningsboringers indtag er en forudsætning for at kunne dokumentere en effekt på grundvandets nitratindhold på baggrund af ændret landbrugspraksis og nitratudvaskning. Samtidig kan datering af grundvandet bruges til at demonstrere, hvordan udbygningen af stationsnettet i overvågningen med nye boringer og flere indtag påvirker aldersfordelingen af det overvågede vand. Det samme gælder for effektmålinger på regulering af pesticider og andre organiske mikroforureningsstoffer, hvilket dog er mere komplekst, idet disse organiske molekyler typisk vekselvirker med sedimenterne gennem nedbrydning og sorption i et mere komplekst mønster end nitrat gør det.

## Datagrundlag

Den første metode for datering af grundvand anvendt i større omfang for GRUMO-indtag, er måling af tritium, som gav et meget groft estimat for vandets alder. Denne metode blev især anvendt fra 1989-1996. Efterfølgende blev de fleste GRUMO-indtag dateret med CFC-metoden i perioden 1997-2006. I 2012-2014 blev en række indtag forsøgsvist dateret med tritium-helium- ( $^3\text{H}/^3\text{He}$ -) metoden. Efter nogle indledende forsøg med forskellige analysemetoder blev det konkluderet, at  $^3\text{H}/^3\text{He}$ -metoden er velegnet til datering af GRUMO-boringer (Laier, 2014a; Laier, 2014b). Efter en række kampagner i årene 2018-2023 er der nu totalt 295 GRUMO-indtag med en  $^3\text{H}/^3\text{He}$ -alder, heraf er 10 indtag dog efterfølgende udgået af GRUMO. Figur 90 viser den geografiske fordeling af samtlige indtag dateret med  $^3\text{H}/^3\text{He}$ -metoden. Der er således stadig rigtig mange indtag, som ikke er dateret med den mest nøjagtige metode til aldersbestemmelse af grundvand, som er infiltreret efter ca. 1960. Det er imidlertid ikke alle GRUMO-indtag der er egnede til datering med  $^3\text{H}/^3\text{He}$ -metoden, da der kræves en vis vandtilstrømning til indtaget under prøvetagningen, ligesom indtag, hvor prøvetagning finder sted ved at vandet trykkes op med en gas (de såkaldte montejus-indtag), sandsynligvis er problematiske i denne sammenhæng.



Figur 90. Geografisk fordeling af de 295 GRUMO-indtag dateret med  $^3\text{H}/^3\text{He}$ -metoden i 2013-2023 med fremhævelse af 77 indtag dateret i 2023 (Albers, 2024). Et punkt kan indeholde flere indtag fra forskellige dybder.

Selvom det efterhånden er mange år siden, at CFC-metoden blev anvendt på GRUMO-indtag, kan grundvandets alder i mange tilfælde betragtes som konstant for et indtag, og ældre data med CFC-alder vil kunne bruges som en rettesnor for vandets alder. Dette gælder dog kun, når vandet er fuldt oxideret (redoxvandtype A, se appendiks 3.1), da der ellers er stor risiko for at de opløste CFC-gasser er delvist nedbrudte og alderen dermed overestimeres (se detaljeret forklaring i Thorling m.fl. 2021). Hvis CFC-datering af indtag med redoxvandtype A inkluderes for indtag uden  $^3\text{H}/^3\text{He}$ -datering, er der yderligere 357 GRUMO-indtag med en måling af grundvandets alder, heraf er de 42 indtag dog ikke længere programlagte. Der findes altså totalt 600 GRUMO-indtag med en datering, som formodes at være brugbar, dog med det forbehold, at der i mange tilfælde er tale om næsten 30 år gamle dateringer.

