

# FÆLLESREGIONAL TILGANG

## RISIKOVURDERING AF GRUNDVANDSTRUENDE FORURENING

Februar 2025



Regionernes Videncenter  
for Miljø og Ressourcer



Region  
Hovedstaden



REGION NORDJYLLAND



regionmidtjylland

## Indholdsfortegnelse

1	Indledning .....	2
2	Regionernes rammer .....	3
2.1	Overordnede rammer .....	3
2.2	Grundvandsressourcen og betydende grundvandsmagasiner .....	4
2.3	Opsamling på regionernes rammer .....	6
3	Regionernes undersøgelser .....	7
3.1	Indledende undersøgelser (V2-undersøgelser) .....	7
3.2	Videregående undersøgelser (Afgrænsende undersøgelser) .....	7
2.4	Opsamling på regionernes undersøgelser .....	8
4	Konceptuelle forhold .....	9
4.1	Geologiske og hydrogeologiske forhold .....	9
4.2	Indvindingsstruktur .....	11
4.3	Forureningstryk .....	14
4.4	Opsamling på konceptuelle forhold .....	19
5	Risikovurdering .....	20
5.1	Risikovurdering i henhold til vejledning nr. 6 og 7 fra 1998 .....	20
5.2	Regionernes tilgang til risikovurdering .....	22
5.3	Opsamling på risikovurdering .....	25
6	Sammenfatning og konklusion .....	26
6.1	Rammer for risikovurdering og ny viden .....	26
6.2	Regionernes risikovurdering .....	27
6.3	Regionernes anbefaling .....	27
7	Referencer .....	28

## 1 Indledning

Regionerne (og de daværende amter) har siden Miljøstyrelsens vejledning ”Oprydning på forurenede lokaliteter” fra 1998 (Miljøstyrelsen, 1998) og Jordforureningsloven fra 2000 (Jordforureningsloven, 2017) opnået stor erfaring med risikovurdering gennem håndtering af mange forurenings-sager. Dette har betydet en omfattende opbygning af datagrundlaget i perioden, herunder udvikling af nye værktøjer og input fra andre grundvandsbeskyttende indsatser - navnlig den statslige grundvandskortlægning. Det har også betydet, at der på stofniveau er sket et skift i fokus. Regionerne er nemlig i højere og højere grad gået over til at risikovurdere på baggrund forureningsfluxe frem for forureningskoncentrationer, som det beskrives i vejledningen fra 1998. Det skyldes, at der i regionerne har været en stigende erkendelse af, at forureningsfluxe giver det mest retvisende billede af, hvilken risiko en forurening udgør over for et grundvandsmagasin. Det har ført til justeringer af undersøgelsesniveau og risikovurdering i forhold til den offentlige indsats.

Formålet med nærværende notat er at:

- beskrive nuværende praksis for risikovurderinger på tværs af regioner.
- komme med anbefalinger til en fællesregional tilgang til risikovurdering af punktkilder i forhold til grundvandsressourcen. Som udgangspunkt skal anbefalingerne rumme mulighed for at anvende forskellige tilgange alt efter forurenings-situationen, herunder geologiske og hydrogeologiske forhold, indvindingsstruktur og ressourceforhold.

Danske Regioner – Regionernes Videntcenter for Miljø og Ressourcer – har sammen med de regionale jordchefer nedsat en tværregional arbejdsgruppe for at løse opgaven. Arbejdsgruppen har haft frie hænder til at fastlægge processen for opgaven og de nødvendige dellerancer. Rammen for opgaven har været afgrænset til, om en forurenede grund er omfattet af den offentlige grundvandsindsats eller ej (IKKE prioritering indenfor den offentlige indsats). Risikovurdering i påbudssager er heller ikke omfattet af dette notat.

Arbejdsgruppen har valgt at belyse følgende hovedpunkter:

- regionernes eksisterende lovramme med tilhørende vejledninger
- regionernes tilgang til undersøgelser
- konceptuelle forhold i form af regionale forskelle som indvindingsstruktur, geologi og hydrogeologi samt forureningsstrykket, der afspejler forskellige tilgange til risikovurdering
- regionernes praksis for risikovurdering.

Arbejdsgruppen har bestået af:

- Jesper Simensen, Region Midtjylland (tovholder)
- Kaspar Rüegg, Region Midtjylland
- Rikke Vinten Howitz, Region Hovedstaden
- Kim Sørensen, Region Hovedstaden
- Lars Frimodt Pedersen, Region Syddanmark
- Michael Fogh, Region Syddanmark
- Tommy Stahl Knudsen, Region Nordjylland
- Henrik Giversen Nordtorp, Region Nordjylland
- Nanette Levanius Schouw Christiansen, Region Sjælland
- Jens Aabling, Region Sjælland
- Henrik Jannerup, Region Sjælland

Februar 2025

## 2 Regionernes rammer

I dette afsnit beskrives nogle af de rammer, retningslinjer og forudsætninger, som regionerne arbejder under i forbindelse med den offentlige indsats overfor jord- og grundvandsforurening.

### 2.1 Overordnede rammer

Fundamentet for regionernes offentlige indsats på jord- og grundvandsforureningsområdet er Jordforureningsloven (Jordforureningsloven, 2017), som trådte i kraft 1. januar 2000.

Jordforureningsloven ”skal medvirke til at forebygge, fjerne eller begrænse jordforurening og forhindre eller forebygge skadelig virkning fra jordforurening på natur, miljø og sundhed”. Loven omfatter ikke jord, som er påvirket af jordbrugsmæssig spredning af slam, gødning og pesticider mv. Jordforureningslovens formål opfyldes blandt andet ved registrering og kortlægning af jordforureninger.

En jordforurening kortlægges på vidensniveau 2 efter lovens § 5, hvis der ”med høj grad af sikkerhed” er dokumentation for, at forureningen kan have skadelig virkning på mennesker og miljø.

Ifølge lovens § 6, stk. 1 fastlægger regionerne en videre offentlig indsats på de arealer, hvor der er forurening eller forureningskilder, der kan have skadelig virkning på grundvand (OSD og/eller indvindingsoplande for nuværende og fremtidige almene vandforsyningsanlæg).

Som et forarbejde til Jordforureningsloven blev Miljøstyrelsens vejledning nr. 6 fra 1998 om ”Oprydning på forurenede lokaliteter” med tilhørende appendiks (nr. 7) udarbejdet. I vejledningen er det angivet, hvordan en forurenede lokalitet kan håndteres fra undersøgelsesfasen til afværgefasen. I vejledningen er det således beskrevet, hvordan risikovurderingen kan foretages.

Formålet med en risikovurdering overfor grundvandinteresser er ifølge vejledningen ”at vurdere, hvorvidt en viden om forurening i jorden (eller i et sekundært grundvandsmagasin) forurener grundvandet som ressource, eller kan forventes at ville kunne forurene en ressource på kortere eller længere sigt”.

Dette vil i praksis være primære grundvandsmagasiner, som er defineret som større sammenhængende magasiner af regional betydning, hvorfra der indvindes grundvand eller øvrige magasiner, hvorfra der kan indvindes grundvand.

Vejledningens anvisninger er ikke bindende, men skal give et grundlag for en mere ensartet sagsbehandling af forureningsager hos myndigheder, virksomheder og rådgivere. Dog bør myndighederne altid tage udgangspunkt i vejledningens retningslinjer ved behandling af forureningsager, medmindre der er god grund til ikke at følge retningslinjerne. Vejledningen er udarbejdet på et tidspunkt, hvor erfaringsgrundlaget med forureningsundersøgelser og risikovurderinger var stærkt begrænset, og der på daværende tidspunkt var et presserende behov.

I vejledningen anvendes risikovurderingsværktøjet JAGG til at foretage risikoberegninger overfor grundvandet. JAGG er i dag blevet erstattet af GrundRisk, som giver en mere realistisk risikovurdering af en forurening og dens påvirkning af grundvandsressourcen.

Regionernes offentlige indsats på grundvandsområdet er rettet mod grundvand beliggende indenfor eksisterende indvindingsoplande til almene vandforsyningsanlæg (>9 husstande). Herudover har regionerne indsats over for de statsligt udpegede Områder Særlige Drikkevandsinteresser (OSD), jf. (Miljøministeriet, 2013).

Regionernes tilgang til den offentlige indsats på grundvandsområdet er risikobaseret. Det vil sige, at der kun udføres en offentlig indsats (undersøgelser, afværge og/eller monitoring), hvis en mulig eller tidligere påvist forurening udgør en risiko overfor grundvand, regionerne har indsats overfor, og påbudsmuligheder er udtømt.

## 2.2 Grundvandsressourcen og betydende grundvandsmagasiner

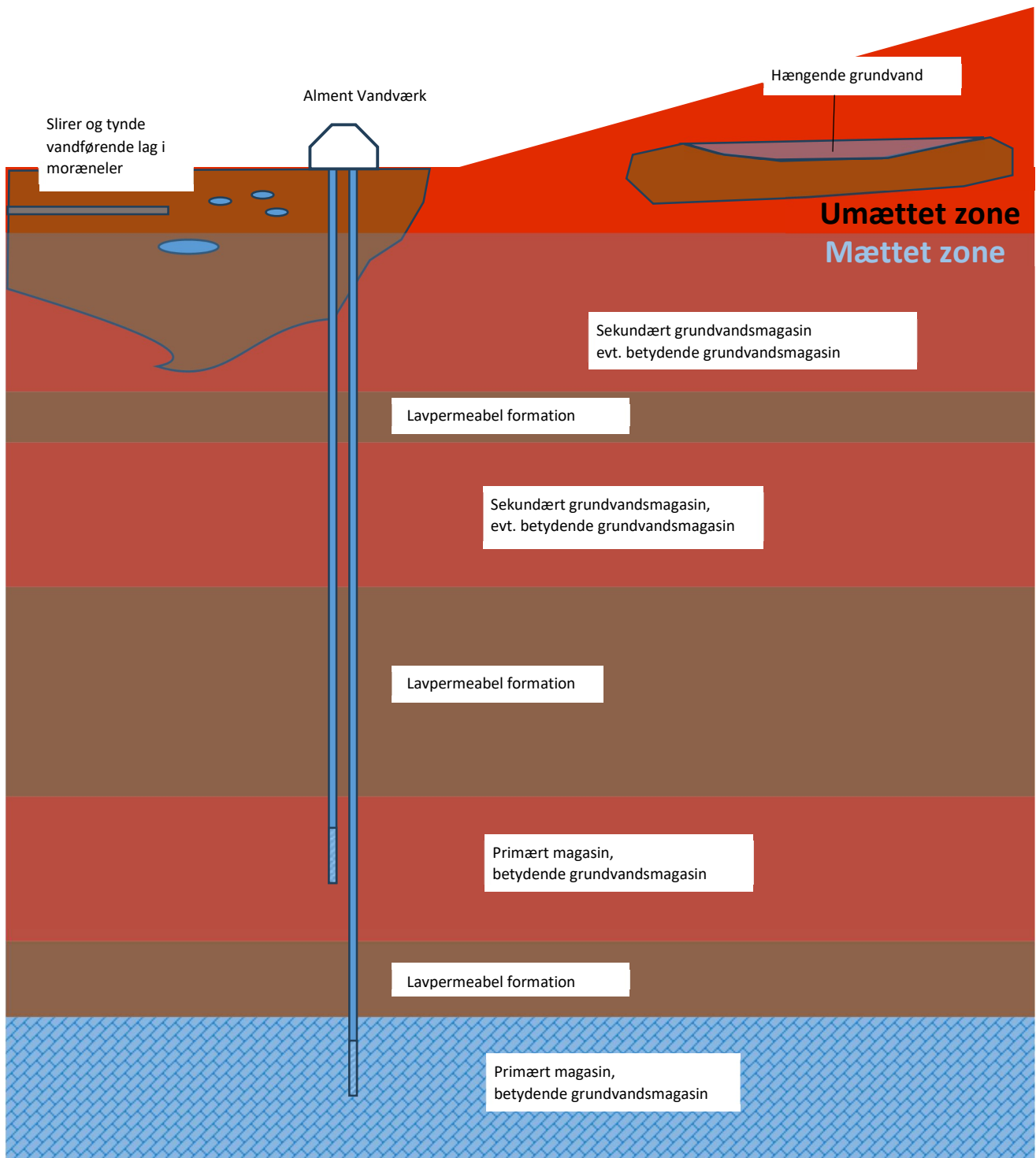
I det følgende beskrives definitionen på det grundvand, regionerne har indsats overfor.