I nedenstående dataanalyse præsenteres resultater for disse 600 indtag, altså ca. halvdelen af de programlagte GRUMO-indtag, opdelt i indtag dateret med CFC-metoden og  $^3\text{H}/^3\text{He}$ -metoden. For begge

metoder er detektionsgrænsen for alderen nedadtil ca. 5 år og opadtil ca. 60 år (afhænger lidt af metode og dateringstidspunkt -  $^3\text{H}/^3\text{He}$ -metoden kan datere vand fra ca. 1960 til fem år før udtagningstidspunkt og CFC-metoden fra ca. 1950 til ca. 2000). I figurerne anvendes en alder på 2,5 år for vand, der er dateret til mellem 0 og 5 år og en alder på 70 år, for indtag dateret til ældre end metoden kan detektere (hvilket i praksis har svinget fra 55-65 år).

Det faktum at alle CFC-dateringer i iltfrit vand (redoxvandtype B, C, D, X og Y) udelades, betyder at der er en klar overrepræsentation af redoxvandtype A (418 indtag, heraf 103 tritium-helium) og underrepræsentation af vandtype B (28 indtag), C (99 indtag), D (25 indtag), X (7 indtag) og Y (22 indtag), alle dateret med  $^3\text{H}/^3\text{He}$ -metoden.

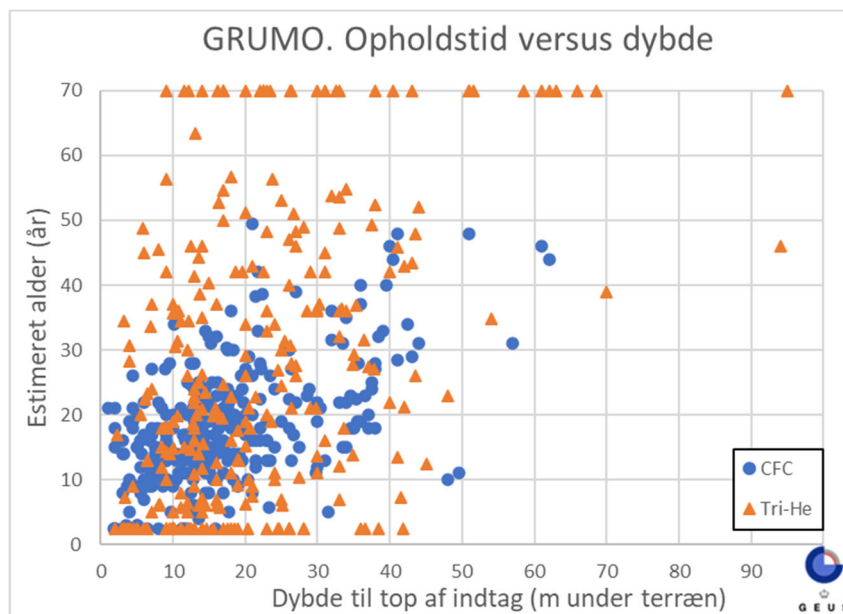
I tolkningen af data er det ligeledes vigtigt at holde sig for øje, at der i alle indtag, uanset filterlængde og dybde, prøvetages vand med en spredning på alderen, der spænder over mere end et år. Opholdstiden i form af et enkelt årstal angiver derfor en form for midling af alderen for det pågældende indtag, uden at der dog er tale om en egentlig statistisk beregning, da der ikke kan foretages en sådan på baggrund af datering med en enkelt daterings-tracer. Hvorvidt den angivne alder rent faktisk er tæt på gennemsnitsalderen af vandet, vil først og fremmest afhænge af, hvordan spredningen af alderen er i det pågældende indtag, men vil derudover også afhænge af, hvor gammelt vandet er, idet både CFC-gasser og tritium har haft ikke-lineære udviklinger i deres atmosfæriske koncentration gennem tiden. Endelig er det vigtigt at holde sig for øje, at  $^3\text{H}/^3\text{He}$ -alderen ikke er alderen fra vandet faldt som regn, men fra det gik fra umættet til mættet zone, idet isotoperne i vandet er i ligevægt med atmosfæren indtil denne overgang. Det samme gælder for datering med CFC, bortset fra i tilfælde med dyb umættet zone, hvor CFC-gasserne ikke når i ligevægt med atmosfæren og CFC-alderen vil ligge et sted imellem alderen fra vandet faldt som regn til det gik fra umættet til mættet zone (Cook og Solomon, 1997).