I Jordforureningslovens formålsparagraf § 1, står der under stk. 2: ”... Med loven tilsigtes særligt at 1) beskytte drikkevandsressourcer, ...”. I resten af loven tales om grundvand. Der findes i loven ikke en egentlig definition af begreberne grundvandsressource eller grundvand. Grundvand kan dog defineres som vand under jordoverfladen, der udfylder alle porer og sprækker. I regionernes forståelse vil det sige vand i en mættet zone – dog ikke porevand i den umættede zone i jorden. En ressource er jf. (Den Danske Ordbog) ”en mængde af materialer, midler, råstoffer, fysiske eller psykiske kræfter el.lign., der i et vist omfang er til rådighed, besiddes eller kan udnyttes”. Jf. disse to definitioner må grundvandsressourcen være vand fra grundvandsmagasiner, som i et vist omfang er til rådighed og kan udnyttes til indvinding. Disse grundvandsmagasiner benævnes i notatet fremover som ”betydende grundvandsmagasiner”.

### 2.2.1 Grundvandsmagasiner

I det følgende gives regionernes definitioner af forskellige begreber, som anvendes ved regionernes risikovurdering ift. grundvandsressourcen. Definitionerne eksemplificeres yderligere i Figur 1.

Term	Definition
Grundvand	Grundvand er vand, som under jordoverfladen udfylder alle porer og sprækker, dvs. helt vandfyldte jordlag. Der er tale om vand i en mættet zone – ikke porevand i den umættede zone i jorden.
Grundvandsmagasin	Afgrænset vandførende lag, hvorfra der kan indvindes grundvand. Der er tale om jordlag af f.eks. sand eller grus, eller opsprækkede kalklag eller klipper, der er så gennemtrængelige (permeable) for vand, at det er hydraulisk muligt at indvinde vand. Samtidig er jordlagene af en vis størrelse og mægtighed, der gør det muligt at udnytte dem til vandindvinding.
Primært magasin	Et grundvandsmagasin hvor et alment vandværk (en vandforsyning, som forsyner mere end 9 husstande) indvinder fra, eller som har potentiale (OSD) til, at et alment vandværk kan indvinde fra magasinet. Der kan på et givet sted forekomme flere primære magasiner. Typisk anvendes de dybereliggende magasiner i et område, hvor der også findes mere terrænnære grundvandsmagasiner, da de dybereliggende magasiner oftest er bedre beskyttet.
Sekundært magasin	Et sammenhængende magasin, hvor det hydraulisk er muligt at indvinde vand, men hvor der oftest ikke indvindes vand til almen vandforsyning, eller der ikke er potentiale for et alment vandværk at kunne indvinde fra magasinet. Enkeltindvindere kan benytte disse magasiner. Der kan på et givet sted være flere sekundære magasiner. Dette er typisk terrænnære magasiner med dårlig beskyttelse.
Hængende grundvandsspejl	Små magasiner liggende på et lavpermeabelt jordlag efterfulgt af en dybereliggende, umættet zone.
Andet grundvand	Vand, der findes i sandslirer eller sprækker i moræneler-dæklaget. Tynde vandførende lag. Der er ikke tale om et sammenhængende magasin. Ofte dårligt ydende. Findes ofte terrænnært.
Betydende grundvandsmagasin	Vand fra et primært magasin eller vand fra et grundvandsmagasin, som har potentiale til, at et alment vandværk kan indvinde fra magasinet. Det er her, grundvandskvalitetskriteriet skal overholdes i den offentlige indsats og dermed målet for regionernes risikoberegning/vurdering.



Figur 1 Principtegning over forskellige typer magasiner og mættede zoner med grundvand.

Figur 1 er en principtegning og dermed ikke ensbetydende med, at virkeligheden nødvendigvis ser sådan ud. Der kan være steder, hvor førstkomende magasin er det primære magasin og dermed det betydende grundvandsmagasin.

### 2.2.2 Kvalitetskriterier

Når regionerne udarbejder risikovurderinger i forhold til betydende grundvandsmagasiner, benyttes Miljøstyrelsens vejledende grundvandskvalitetskriterier (Miljøstyrelsen, Kvalitetskriterier, 2021). Hvis disse ikke findes, anvendes drikkevandskvalitetskriterierne (Miljøstyrelsen, Drikkevandskvalitetskriterier, 2023).

I listen over grundvandskvalitetskriterier i relation til forurenede jord står der: *”Grundvandskvalitetskriteriet er udarbejdet for magasiner, som indeholder grundvand, der udnyttes til drikkevandsforsyning, eller som vil kunne anvendes til drikkevandsforsyning. Grundvand er den største drikkevandsressource i Danmark og for at beskytte det, må det tilstræbes, at belastningen bliver så lille som mulig. Udgangspunktet for fastsættelsen af kvalitetskriteriet er, at grundvandet efter en simpel traditionel vandbehandling i form af beluftning og sandfiltrering vil være af en sundhedsmæssig kvalitet, som gør, at det kan anvendes til drikkevand....*

*.... Grundvandskvalitetskriterierne er udarbejdet til brug for fastsættelsen af krav til grundvandet under forurenede grunde (gamle fabriksgrunde, gamle benzinstationer o.l.) ved offentligt finansierede oprydninger og er således ikke kvalitetskriterier, der kan bruges generelt for grundvandet. Kvaliteten af grundvandet skal tilstræbes rene så muligt, og det er ikke hensigten, at forureningsindholdet i grundvandet øges, så grundvandet ”fyldes op” til de fastlagte drikkevandskrav.”*

Ud fra ovenstående ses det, at ikke alt vand i jorden skal overholde kvalitetskriterierne for grundvand. Begrebet ”betydende grundvandsmagasiner” benyttes derfor af regionerne som en definition på det grundvand, som regionernes risikovurderinger har fokus på.

### 2.3 Opsamling på regionernes rammer

Formålet med regionernes risikovurdering er blandt andet at afgøre, om der – i regi af jordforureningsloven – er offentlig indsats overfor en forurening af hensyn til grundvandet. Den offentlige grundvandsrettede indsats er geografisk afgrænset til områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD) og indvindingsoplande til almen vandforsyning (IOL).

En forurening er omfattet af offentlig indsats, hvis den udgør en risiko for grundvandsressourcen. Den offentlige indsats forudsætter, at forurenere ikke kan gøres ansvarlig.

De oprindelige rammer for risikovurdering er beskrevet i Miljøstyrelsens vejledning nr. 6 og 7 fra 1998 om oprydning på forurenede lokaliteter. Vejledningen er udarbejdet med det formål at give grundlaget for en ensartet behandling af forureningsager, men den er – som det anføres i dens indledning – ikke bindende.

Risikovurdering af grundvandsressourcen foretages i forhold til betydende grundvandsmagasiner, der forstås som det primære magasin eller sekundære magasiner, der er eller kan være anvendeligt til almene vandforsyningsformål.

Rammen for risikovurdering er Miljøstyrelsens vejledende grundvandskvalitetskriterier (Miljøstyrelsen, Kvalitetskriterier, 2021). Hvis disse ikke findes, anvendes drikkevandskvalitetskriterierne (Miljøstyrelsen, Drikkevandskvalitetskriterier, 2023).

### 3 Regionernes undersøgelser

Regionerne undersøger lokaliteter med mulige forureninger og kendte forureninger, som er sket inden skæringsdatoen 1. januar 2000. Hertil kommer forureninger, hvor der ikke kan udstedes et påbud til forurenere om undersøgelse eller afværgeforanstaltninger. Tilbage i 1998 blev der ofte undersøgt forureninger med olie, benzin og chlorerede opløsningsmidler, men der i de senere år er kommet fokus på pesticider og PFAS.

Regionernes undersøgelser inddeles i to typer:

- Indledende undersøgelser
- Videregående undersøgelser

#### 3.1 Indledende undersøgelser (V2-undersøgelser)

Hovedformålet med en indledende undersøgelse er at afklare, om der på en muligt forurenede lokalitet kortlagt på vidensniveau 1 (V1) findes betydende forurening, som skal kortlægges på vidensniveau 2 (V2), eller om lokaliteten skal udgå af regionernes kortlægning eller opretholdes på V1 uden offentlig indsats.

Hvis der konstateres en betydende forurening, foretager regionen en indledende risikovurdering ift. regionernes indsatsområder: særlig følsom arealanvendelse, grundvand og overfladevand/natur. Denne risikovurdering afgør, om regionerne skal udføre en videre indsats i form af videregående undersøgelser og eventuel afværge.

Der udtages prøver ved potentielle forureningskilder baseret på historisk viden. Prøverne udtages typisk fra korte borer (5-12 m u.t.), som forsøges filtersat i det førstkommande terrænnære grundvand, der ofte ikke er et egentligt grundvandsmagasin. Udover jord- og vandprøver fra borer udtages der ofte også prøver fra poreluften ved potentielle forureningskilder.

På grund af denne undersøgelsestilgang kan der udarbejdes en troværdig risikovurdering for en eventuel forurenings betydning for mennesker og miljø.

Ved risikovurdering overfor grundvand inddrages:

- konceptuel forståelse af lokaliteten
- styrken- og udbredelsen af forureningen
- forureningens spredningspotentiale
- forureningens mobilitet
- prøvernes repræsentativitet (eksempelvis vandprøver fra dårligt ydende magasiner eller sandslirer)
- lokal geologi og beskyttelsesniveau for de betydende grundvandsmagasiner
- koncentrationsniveauer og i visse tilfælde fluxberegninger.

I årenes løb er de indledende undersøgelser blevet mere omfangsrige i form af flere prøvepunkter og flere analyseparametre. Herudover har 25 års statslig grundvandskortlægning og de mange miljøundersøgelser i forbindelse med vandrammedirektivet øget den fælles viden om Danmarks geologi og hydrogeologi.

#### 3.2 Videregående undersøgelser (Afgrænsende undersøgelser)

Formålet med videregående undersøgelser er at vurdere, om en påvist forurening skal til videre offentlig indsats i form af afværge.

Videregående undersøgelser adskiller sig fra indledende undersøgelse på flere af punkter:

- Der udføres flere prøvetagningspunkter.



- Forureninger afgrænses både horisontalt og vertikalt i tilstrækkeligt omfang.
- Der anvendes andre og mere avancerede teknikker og metoder for at beskrive forureningsbilledet, eksempelvis "direct push" (GeoProbe®, 1987) eller geofysiske metoder som tTEM.
- Der udføres dybere borer for at få større viden om den lokale geologi og hydrogeologi.
- Der opnås en bedre forståelse for forureningens bevægelse indenfor de fysiske- og geologiske rammer.
- Der inddrages data fra andre nærtliggende lokaliteter.
- Der udarbejdes konceptuelle modeller eller egentlige grundvandsmodeller, som giver en samlet forståelse af forureningsspredning, geologi, hydrogeologi samt beliggenhed og størrelse af forureningsmassen.
- Prøvetagning af grundvand gentages for at få sammenhængende tidsserier.

Ovenstående viden benyttes til beregning af forureningsflux, og den samlede viden bruges til fornyede risikovurderinger overfor grundvandsressourcen og de konkrete almene vandforsyninger.

## 2.4 Opsamling på regionernes undersøgelser

Regionerne gennemfører indledende undersøgelser for at afklare, om der på en muligt forurennet lokalitet kortlagt på vidensniveau 1 (V1) findes betydende forurening, som skal kortlægges på vidensniveau 2 (V2), eller om lokaliteten skal udgå af regionernes kortlægning eller opretholdes på V1 uden offentlig indsats.

Regionerne gennemfører videregående undersøgelser for at vurdere, om en påvist forurening skal til videre offentlig indsats i form af afværge.

Der gennemføres risikovurdering ved begge typer af undersøgelser, men i reglen er der ofte et mindre datagrundlag til rådighed, når der udarbejdes risikovurderinger på indledende undersøgelsesniveau, hvilket betyder at risikovurderingen vil være mere konservativ.

Den offentlige indsats med undersøgelser og afværgetiltag på forurenede grunde har gennem tiden udviklet sig væsentligt. En væsentlig årsag til justeringen af praksis har været stigningen i vidensgrundlaget i perioden fra 1998 og frem til i dag:

- Regionernes datagrundlag er bedre som følge af, at undersøgelsesomfang og antallet af kemiske analyser er øget.
- 25 års statslig grundvandskortlægning, vandrammedirektivet og de mange miljøundersøgelser har løbende udvidet vidensgrundlaget for Danmarks geologi, hydrogeologi samt grundvandsmagasinernes sårbarhed og udbredelse.
- Pesticider og PFAS var der ikke fokus på i 1998.

## 4 Konceptuelle forhold

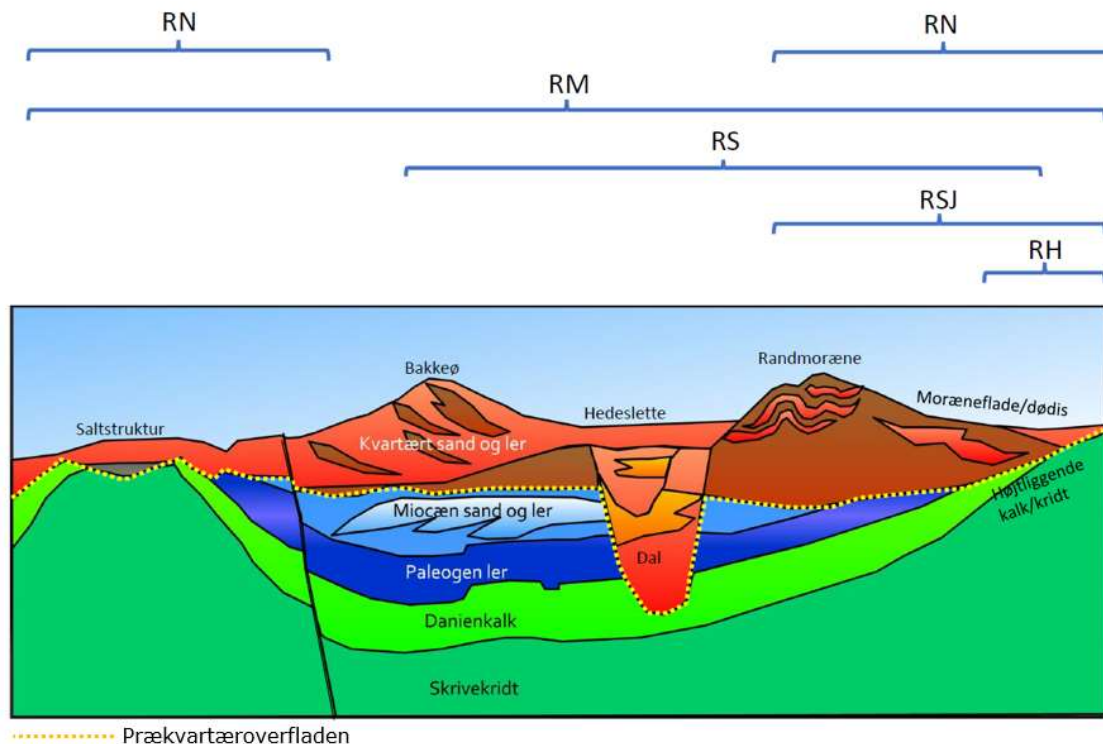
### 4.1 Geologiske og hydrogeologiske forhold

Geologien i Danmark er styrende for, hvor grundvandet findes, og hvor godt magasinerne er beskyttet. Derfor er kendskab til geologien og hydrogeologien en forudsætning for en retvisende risikovurdering.

På landsplan er der store forskelle i sammensætningen og kompleksitet fra region til region, men disse forskelle vil dog også kunne ses på geografiske mindre områder og endda helt ned på lokalitetsniveau. På trods af kompleksiteten og forskelligheder er der også på tværregionalt niveau mange ligheder. Figur 2 er en konceptuel forståelsesmodel af Danmarks geologi på tværs af landet. Den geologiske grænseflade mellem de kvartære lag (istidernes aflejringer) og de ældre lag kaldes for prækvartæroverfladen, og de er vist på figuren som en gul stiplede linje. Som det fremgår af Figur 2, findes der højtliggende kalkaflejringer i alle regioner, men Miocæne aflejringer findes kun i Region Midtjylland og Region Syddanmark.

Grundvandsmagasiner i kalk (Skivekridt og Danienkalk) findes under istidslagene i den østlige del af Sjælland, på Lolland, Falster, Møn, i den østlige del af Fyn ved Nyborg, på det nordlige Langeland og i et strøg fra Djursland over Aalborg til Thy (GEUS, 2024).

Miocæne sand- og grusaflejringer er vigtige grundvandsmagasiner i det sydlige Jylland. Aflejringer hælder generelt mod sydvest og findes på stor dybde ved vestkysten.



Figur 2 Konceptuel beskrivelse og sammenligning af Danmarks geologi på tværs af regionerne samt over og under prækvartæroverfladen. Skalaen i modellen er stor, hvorfor lokal variation ikke er synlig, f.eks. fremstår Østdanmark meget simpel (Sandersen & Jørgensen, 2003).

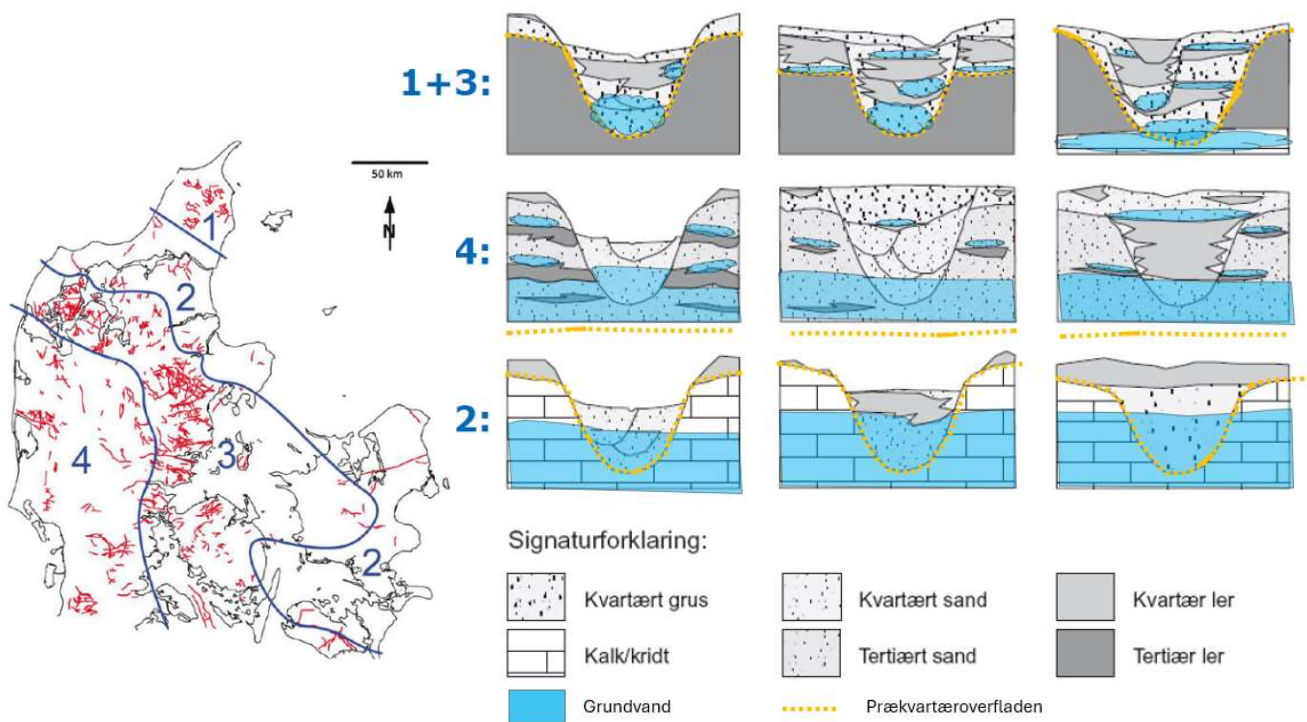
Istiderne, især den seneste, Weichsel-istiden, har haft en stor indflydelse på landskabet. Gentagne fremstød og tilbagesmeltning af gletsjere har deformeret de underliggende aflejringer, dannet randmoræner og smeltevandssletter foran isen. Bakkeøerne i det vestlige Jylland er rester fra tidligere

istider. Under isen er der afsat moræneflader, og smeltevandet har skåret dybe dale, der ses som begravede dale.

I store dele af Danmark indvindes der grundvand fra istidernes lag af sand og grus. I områder, hvor prækvartæret består af fedt tertiært ler, er vandindvindingen begrænset til istidens aflejringer. Her er grundvandmagasiner i de begravede dale vigtige.

De begravede dale blev skabt under istiderne, hvor floder og smeltevand skar sig ned i undergrunden. Da isen senere trak sig tilbage, blev dalene ofte fyldt med sedimenter som sand, grus og ler, hvilket skjuler dem under de overliggende lag.

De begravede dale findes over hele landet, men er særligt udbredte i Nord- og Midtjylland og på Fyn, se Figur 3. De kan være flere hundrede meter dybe og strække sig over store afstande. På trods af at de ikke er synlige på overfladen, har de stor betydning, da de fungerer som grundvandsmagasiner særligt i det syd- og midtjyske og på Fyn.



Figur 3 Konceptuel beskrivelse af begravede dale, formationer og potentielle typer af grundvandsmagasiner på tværs af Danmark (Sandersen & Jørgensen, 2003).

Generelt er der gennem de senere årtier kommet større og større kendskab og forståelse for geologien, grundet et massivt øget, digitaliseret og vidensdelt datagrundlag, f.eks. via diverse online portaler og modelprogrammer. Desuden er metoder og teknikker indenfor den geologiske kortlægning, herunder geofysiske metoder, forbedret og gjort lettere tilgængelig for branchen og anvendes derfor i større og større grad i forbindelse med alle typer af undersøgelser (geotekniske undersøgelser, råstofkortlægning, klimatilpassningsprojekter, forureningsundersøgelser mv.), hvilket yderligere øger vidensgrundlaget og mindsker usikkerhederne.