Det antages som nævnt ovenfor, at opholdstiden/alderen for grundvandet i et punkt, som ikke påvirkes af vandindvinding, er nogenlunde konstant over tid, skønt den uundgåeligt i et vist omfang vil variere med variationer i nettonedbøren fra år til år. Gentagne dateringer ved hjælp af CFC-datering i samme indtag i overvågningsprogrammet har vist, at hovedparten af de testede indtag kan karakteriseres med en opholdstid med en præcision på få år, for prøver taget med op til et par års mellemrum (Laiet & Thorling, 2005, Thorling mfl., 2015). Dette siger dog ikke noget om, hvor nøjagtig denne bestemmelse er, da grundvandet i et indtag, som diskuteres ovenfor, i langt de fleste indtag vil være en blanding af vand fra en periode på adskillige år, eller ligefrem vand fra adskilte tidsperioder, som er opblandet (Jakobsen mfl. 2020). Ændringer i alder over mange år, fx på grund af ændret vandindvinding eller grundvandsstand i et område, er ikke undersøgt for GRUMO-boringer.

Med den nyere  $^3\text{H}/^3\text{He}$ -metode er det til dels muligt at registrere tilstedeværelsen af vand fra forskellige tidsperioder. Hvis det på den baggrund vurderes, at aldersfordelingen spænder over flere adskilte tidsperioder eller over en meget lang tidsperiode og at dét, at tale om en opholdstid for den samlede vandprøve, således ikke giver mening, indlæses alderen ikke i Jupiter (Albers, 2019; Albers, 2021). Hvorvidt vandet stammer fra et enkelt år eller er en blanding af vand fra fx 15 sammenhængende år, er det til gengæld ikke muligt at vide ud fra en dateringsanalyse med hverken CFC- eller  $^3\text{H}/^3\text{He}$ -metoden. Dette skal holdes for øje, når man sammenligner dateringsdata med kemiske data, hvor man forventer et skift på baggrund af fx ændret regulering, arealanvendelse eller vandindvinding.

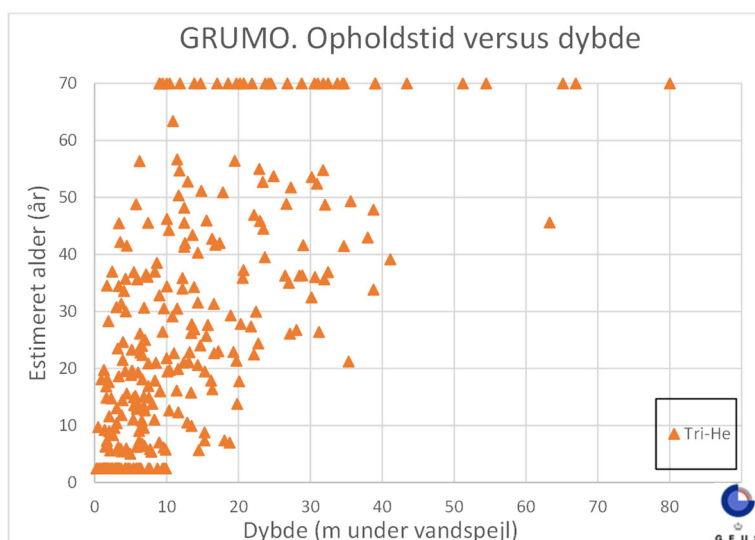
### **Opholdstiden for det overvågede grundvand.**

Figur 91 viser grundvandets opholdstid som funktion af dybden for de 600 daterede indtag. Det fremgår af figuren, at der i de øverste 30 m optræder grundvand med alle målbare aldre (fra <5 til >60 år). Både gennemsnitsalder og medianalderen stiger dog med stigende dybde, og under 50 meters dybde dateres alt vand til mindst 30 år. Der er mange årsager til den forholdsvis svage sammenhæng mellem alder og dybde, herunder forskelle i grundvandsdannelse, hydrauliske barrierer og andre variationer i de hydrogeologiske strømningforhold, forskelle i dybde af umættet zone og eksistensen af udstrømningsområder med opadrettet gradient, hvor der forventeligt vil kunne træffes endog meget gammelt grundvand tæt ved terræn.