## 4.2 Indvindingsstruktur

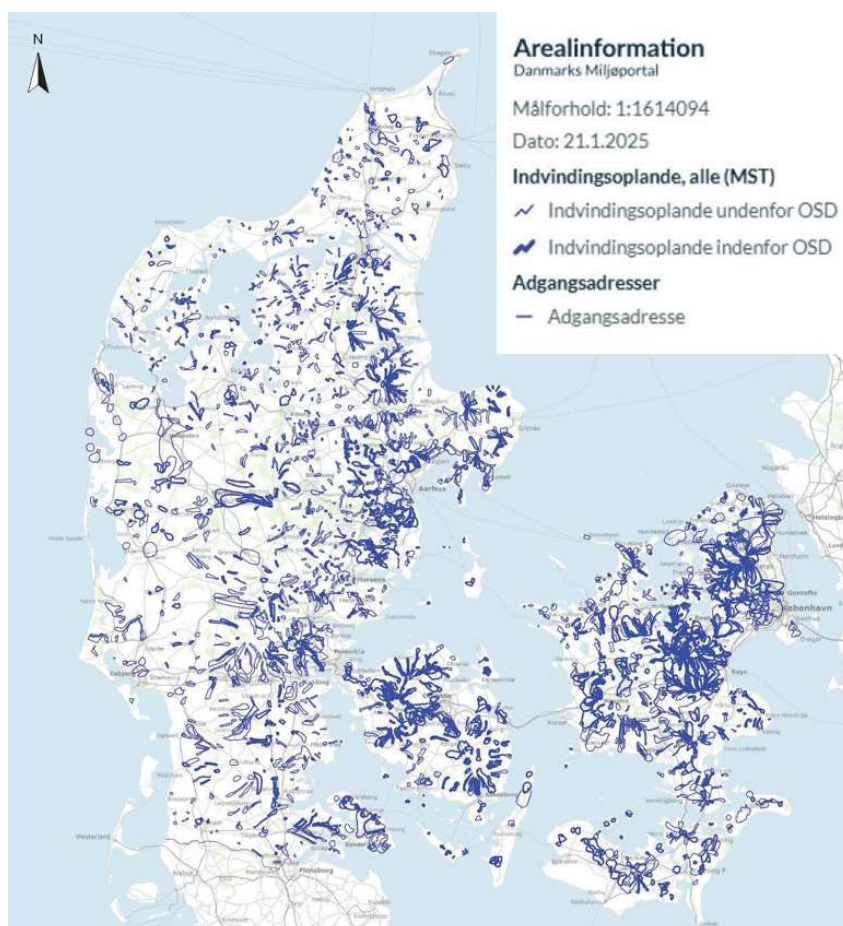
Den danske vandforsyning er bygget omkring en decentral vandforsyningsstruktur. Det betyder, at der typisk produceres vand på en vandforsyning i lokalområdet. Der er omkring 2.600 almene vandværker i Danmark. Derudover er der ca. 40.000 ikke-almene vandforsyningsanlæg (Miljøstyrelsen (Hjemmeside - Drikkevand), 2024).

Det meste af det grundvand, vi pumper op i Danmark og anvender til drikkevand, er mellem fem og 50 år gammelt. Nogle steder indvindes der så dybt, at grundvandet er mere end 2.000 år gammelt (Vandetsvej.dk, 2024). Alderen på grundvandet kan sige noget om alderen af en forurening i en indvindingsboring.

Der er forskel på, hvor meget af grundvandsressourcen der bliver udnyttet i de enkelte regioner, og hvor meget af regionernes arealer der er udlagt som indsatsområder.

### 4.2.1 Indvindingsoplande

Indvindingsoplande er defineret som det område, hvorfra en given indvindingsboring henter sit vand i magasinet. Områderne beregnes og udpeges af Miljøstyrelsen gennem en bekendtgørelse om udpeging af drikkevandsressourcer. Indvindingsoplande kan have forskellige størrelser og former afhængigt af geologien, hydrogeologien, dybde på boring, antal boringer i området og indvindingsvolumen for de enkelte boringer.



Figur 4. Indvindingsoplande til almene vandforsyninger, 7. august 2024. (Danmarks Miljøportal, 2024).

Det fremgår af Figur 4, at indvindingsoplandene ligger tæt i de mest befolkede områder, og at indvindingen foregår decentralt.

Det fremgår også, at der i store dele af Region Nordjylland, de vestlige dele af Region Midtjylland og Region Syddanmark samt den syd-vestligste del af Region Sjælland er store arealer, som ikke indgår i de almene vandforsynings indvindingsoplande. I den nordlige del af Region Hovedstaden findes ligeledes områder, der ikke indgår i indvindingsoplande til almene vandforsyninger, men arealerne er forholdsvis små. Indvindingsoplande dækker store dele af de østjyske arealer i Region Midtjylland og Region Syddanmark.

#### 4.2.2 Områder med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD)

Områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD) er områder udpeget med et ønske om, at reservere en grundvandsressource af god kvalitet og i tilstrækkelig mængde til at sikre den fremtidige drikkevandsforsyning i forhold til befolkningens og erhvervenes forventede udvikling. I det følgende gives et kort overblik over, hvor meget OSD og arealer til indvindingsoplande til almene vandforsyninger fylder i regionerne med udgangspunkt i Miljøstyrelsens rapport af 2022 "Forvaltning af fremtidens drikkevandsressource - Afrapportering af projekt under Drikkevandsfonden" (Miljøstyrelsen, 2022). I rapporten er begrebet "drikkevandsressource" respektive "grundvandsressource" ikke defineret.

Den samlede bæredygtige grundvandsressource er af GEUS opgjort til at udgøre i alt ca. 1,1 mia. m<sup>3</sup>/år på landsplan, heraf ca. 0,5 mia. m<sup>3</sup>/år inden for OSD og indvindingsoplande til almene vandforsyninger uden for OSD. Der er regionale forskelle på, hvor meget af de samlede arealer, der er udpeget til OSD og indvindingsoplande. Af det samlede areal er over 50 % af arealet på Fyn og på Sjælland udpeget til OSD. Det er i samme områder, hvor andelen af indvindingsoplande indenfor OSD er størst. Det er samtidigt der, hvor andelen af indvindingsoplande udgør den største del af arealet.

Andel af regionernes areal i %	OSD	Indvindingsopland til almen vandforsyning indenfor OSD	Indvindingsopland til almen vandforsyning udenfor OSD	OSD + Indvindingsopland til almen vandforsyning udenfor OSD
Region Hovedstaden, inkl. Bornholm	57	31	8	65
Region Sjælland	53	23	5	58
Region Syddanmark- Fyn	60	19	2	62
Region Syddanmark- Jylland	29	8	8	36
Region Nordjylland	21	5	5	26
Region Midtjylland	31	11	6	37
<b>Landsplan</b>	<b>36</b>	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>42</b>

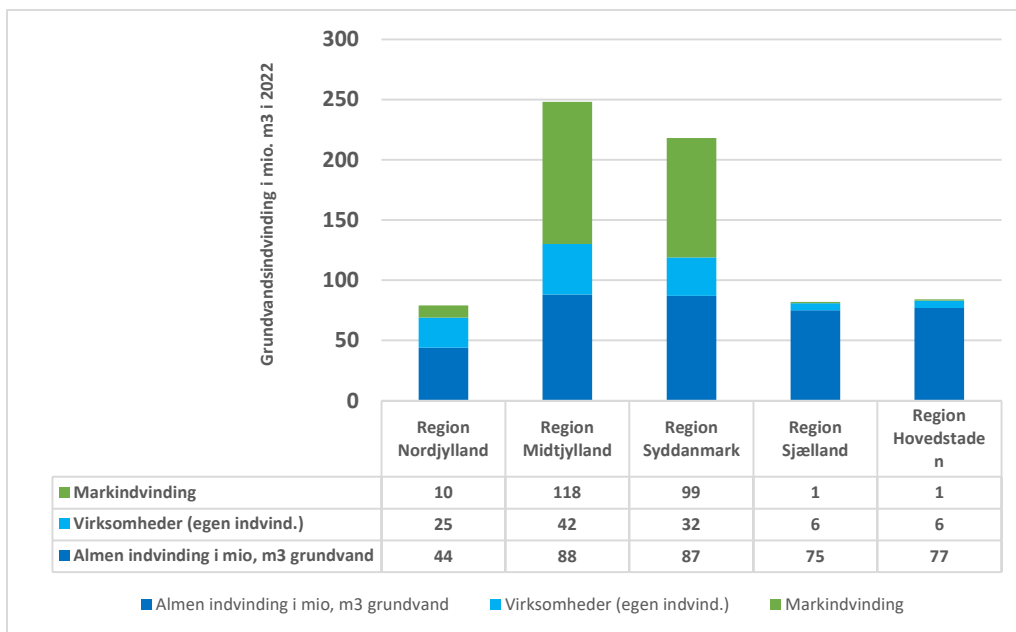
Tabel 1. Udpegede OSD og indvindingsoplande pr. 2022 fordelt på regioner og sammenholdt med regionens arealer. (Miljøstyrelsen, 2022). Alle indvindingsoplande til afværgeanlæg udenfor OSD, som er omfattet af offentlig indsats, er ikke inkluderet.

Samlet udgør offentligt indsatsområde overfor grundvand 42 % af Danmarks areal. På regionsniveau varierer det mellem 26 % og 65 %.

#### 4.2.3 Indvindingsmængder

I 2022 indvandt de almene vandforsyninger i Danmark i alt 371 mio. m<sup>3</sup> grundvand. I Region Nordjylland blev der indvundet 44 mio. m<sup>3</sup> grundvand, mens der i de fire øvrige regioner blev indvundet mellem 75 og 88 mio. m<sup>3</sup>.

Udover almen vandindvinding er der virksomheder med egen indvinding samt markvanding, som også henter grundvand op. Fordelingen af grundvandsindvinding i 2022 er vist i Figur 5.



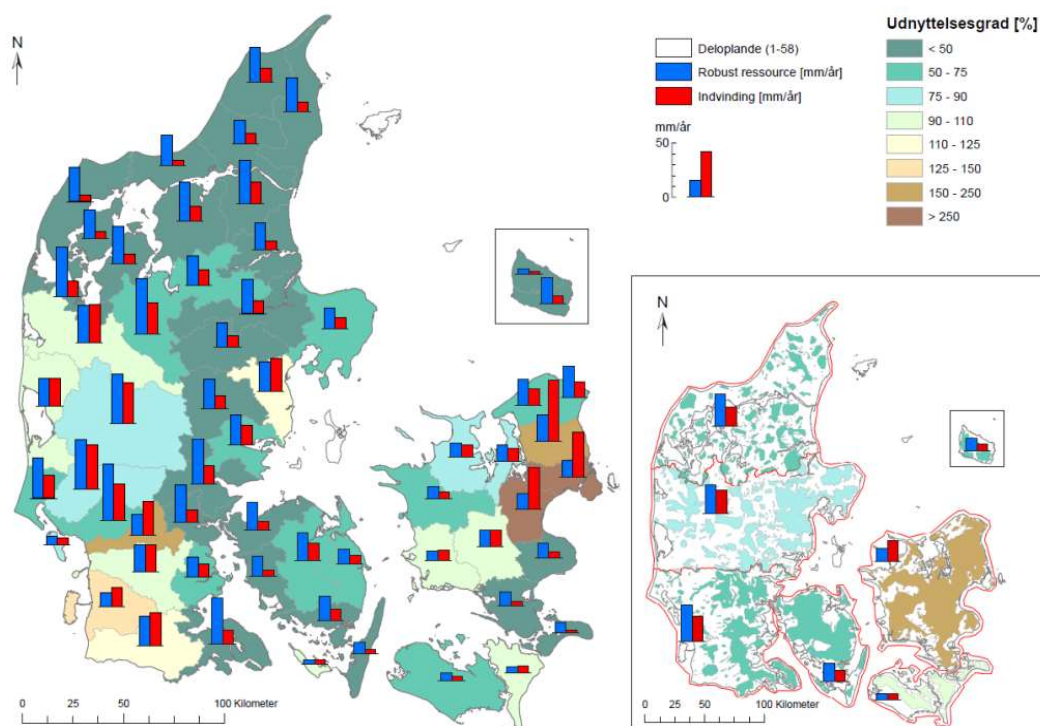
Figur 5. Fordeling af grundvandsindvinding 2022. (Danmarks Miljøportal, 2024).

På Figur 5 ses, at Region Hovedstaden, Region Sjælland og Region Nordjylland hver har en samlet grundvandsindvinding på omkring 80 mio. m<sup>3</sup> grundvand, hvor Region Midtjylland og Region Syddanmark hver har en samlet grundvandsindvinding, der er cirka 3 gange større. I Region Midtjylland og i Region Syddanmark udgør markvanding en betydelig del af indvindingen.

#### 4.2.4 Udnyttelsesgrad af grundvandsressourcen

I rapporten "Forvaltning af fremtidens drikkevandsressource" (Miljøstyrelsen, 2022) er der lavet en opgørelse af grundvandsressorens udnyttelsesgrad af bæredygtig robust ressource på deloplandsniveau. I opgørelsen er alt grundvandsindvinding medtaget og ikke kun den almene indvinding.

Grundvandsforekomsternes robuste udnyttelsesgrad skal ses i sammenhæng med den direkte indvinding og indvindingens påvirkning af vandløb.



Figur 6. Viser opgørelsen af grundvandsressourcens udnyttelsesgrad af bæredygtighed robust ressource på deloplandsniveau, ALT scenariet. (Miljøstyrelsen, 2022).

På kortet til højre ses, at grundvandsressourcen i Jylland og på Fyn ikke er overudnyttet (Midtjylland er 75-90 % udnyttet og Nordjylland, Sydjylland og Fyn er 50-75 % udnyttet), mens indvindingen på Sjælland og Lolland-Falster som helhed er overudnyttet og dermed udfordret. På Sjælland indvindes en større mængde (150-250 %) grundvand, end der er ressource til, og på Lolland-Falster er ressourcen fuldt udnyttet. Der er overudnyttelse i nogle områder med høj befolkningstæthed, og dette billede har ikke ændret sig væsentligt siden 2003 (Miljøstyrelsen, 2022).

### 4.3 Forureningstryk

Målet med afsnittet er med en simpel tilgang at belyse, om alle fem regioner har samme forureningsudfordringer. Dette er gjort ved at illustrere den geografiske fordeling af forureningstrykket for de tre mest dominerende stofgrupper fundet i grundvandssystemet.

De tre stoffergrupper er: chlorerede opløsningsmidler, pesticider og PFAS.

#### 4.3.1 Data

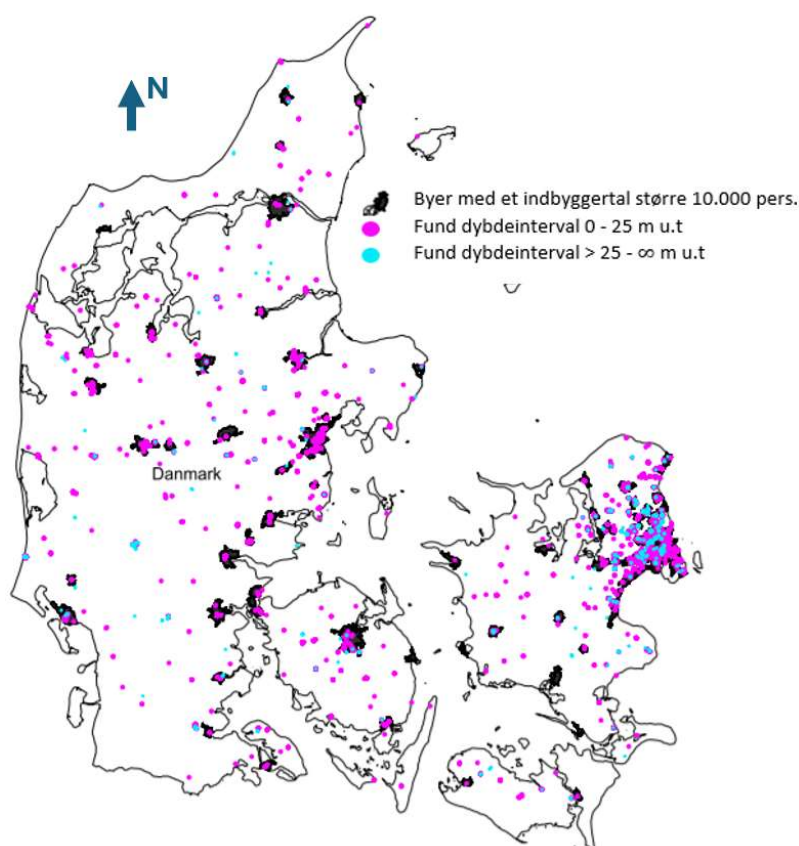
Datagrundlaget består af et udtræk fra GEUS' National boringsdatabase (Jupiter database) for vandkemi. Det betyder, at data repræsenterer mange forskellige oprindelige formål, og data er derfor indsamlet med forskelligt fokus. Således vil data repræsentere værdier fra indtag, der kommer fra forsyningsboringer, regionernes miljøboringer (primært efter 2014), statens grundvandskortlægning og grundvandsovervågningen for at nævne de største datakilder. Det skal bemærkes, at resultater fra miljøboringer inkluderer **alle** typer af udtaget prøver, hvor en given vandfase er analyseret for forureningskomponenter, eksempelvis porevandsprøver og prøver fra vandfyldte sandslirer. Derfor repræsenterer ikke alle analyseresultater fund af forureningskomponenter i egentlige grundvandsmagasiner. Der er her ikke lavet en egentlig dataanalyse, hvorfor det er valgt ikke at skelne mellem datakilder. Det skal bemærkes, at kortene nedenfor er forsøgt gjort

overskuelige ved alene at vise datakategorien "Aktuelt over kvalitetskriteriet". Data er desuden opdelt i to dybdeintervaller: 1) fund indenfor en dybde på 0-25 meter, og 2) fund dybere end 25 meter.

#### 4.3.2 Chlorerede opløsningsmidler

De chlorerede opløsningsmidler hører ind under gruppen "Halogenerede alifatiske kulbrinter" i Jupiter databasen. Stofgruppen dækker over de stoffer, der indeholder halogener som chlor eller brom, mens forbindelser med halogenet fluor typisk indgår i stofgruppen PFAS. De vigtigste halogenerede alifatiske kulbrinter i forhold til grundvandsforurening indeholder chlor og omtales her som chlorerede opløsningsmidler.

Stofferne er primært anvendt som opløsnings- og affedtningmidler fra 1940. Forbruget var størst i 1960'erne og 1970'erne, hvorefter forbruget i Danmark faldt betydeligt (AVJ, 2001). De hyppigst fundne er chlorerede ethener (tetrachlorethylen, trichlorethylen, dichlorethylener, vinylchlorid) og chloroform (trichlormethan). Opløsningsmidlerne forekommer typisk ved fyld- og lossepladser, forurenede grunde ved renserier og industrier med maskiner, der kræver affedtning samt ved virksomheder med laboratorieaktivitet. Derfor er spild og håndtering ved anvendelsen forureningstrusler fra punktkilder.



Figur 7 Den geografiske fordeling af fund af chlorerede opløsningsmidler vist med kategorien "Aktuelt over kvalitetskriteriet" (>1 µg/l). Kilde GEUS National boringsdatabase (Jupiter), 2024.

De hyppigste fund af chlorerede opløsningsmidler i begge dybdeintervaller er koncentreret i de større byer og omkringliggende industriområder, hvilket er i god overensstemmelse med, at de chlorerede opløsningsmidler starter deres spredningsvej fra en punktkilde til grundvandet. Udenfor større byer ses i mindre grad fund, hvilket vurderes at repræsentere industrier i mindre bysamfund. Forureningstrykket forekommer i alle fem regioner, dog mest udtalt i hovedstadsområdet, hvilket gør, at Region Hovedstaden til stadighed har indsatsen mod chlorerede opløsningsmidler som sin største opgave. I de øvrige fire regioner er denne

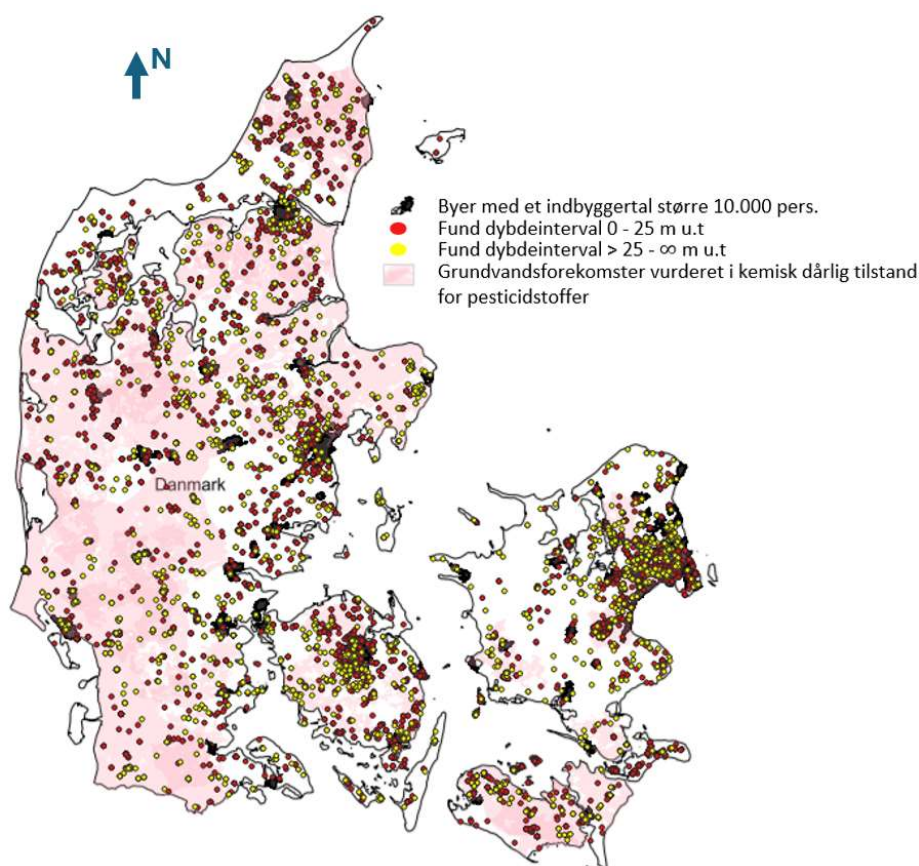


indsats derimod stagnerende, eftersom der er færre lokaliteter og disse overordnet set er håndteret. Således er udfordringen med håndteringen af de chlorerede opløsningsmidler dominerende i Region Hovedstaden og lav til moderat i de øvrige regioner.

Ses alene på fund i vandforsyningsboringerne (GEUS, 2024) er der registreret en fundprocent på ca. 8 % og en overskridelse af kvalitetskriterierne på ca. 1,6 %. Forekomsten af de individuelle stoffer og antal overskridelser ligger overordnet set på samme niveau som i de forrige opgørelser fra 2013-2017 og 2015-2019.

### 4.3.3 Pesticider

Pesticider og deres nedbrydningsprodukter kan forekomme i grundvand som følge af erhvervmæssig eller privat anvendelse af pesticider i skov- og jordbrug, parker, haver, sportsanlæg og på befæstede arealer (GEUS, 2024). Det vil sige, at spredningen til miljøet er sket med en regelret udbringning af stofferne. Ifølge grundvandsdirektivet dækker pesticidbegrebet også bejdsemidler i såsæd og stoffer med biocidanvendelse for eksempel desinfektionsmidler, konserveringsmidler og biocider i maling- og træbeskyttelse. Fra 1950'erne og frem har håndteringen af stofferne givet anledning til spild på jorden og i grundvand. Derfor har der i regionerne længe været en målrettet grundvandsindsats mod relevante punktkilder. Brugen og håndteringen af pesticider har derfor dels presset grundvandssystemet i forbindelse med den erhvervmæssige anvendelse på arealer (navnlig i forbindelse med landbrugsdrift) og dels fra en lang række punktkilder.



Figur 8 Den geografiske fordeling af fund af pesticid enkeltstoffer ("Pesticider, nedbrydningsprodukter og beslægtede stoffer") vist med kategorien "Aktuelt over kvalitetskriteriet" (>0,1 µg/l). Kilde GEUS National boringsdatabase (Jupiter, 2024) samt (Vandmiljø, 2024).

Generelt er der fundet pesticider overalt i grundvandssystemerne selv i dybereliggende grundvandsforekomster, hvilket vurderes at være et resultat af den mangeårige intensive opdyrkning af vores arealer.