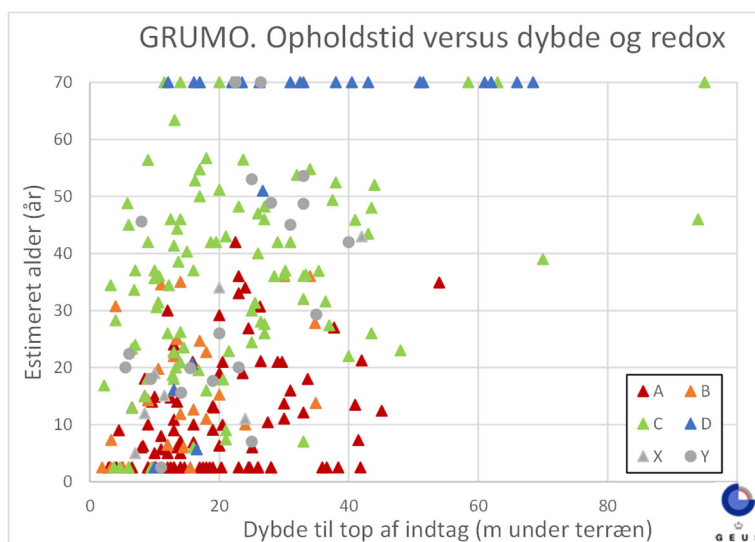
Figur 91. GRUMO. Dybdefordeling af opholdstiden for 600 daterede GRUMO-indtag, hvor indtaget ikke er registreret som udgået. Dateringsmetoderne har øvre detektionsgrænse på ca. 60 år, og grundvand ældre end detektionsgrænsen er derfor sat med alderen 70 i figuren, men kan i virkeligheden være langt ældre.

I Figur 91 tages der udgangspunkt i dybden fra jordoverflade til top af indtag. Dybden til grundvandspejlet har dog også stor betydning, idet  $^3\text{H}/^3\text{He}$ -alder som nævnt ikke er alderen fra vandet faldt som regn, men fra det gik fra umættet til mættet zone på grund af  $^3\text{He}$ 's hurtige diffusion gennem den umættede zone (Cook og Solomon, 1997). Da dybden til grundvandspejlet i Danmark kan variere fra 0 til mere end 20 m er alderen set i forhold til dybden under grundvandspejlet i nogle sammenhænge mere relevant, særligt hvis der ses på den øverste del af grundvandet. Figur 92 viser et eksempel på dette, hvor alderen for prøver dateret med  $^3\text{H}/^3\text{He}$ -metoden er afbilledet mod dybden fra grundvandspejlet til top af indtag målt på prøvetagningsdagen. Der ses umiddelbart en bedre sammenhæng mellem alder og dybde end i Figur 91, og der optræder ikke meget ungt vand på forholdsvis stor dybde under vandspejlet.



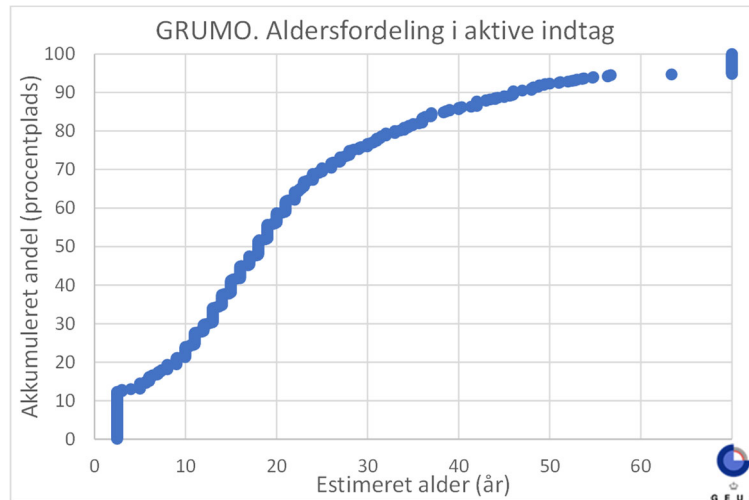
Figur 92. GRUMO. Dybdefordeling af opholdstiden for 285 GRUMO-indtag dateret med  $^3\text{H}/^3\text{He}$ -metoden, hvor dybden er angivet som dybden fra grundvandspejlet til overkanten af indtaget. Hvis grundvandspejlet ligger over terræn (artesiske forhold), anvendes terræn som grundvandspejl. Hvis grundvandspejlet ligger i filteret er dybden sat til 0 m. Bemærk, at dybden til grundvandspejlet ved boringen ikke nødvendigvis afspejler dybden til grundvandspejlet, dér hvor grundvandet er dannet, hvis boringen står i et bakket landskab.