Næsten to tredjedele (61%) af Danmarks areal er landbrug og gartneri (Statistik, 2024), hvor sprøjtemidler har været afgørende for produktionen. Alle fem regioner er derfor udfordret med pesticidforureninger, og indsatsen mod de mange punktkildeforureninger er i fokus. Fladekildebidraget fra landbrugsdriften gennem tiden er ligeledes betragtelig. Miljøstyrelsen vurderer, at 10-15 % af grundvandet i gennemsnit er påvirket af pesticider i en grad, så kvalitetskriterierne for pesticider er overskredet.

Region	Vægtet gennemsnitlig andel
Region Hovedstaden	10 %
Region Midtjylland	12 %
Region Nordjylland	14 %
Region Sjælland	12 %
Region Syddanmark	10 %

Tabel 2. Den gennemsnitlige andel af grundvandsressourcen, hvor grundvandskvalitetskriterierne for pesticider er overskredet. (Miljøstyrelsen, 2022).

Indenfor de seneste 5-10 år har regionerne tilvejebragt en forståelse af, hvilke stoffer der er på vej ned mod grundvandsmagasiner og omfanget af dette. Denne afdækning er ikke slut, navnlig fordi det er svært at sige konkret, hvilke pesticider der vil kunne give udfordringer i fremtiden. Enkelte pesticidstoffer bevæger sig med grundvandet som en puls, fra det tidspunkt de bliver anvendt og grundvandet dannet. Andre bevæger sig langsommere på grund af sorption. Nogle pesticidstoffer nedbrydes og forsvinder, mens andre frigives fra moderstoffer over årtier og på den måde giver en langsom og langvarig påvirkning.

Pesticider findes i hele grundvandssystemet og i vandforsyninger i hele landet og stammer fra både punkt- og fladekilder. Gamle pesticidpunktkilder har i de senere år udgjort en stor del af undersøgelserne i 4 ud af 5 regioner.

Det er regionernes vurdering, at der i den samlede forståelse af forureningstrykket skal inddrages eventuelle markbidrag (fladekilder), særligt når det kommer til beslutning om afværgeindsatser. Udfordringen er imidlertid, at der i mange tilfælde mangler konkret viden om markbidrag, og at denne opgave og vidensindsamling ikke er adresseret i den danske målrettede grundvandsbeskyttelse.

#### 4.3.4 PFAS

Per- og polyfluorerede-alkylstoffer (PFAS) er en stofgruppe, der indeholder tusindvis af stoffer. De perfluorede forbindelser indeholder en alkylkæde, hvor alle brintatomer er substitueret med fluoratomer, mens brintatomer i alkylkæden i de polyfluorerede forbindelser kun er delvist substituerede med fluoratomet.

PFAS er produceret i udlandet siden 1949. Brugen af PFAS i Danmark slog for alvor igennem i perioden 1966-1990, og forbruget steg i årene frem til 2000, hvorefter en regulering af anvendelsen betød, at forbruget blev reduceret (VMR, 2022).

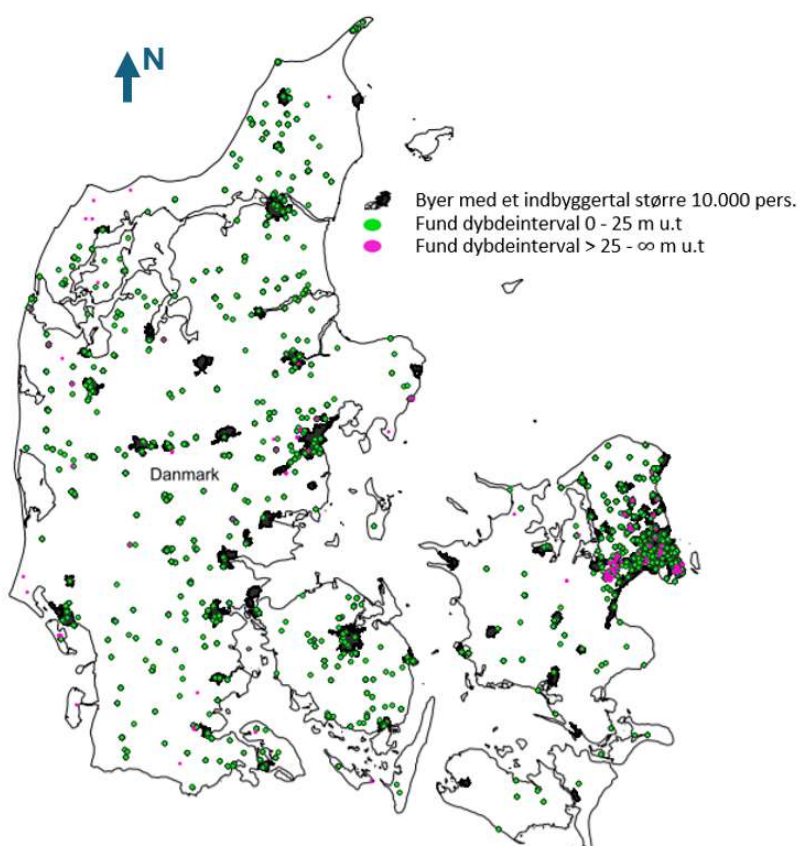
Aktualiteten for PFAS blev tydelig i 2015, hvor de første 12 PFAS-stoffer kom til at indgå i drikkevandsbekendtgørelsen og i Miljøstyrelsens liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord. Der er i dag et kvalitetskriterie for sum af 22 PFAS-stoffer (hvor de 12 PFAS-stoffer er inkluderet), samt et kvalitetskriterie for sum af 4 PFAS-stoffer (indgår i de 12/22 stoffer), som siden juni 2021 og maj 2023 også indgår i Miljøstyrelsens liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord og i drikkevandsbekendtgørelsen. Kvalitetskriteriet for sum 4 PFAS (0,002 µg/l) er 50 gange lavere end kvalitetskriteriet for sum 12/22 PFAS-stoffer (0,1 µg/l) (Miljøstyrelsen, Kvalitetskriterier, 2021). I 2022 blev en del vandværksboringer analyseret for disse 22 PFAS-stoffer.

Modsat chlorerede opløsningsmidler og pesticider har PFAS langt flere spredningsveje til miljøet, hvilket gør indsatsen mere kompleks og omfattende. Stofferne er kendt for at være meget persistente og nedbrydes langsomt i miljøet, hvilket gør dem til en betydelig miljø- og sundhedsmæssig bekymring.

De overordnede spredningsveje for PFAS er:

- 1) Industriel anvendelse, hvor stofferne frigives til miljøet under produktion.
- 2) Anvendelse/håndtering af PFAS, hvor PFAS kan sive ud i jorden og grundvandet fra punktkilder som for eksempel lossepladser og industri.
- 3) Atmosfærisk transport, hvor der sker en spredning gennem luften og påvirkningen med nedbøren.
- 4) Direkte spildevandsudledninger til overfladevand.
- 5) Udlægning af slam fra rensningsanlæg på eksempelvis landbrugsjorde.
- 6) Akkumulering i fødekæden, da PFAS ophobes i dyr og mennesker, især dem der er højere oppe i fødekæden, hvilket kan føre til yderligere spredning gennem fødevarer.

Der kan være forureningsbidrag fra mange forskellige kilder udover fra den konkrete lokalitet. Det kan derfor være vanskeligt at skelne mellem, hvilket bidrag der kommer fra punktkilder på en lokalitet, og hvilke bidrag der kommer fra diffuse kilder.



Figur 9 Den geografiske fordeling af fund af sum 4 PFAS i indtag vist med kategorien "Aktuelt over kvalitetskriteriet" ( $>0,002 \mu\text{g/l}$ ). Kilde GEUS National boringsdatabase (Jupiter, 2024).

Vandanalyser for PFAS er forholdsvis nyt, og ifølge GEUS er der kun undersøgt få indtag dybere end 30 m, hvilket skyldes, at der er fokus på at afklare PFAS-forekomst i det relative unge grundvand ved punktkilder.

Der kan i øvrigt forekomme andre PFAS-stoffer end dem, der analyseres for og findes kvalitetskriterier for. Mange PFAS-stoffer, heriblandt precursors, findes der pt. ikke analysemetoder for.

Som det fremgår af kortet, er fundene spredt ud geografisk, dog med mange fund omkring byerne (som det også ses for de chlorerede opløsningsmidler). I GEUS's statusrapport fra Den Nationale Grundvandsovervågning, GRUMO 1989-2023 (GEUS, 2024) fremgår det, at både fundandele og andelen af indtag med koncentrationer over kvalitetskriteriet i vandforsyningsboringerne ser ud til at være faldende med dybden. Det fremgår også, at de PFAS-stoffer, som udgør hovedandelen af fundene og overskridelserne ikke forventes nedbrudt, når de først har nået grundvandet. Det observerede dybdemønster kunne derfor meget vel indikere, at PFAS-koncentrationer over kvalitetskriteriet kan blive et mere udbredt problem i de kommende år (GEUS, 2024). Alle regioner er eller bliver udfordret med PFAS-forureninger i fremtiden. I hvor høj grad PFAS-punktkilderne får betydning i forhold til de øvrige spredningskilder er på nuværende ikke muligt at forudsige.

#### 4.4 Opsamling på konceptuelle forhold

Indenfor de enkelte regioner er der forskel i indvindingsstruktur, forureningstryk, geologi og hydrogeologi.

Det største indvindingstryk fra almene vandforsyninger sker nær de større byer. Grundvandets udnyttelsesgrad er forskelligt på tværs af landet. Der er overudnyttelse i nogle områder med høj befolkningstæthed, og dette billede har ikke ændret sig væsentligt siden 2003.

Offentligt indsatsområde overfor grundvand udgør mellem 26 % og 65 % af regionernes areal.

Forureningstrykket varierer indenfor de enkelte regioner:

- Chlorerede opløsningsmidler findes hovedsageligt i og omkring de større byer og udgør en risiko for vandforsyningerne. Regionerne (og daværende amter) har haft fokus på chlorerede opløsningsmidler siden 1990'erne. I dag er indsatsen dog stagnerende i 4 af de 5 regioner.
- Pesticider findes i hele grundvandssystemet og i vandforsyninger i hele landet og stammer fra både punkt- og fladekilder. Gamle pesticidpunktkilder har i de senere år udgjort en stor del af undersøgelserne i 4 af de 5 regioner.
- PFAS er indtil videre fundet udbredt i terrænnært grundvand og i enkelte vandforsyninger over kvalitetskriterierne. PFAS er en stofgruppe med mindre vidensgrundlag i forhold andre stofgrupper.

## 5 Risikovurdering

Ved risikovurdering af grundvandstruende forureninger kan tilgangen være mere eller mindre konservativ. Det er en meget konservativ tilgang at benytte en beregnet eller målt forureningskoncentration under en forureningspunktkilde eller i et kontrolpunkt i en forureningsfane, som sidestilles med et helt grundvandsmagasin eller grundvandsressourcens tilstand. Årsagen til dette er, at forureningsfaner almindeligvis volumenmæssigt vil være en meget lille del af et betydende magasin i kraft af, at de ofte er meget smalle. Tilgangen er derfor ikke repræsentativ for grundvandsmagasinets punktkilderelaterede miljøtilstand. En alternativ tilgang er at regne med stofflux (stoffbidrag over tid) kontra den omtalte koncentrationstilgang.

En anden problemstilling en stoffluxbaseret risikovurderingstilgang kan adressere, er påvirkningen af et betydende grundvandsmagasin fra flere forureningskilder. Det vil sige, en mere områdebaseret tilgang i forhold optimering af miljøeffekten af den offentlige indsats. Disse aspekter vil blive belyst i det følgende, som handler om risikovurdering i henhold til Vejledning nr. 6 og 7 fra 1998 og regionernes nuværende tilgang.

### 5.1 Risikovurdering i henhold til vejledning nr. 6 og 7 fra 1998

Miljøstyrelsens oprydningvejledning (Miljøstyrelsen, 1998) beskriver daværende best practice ift. fremgangsmåde, hvorpå undersøgelser og oprensninger normalt udføres, herunder også risikovurdering.

Vejledningen er skrevet som en teknisk vejledning med anvisning på, hvordan en forurennet lokalitet **kan** håndteres. Vejledningens anvisninger er ikke bindende, men giver grundlag for en mere ensartet behandling af forureningsager. Vejledningen er i dag over 25 år gammel og er skrevet på et tidspunkt, hvor virkeligheden var en anden sammenlignet med i dag. Eksempelvis var fladebelastning fra pesticider eller PFAS-problematikken ikke i fokus.

Vejledningen beskriver, at risikovurderingen skal sikre, at indvindingsboringer kan placeres hvor som helst i grundvandsressourcen og samtidig overholde grundvandskvalitetskriterierne. Som udgangspunkt skal der tages afsæt i forsigtighedsprincippet, og derfor skal der vælges konservative data og værdier i forbindelse med risikovurderingen. Dog nævnes det, at jo flere data der er til rådighed, desto mindre konservativt kan beregninger udføres. Endvidere pointeres det, at en risikovurdering overfor en punktkilde ikke må gøres mere lempelig ved at inddrage grundvandsmagasinets generelle fysisk/kemiske tilstand. Det betyder, at der ikke accepteres yderligere forureningsbidrag fra en forureningslokalitet til grundvandsressourcen, selvom grundvandsmagasinet allerede er forurennet og evt. ubrugeligt som indvindingsressource grundet andre forureningskilder, eksempelvis fladekilder. Ligeledes skal hver kilde og dens bidrag vurderes hver for sig. Den samlede forureningspåvirkning af grundvandsressourcen er derfor ikke en del af den samlede vurdering.

Forureningsrisiko overfor grundvandet (førstkommende betydende grundvandsmagasin) er defineret ved, at en enten beregnet eller målt koncentration lige under punktkilden eller nedstrøms forureningskilden ikke overskrider grundvandskvalitetskriteriet. Denne definition tager dermed ikke højde for, hvad der i praksis vil kunne findes i en indvindingsboring, hvad og hvilke mængder der rent faktisk indvindes, eller at indvindingen trækker vand til fra andre steder i magasinet end fra selve forureningsfanen.

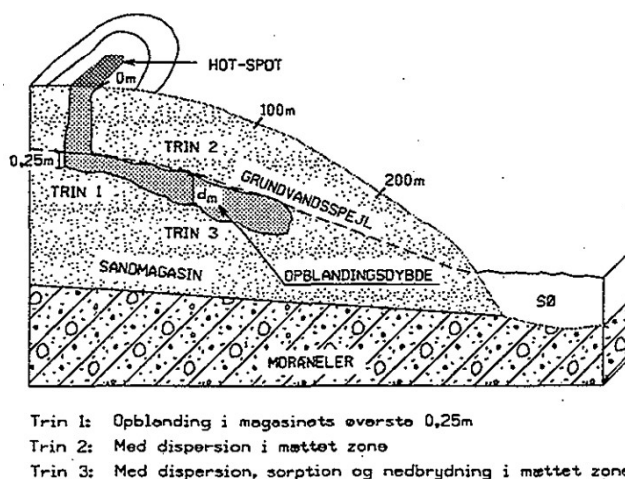
Vejledningen bygger på en trinvis risikovurdering alt efter vidensgrundlaget. Der lægges således op til balance mellem datamængden, som danner grundlag for risikovurderingen, og hvor avanceret eller konservativ beregningsmodellen er. Under alle omstændigheder bygger vejledningen på et meget konservativt forsigtighedsprincip. Eksempelvis anvendes der altid højeste målte/beregnete koncentration frem for repræsentative middelkoncentrationer. Ligeledes anvendes der heller ingen form for naturlig nedbrydning i den umættede zone ved risikovurderingen, hvilket taler ind i den konservative tilgang. Risikovurderingsværktøjet JAGG (Miljøstyrelsen JAGG, 2016) er bygget på principperne i vejledningen.

De **3 trin** i den trinvis risikovurdering er:

**Trin 1:** Mest konservativ og kildenær opblandingsmodel – der arbejdes med koncentration umiddelbart under hotspot. Der tages ikke højde for sorption, dispersion og nedbrydning, og opblanding beregnes som opblanding i magasinets øverste 0,25 m. Forureningskoncentrationen kan evt. også måles i det magasin, der skal risikovurderes overfor, men skal således udtages fra eller korrigeres til et 0,25 m langt filter.

**Trin 2:** Næst mest konservativ og kildefjern opblandingsmodel – der regnes med en vis opblanding og transport i magasinet ved et års afstrømning fra kilden eller maksimal 100 m nedstrøms. Forureningsopblandingsdybden bestemmes som en funktion af grundvandets transporttid og den nedadrettede dispersionskoefficient. Der tages ikke højde for sorption og nedbrydning. Som med Trin 1 er der tale om en vurdering af forureningskoncentrationen i den øverste 0,25 m af grundvandsmagasinet.

**Trin 3:** Den mindst konservative og kildefjern opblandingsmodel – den tager udgangspunkt i Trin 2, hvor der tilføjes sorption/desorption og nedbrydning. I tilfælde af, at kvalitetskriterierne kan overholdes som et resultat af eksempelvis nedbrydning, skal der efterfølgende udføres monitoring.



Figur 10 Konceptuel illustration af oprydningsvejledningens trinvis risikovurderingstilgang (Miljøstyrelsen, 1998).

Vejledningens konservative tilgang til risikovurdering, der fokuserer på et højt beskyttelsesniveau af grundvandsressourcerne i forhold til forurening fra individuelle lokaliteter, er udfordret. Specielt når det gælder håndteringen af stoffer som pesticider og deres nedbrydningsprodukter samt PFAS-forbindelser. Disse stofgrupper kan stamme fra flere større eller mindre punktkilder indenfor et geografisk område, fladebelastninger og evt. diffuse forureningsbidrag. Da de desuden har meget lave kvalitetskriterier, kan ophavet være svært at udpege og skille fra hinanden. Det gør, at disse forureninger i dag udgør en af de største udfordringer for grundvandet. En lokalitetsspecifik afværge overfor en risiko kan derfor være værdiløs, hvis den primære årsag til en udfordret grundvandsressource stammer fra en kombination af mange mindre (evt. ikke lokaliseret) punktkilder, fladebelastning og diffust forureningsbidrag.

Den oprindelige konservative tilgang til risikovurderingen relaterede sig desuden til et spinkelt videns-, data- og erfaringsgrundlag. Regionernes vidensgrundlag er i dag markant øget, og desuden er analyseprogrammer og antallet af analyser samt antallet af prøvetagningspunkter ved undersøgelserne væsentligt anderledes og større end før i tiden.

Disse ændringer af præmissen har medført, at regionerne og branchen generelt, i større eller mindre grad, har bevæget sig væk fra afsættet i vejledningen fra 1998.

## 5.2 Regionernes tilgang til risikovurdering

Regionernes tilgang til risikovurdering er primært datastyret på lokalitetsniveau, men også på områdeniveau, f.eks. data fra grundvandskortlægningen. Herudover inddrages det store erfaringsgrundlag, som regionerne har akkumuleret gennem årtiers forureningsundersøgelsesaktiviteter og det deraf medfølgende datagrundlag.

### 5.2.1 Fluxbaseret tilgang til risikovurdering

I vejledningen fra 1998 er risikovurdering baseret på målt eller beregnet koncentration i grundvandet. Dette benævnes den koncentrationsbaserede tilgang.

I dag er risikovurderinger i høj grad baseret på forureningsflux med opblanding i indvindingsmængde i fiktiv eller aktuel indvinding. Dette benævnes fluxbaseret tilgang.

Den koncentrationsbaserede tilgang tager udgangspunkt i, at størstedelen af grundvandsressourcen er uforurennet, og at det derfor er muligt at sikre ressourcen ved at fjerne alle punktkildebidrag. Erfaringerne viser dog, at grundvandsressourcerne sjældent er helt "rene" som følge af belastning fra flade/diffuse kilder.

Herudover er det i branchen en udbredt erkendelse, at en koncentrationsmæssig kraftig punktkilde med et lille omfang og udstrækning kan være mindre problematisk, end en svag til middel koncentrationsmæssig punktkilde med et stort omfang og udstrækning. Det er dermed ikke nødvendigvis kildestyrke (koncentration), men forureningsmasse, der er det afgørende for risikobilledet. Denne problemstilling kan en forureningsfluxbaseret tilgang håndtere.

Forureningsflux beregnes grundlæggende på to måder:

1. Vertikal tilgangen beskriver stoftransport fra kilde til betydende grundvand  
*Kildekoncentration ( $C_0$ ) X forureningsflade ( $A$ ) X infiltration ( $I$ )*
2. Horisontal tilgangen beskriver stoftransport i forureningsfanen  
*Koncentration i grundvandsfane ( $C$ ) X tværsnitsareal af grundvandsfane ( $A$ ) X grundvandshastighed ( $u$ )*

Vertikal tilgangen anvendes til risikovurderinger, hvor vidensgrundlaget er begrænset, eller hvor der endnu ikke er gennembrud til det betydende grundvandsmagasin. Horisontal tilgangen anvendes til risikovurderinger, hvor viden om grundvandsfanen er fastlagt via analyser og hydrogeologiske undersøgelser. Begge metoder giver mulighed for opblanding i fiktive eller aktuelle indvindingsmængder.

Ved en forureningsfluxbaseret tilgang udføres som udgangspunkt også koncentrationsberegninger. Ved indledende undersøgelser vil der ved eventuelle beregninger med f.eks. GrundRisk beregnes en koncentration 100 m nedstrøms kilden. Ses der ingen overskridelser af grundvandskvalitetskriteriet ved denne konservative tilgang, og alle forureningskilder er tilstrækkeligt undersøgt, vurderes det, at den konstaterede forurening ikke udgør en risiko for ressourcen.

Praksis viser, at beregninger med den koncentrationsbaseret tilgang meget ofte fører til en beregningsteknisk risiko, som med baggrund i de mere end 25 års erfaring på området har vist sig sjældent at være rigtig. Derfor kan der laves beregninger af potentielle forureningsfluxe, som derefter kan "blandes op" med enten fiktive eller aktuelle indvindingsmængder. Med fluxtilgangen kan der kompenseres for, at indvindingen ikke udelukkende indvinder fra forureningsfanen. Samtidig åbner det op for muligheden for at summere bidrag fra flere kilder, og dermed at vurdere den samlede belastning af en ressource. Beregningerne ender i

forureningskoncentrationer i de pågældende indvindinger, som her repræsenterer grundvandsressourcen, som kan holdes op mod kriterierne.