Figur 93 viser de  $^3\text{H}/^3\text{He}$ -daterede indtag opdelt efter redoxvandtype (alle CFC-daterede i Figur 91 er redoxvandtype A). Fordelingen af data viser, at der er en vis sammenhæng mellem alder og redox-tilstand, fx er alt oxideret grundvand (redoxvandtype A og B) dateret til at være maksimalt 42 år gammelt, mens langt det meste fuldt reducerede grundvand (type D) er ældre end de ca. 60 år, som pt. er den øvre detektionsgrænse for metoden. Grundvand med redoxvandtype C findes til gengæld i alle aldre og nok så interessant er næsten alt grundvand, som har høj alder nær terræn redoxvandtype C, hvilket bestyrker formodningen om, at der er tale om indtag placeret i udstrømningsområder med opadrettet gradient.



Figur 93. GRUMO. Dybdefordeling af opholdstiden for 284 GRUMO-indtag dateret med  $^3\text{H}/^3\text{He}$ -metoden, hvor dybden er angivet som dybden fra grundvandsspejlet til overkanten af indtaget og indtagene er inddelt efter redoxvandtype. Dateringsmetoden har øvre detektionsgrænse på ca. 60 år, og grundvand ældre end detektionsgrænsen er derfor sat med alderen 70 i figuren, men kan i virkeligheden være langt ældre.

Figur 94 viser aldersfordelingen for de 600 daterede GRUMO-indtag, hvor indtaget ikke er registreret som udgået. Der er som nævnt en underrepræsentation af iltfrie indtag og dermed nok også en underrepræsentation af ældre indtag i forhold til alle programlagte indtag. Hvis der interpoleres til alle GRUMOboringer, må det altså antages, at figuren indikerer den maksimale andel af indtag, som indeholder "x år" gammelt vand. Fx kan det nok med rimelighed konkluderes, at maksimalt 20 % af GRUMO-indtagene indeholder vand, som er yngre end 10 år, hvilket understreger, at den status, der gives for grundvandets kemiske sammensætning i denne rapport, kun i begrænset omfang afspejler de seneste 10 års politiske reguleringer. Dateringerne giver samtidigt mulighed for at fokusere en dataanalyse på netop vand, som fx er maksimalt 10 eller 20 år gammelt, hvis dette skulle være i fokus.



Figur 94. Fordelingen af opholdstiden (alderen dateret ved  $^3\text{H}/^3\text{He}$ - eller CFC-metoden) for grundvandet i 600 daterede overvågningsindtag. Springet ved 5 år skyldes, at analyserne har haft en nedre detektionsgrænse på 5 år. Dateringsmetoderne har øvre detektionsgrænse på ca. 60 år, og grundvand ældre end detektionsgrænsen er derfor sat med alderen 70 i figuren, men kan i virkeligheden være langt ældre.

## Referencer: Faglig baggrundsviden

### Diverse referencer

Albers, C.N., 2019: Dateringer i GRUMO 2018. GEUS-notat 05-VA-19-04.

Albers, C.N., 2021: Dateringer i GRUMO 2020. GEUS-notat 42-VA-21-02

Albers, C.N., 2023: Dateringer i GRUMO 2021. GEUS-notat 42-VA-23-02

Albers, C.N., 2024: Dateringer i GRUMO 2023. GEUS-notat 42-VA-24-01

Cook, P. G., Solomon, D. K., 1997; Recent advances in dating young groundwater: chlorofluorocarbons,  $^3\text{H}/^3\text{He}$  and  $^{85}\text{Kr}$ , Journal of Hydrology 191: 245-265

Hansen, B. & Thorling, L., 2018. Kemisk grundvandskortlægning. GEO-VEJLEDNING 2018/2. Særudgivelse fra GEUS. [https://www.geus-vejledning.dk/xpdf/FINAL\\_geo\\_vejledning\\_6\\_03102018.pdf](https://www.geus-vejledning.dk/xpdf/FINAL_geo_vejledning_6_03102018.pdf) (link ikke active dec 2024)

Håkansson, E. og Schack Pedersen, S.A., 1992: Varv, Prækvarter Varv-kort.

Jakobsen, R., Hinsby, K., Aamand, J., van der Keur, P., Kidmose, J., Purtschert, R., Jurgens, B.C., Sultenfuss, J., Albers, C.N., 2020; History and Sources of Co-Occurring Pesticides in an Abstraction Well Unraveled by Age Distributions of Depth-Specific Groundwater Samples, Environmental Science and Technology, 54: 158-165, DOI: 10.1021/acs.est.9b03996

Laier, T. og Thorling, L., 2005: Tidsserier og datering, anvendelse af overvågningsdata. ATV møde 5. okt. 2005; Grundvandsmonitoring, teori, metoder og cases.

Laier, T., 2014a: Aldersbestemmelse af ungt grundvand i overvågningsboringer -pilotprojekt. GEUS-notat 05-VA-14-01

Laier, T., 2014b: Aldersbestemmelse af ungt grundvand i overvågningsboringer ved T-He metoden. GEUS-notat 05-VA-14-04

Nielsen, K.S., og Jørgensen, J.B., 2008: Lavpermeable horisonter i skrivekridtet – Fase A. Miljøcenter Aalborg 2008.

Nygaard, E.(red) 2004: Koncept for Udpegning af Pesticidfølsomme Arealer, KUPA. Særligt pesticidfølsomme sandområder: Forudsætninger og metoder for zoner. GEUS. [http://kupa.dk/xpdf/KUPA\\_sand\\_slutrapport.pdf](http://kupa.dk/xpdf/KUPA_sand_slutrapport.pdf) (12-2-2024)

Olesen, J.E., 2019: Klimaændringernes betydning for europæisk landbrug. Vand og jord, 26. Årg. 2. maj 2019, side 50-55."

Thorling, L., Brusch, W., Hansen, B., Larsen, F., Mielby, S., Troldborg, L., og Sørensen, B.L., 2015: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2013. Teknisk rapport, GEUS 2015. <https://www.geus.dk/Media/0/Ag-o-2013.pdf> (12-2-2024)

Thorling, L., Albers, C.N., Ditlefsen, C. Hansen, B., Johnsen, A.R., Mortensen, M.H. & Troldborg, L., 2021: Grundvand. Status og udvikling 1989–2020. Teknisk rapport, GEUS 2021.

### Relevante hjemmesider og links

DK modellens hjemmeside <https://denationalehydrologiskemodel.dk/> (12-2-2024)

DMI's hjemmeside: [www.dmi.dk](http://www.dmi.dk) & <https://www.dmi.dk/vejrarkiv/normaler-danmark> (30-11-2024)

Grundvandsstanden.dk <https://grundvandsstanden.dk/> (12-2-2024)

Grundvandskortlægningens hjemmeside hos Styrelsen for Vand og Naturforvaltning: <http://mst.dk/natur-vand/vand-i-hverdagen/grundvand/grundvandskortlaegning/> (21.01.2021)

Grundvandsovervågningens hjemmeside: <http://www.geus.dk/vandressourcer/overvaagningsprogrammer/grundvandsovervaagning>  
(21.01.2021)

Den Amerikanske Geologiske Undersøgelses hjemmeside om datering af grundvand: [Groundwater Age \(usgs.gov\)](http://www.usgs.gov)