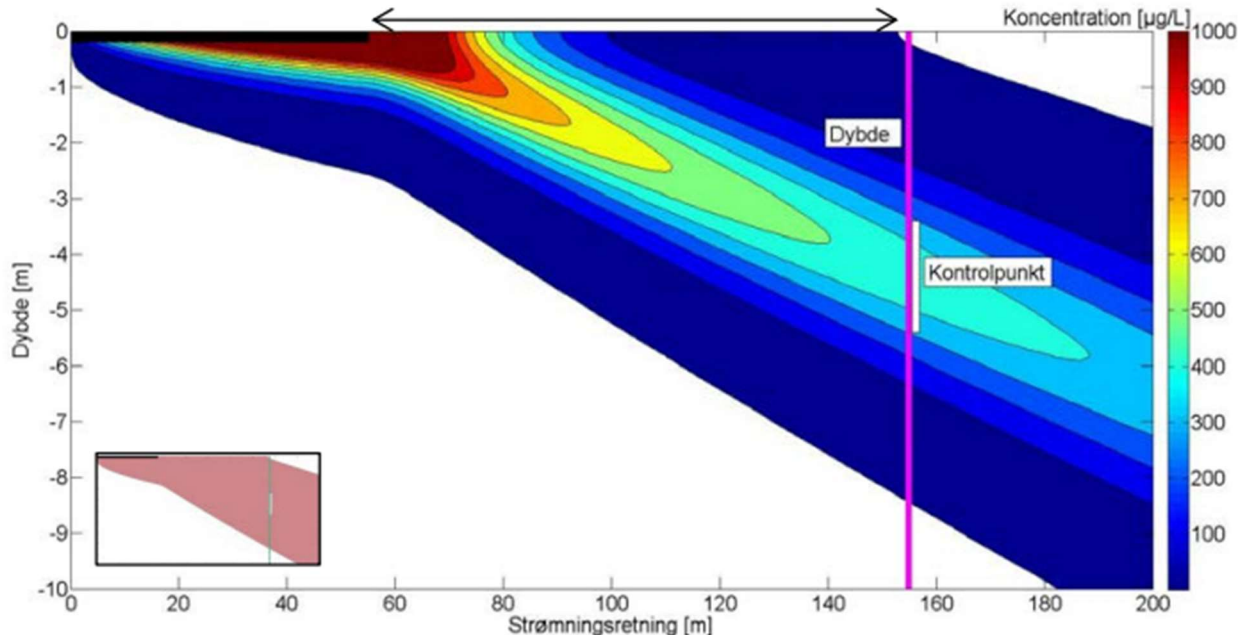
### 5.2.2 GrundRisk

GrundRisk er et risikovurderingsværktøj, som er udviklet af Miljøstyrelsen og tænkt som afløser for JAGG grundvandsmodul (Miljøstyrelsen (Hjemmeside - JAGG), 2024). Målet med værktøjet er at forbedre risikoprincipper for forureninger, som potentielt udgør en risiko for grundvandsressourcer i OSD eller indvindingsoplande (Rosenberg, Lemming, Binning, Aabling, & Bjerg, 2016). GrundRisk kan håndtere både koncentrationsbaserede og fluxbaserede tilgange.

Regionerne har i 2022 overtaget GrundRisk fra Miljøstyrelsen. Ved risikovurdering ift. grundvandsressourcen af forureninger anvender regionerne GrundRisk som et støtteværktøj. Det vil sige, at værktøjet indgår som en del i en samlet risikovurdering.

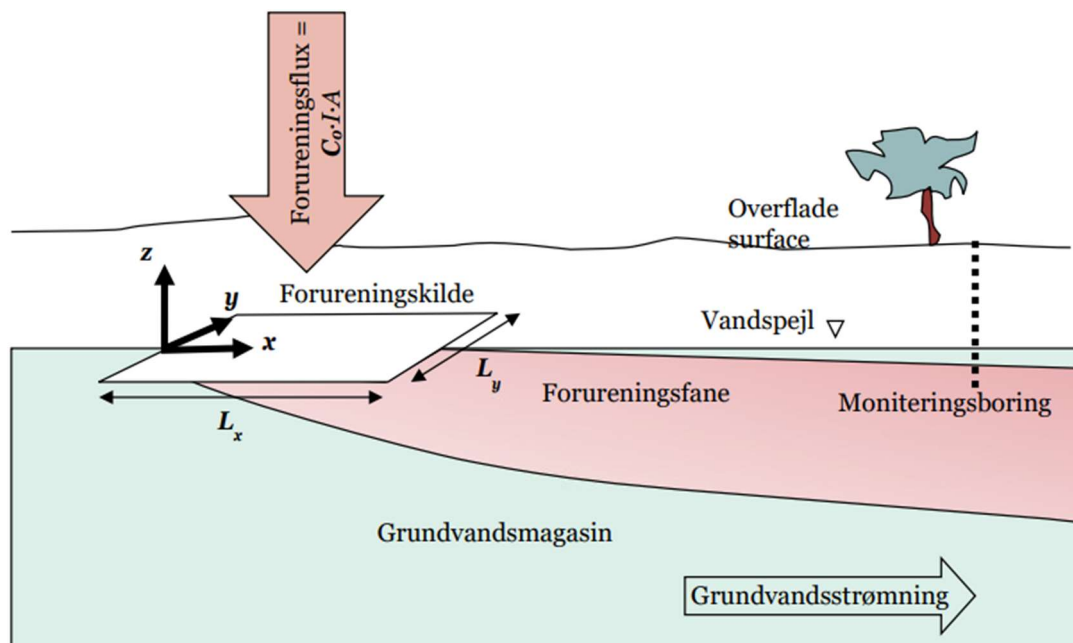
Grundlæggende anvender GrundRisk 3D-transportmodeller, der regner med en uendelig kilde (kildekoncentration ændrer sig ikke over tiden). Koncentrationer i kontrolpunktet beregnes, når "steady state" har indfundet sig (stationær model).

GrundRisk regner både koncentrationer over et 2 m filter, som er placeret igennem tyngdepunktet af fanen 100 m nedstrøms fra udkanten af forureningsfladen (Figur 11), og en forureningsflux der som standard opblandes i en fiktiv indvinding på 10.000 m<sup>3</sup>/år (Figur 12). Forureningsfluxen er lig infiltration (I) X startkoncentration (C<sub>0</sub>) X forureningsflade (A) minus evt. nedbrydning. Foruden standardberegningerne kan man vælge et kontrolpunkt med selvvalgt afstand og/eller en fiktiv eller aktuel indvinding med en selvdefineret indvindingsmængde.



Figur 11 Illustrationstegning af kontrolpunkt over 2 m filter igennem fanens tyngdepunkt. (Miljøstyrelsen, 2016).





Figur 12 Konceptuel skitse af forureningsflux i GrundRisk (Miljøstyrelsen, 2016).

De væsentligste forskelle mellem Vejledningen fra 1998, som bruges i JAGG, og GrundRisk er:

1. GrundRisk kobler direkte de vertikale modeller til den horisontale model.
2. Dispersion i den horisontale model er 2D i JAGG mod 3D i GrundRisk.
3. Kontrolpunktet i Vejledningen (JAGG) er 1 års afstrømning eller 100 m nedstrøms i de øverste 0,25 m af magasinet mod et 2 m filter i en dykkende fane 100 m nedstrøms i GrundRisk.
4. GrundRisk opererer konservativt med en uendelig kilde. Fluxen er derfor den samme under punktkilden såvel som ude i fanen (100 m) nedstrøms, hvorimod JAGG beskriver kildestyrken, som en flux (kg stof/år), der varierer over sted og tid.
5. Vejledningen opererer ikke med opblanding i indvindingsmængder, det gør GrundRisk.

### 5.2.3 Stofspecifik tilgang til risikovurdering

Risikovurderinger er stofspecifikke både i forhold til fysiske/kemiske stofegenskaber, brancher/aktiviteter og erfaringsgrundlaget.

Pesticidpunktkilder kan på et tidligt stadie i undersøgelsesfasen vurderes med fluxtilgang, da der er tale om:

- lokaliserbare punktkilder baseret på historik
- erfaringsmæssigt relativ lav forureningsmasse og kildestyrke
- forureninger med opløst stof i et relativt begrænset koncentrationsinterval og uden fri fase.

Chlorerede opløsningsmidler har ofte en høj forureningsmasse og kildestyrke kombineret med en mere uforudsigelig rumlig fordeling i både jord, vand, poreluft og som fri fase. Derfor benyttes fluxbetragtninger først senere i undersøgelsesfasen, hvor der er større data- og vidensgrundlag.

Erfaringerne med PFAS er på nuværende tidspunkt mangelfuld, og derfor benyttes fluxbetragtninger først senere i undersøgelsesfasen, hvor der er større data- og vidensgrundlag.

Ved mangelfulde oplysninger om punktkilder benyttes samme tilgang – uanset stof.

Uanset hvilke stoffer der er tale om, er forureningsflux et bærende element i regionernes risikovurderinger. Forureningsflux skal indgå i en samlet konceptuel forståelse, hvor blandt meget andet også beliggenheden og størrelserne af forureningsmasserne indgår.

### 5.3 Opsamling på risikovurdering

Regionerne gennemfører en samlet risikovurdering, som tager udgangspunkt i lokalitetens historik, stofferne fysiske og kemiske egenskaber, forureningens masse og kildestyrke samt lokalitetsspecifik geologi og hydrogeologi. Et led i den samlede risikovurdering er risikoberegninger.

Det er regionernes anbefaling, at risikoberegning for den offentlige indsats i forhold til grundvandsressourcen kan gennemføres på baggrund af koncentrations- og/eller masse- og fluxbestemmelser.

Ved koncentrationstilgangen sammenholdes grundvandskvalitetskriteriet med en beregnet eller målt koncentration i et betydende magasin, der repræsenterer grundvandsressourcen til nuværende eller fremtidig almene drikkevandsformål.

Ved fluxtilgangen tages udgangspunkt i en forureningsflux (g/år) opblandet i en fremtidig indvinding ( $m^3/\text{år}$ ) i et betydende magasin og den aktuelle indvinding. Den opblandede koncentration sammenholdes med grundvandskvalitetskriteriet. Den fremtidige indvinding kan i mange tilfælde fastsættes til  $10.000 m^3/\text{år}$  (Miljøstyrelsen, 2016), men kan være mindre eller større afhængig af indvindingsstruktur og forureningstryk. Der regnes ikke med eventuelle belastninger fra fladeanvendelser af stoffet eller andre diffuse kilder. Opblandingsberegninger kan eventuelt udføres for flere forureninger, når en faglig vurdering sandsynliggør, at flere punktkilder ville kunne bidrage til samme fremtidige indvinding.

Pesticidpunktkilder kan på et tidligt stadie i undersøgelsesfasen vurderes med fluxtilgang.

Chlorede opløsningsmidler har en stor variation i koncentrationer og rumlig fordeling, hvorfor fluxbetragtninger først benyttes senere i undersøgelsesforløbet.

Erfaringerne med PFAS er på nuværende tidspunkt mangelfuld, og derfor benyttes fluxbetragtninger først senere i undersøgelsesforløbet.

Generelt benyttes koncentrationstilgangen ved mangelfulde oplysninger om punktkilder – uanset stof.

Uanset hvilke stoffer der er tale om, er forureningsflux et bærende element i regionernes risikovurderinger. Forureningsflux skal indgå i en samlet konceptuel forståelse, hvor blandt meget andet også beliggenheden og størrelserne af forureningsmasserne indgår.

## 6 Sammenfatning og konklusion

Formålet med regionernes risikovurdering er blandt andet at afgøre, om der – i regi af jordforureningsloven – er offentlig indsats mod en forurening af hensyn til grundvandet. Den offentlige grundvandsrettede indsats er geografisk afgrænset til områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD) og indvindingsoplande til almen vandforsyning. En forurening er omfattet af offentlig indsats, hvis den udgør en risiko for grundvandsressourcen. Den offentlige indsats forudsætter, at forureneren ikke kan gøres ansvarlig, og risikovurdering i påbudssager er ikke omfattet af dette notat.

### 6.1 Rammer for risikovurdering og ny viden

De oprindelige rammer for risikovurdering er beskrevet i Miljøstyrelsens vejledning nr. 6 og 7 fra 1998 om oprydning på forurenede lokaliteter. Vejledningen er udarbejdet med det formål at give grundlaget for en ensartet behandling af forureningsager, men den er ikke bindende.

Regionerne har en fælles tilgang til principperne for risikovurdering. Forhold som indvindingsstruktur, forureningstryk, geologi og hydrogeologi kan medføre forskellige tilgange til den konkrete risikovurdering på lokalitetsbasis.

Det største indvindingstryk fra almene vandforsyninger sker nær de større byer. Grundvandets udnyttelsesgrad er forskelligt på tværs af landet. Der er overudnyttelse i nogle områder med høj befolkningstæthed og dette billede har ikke ændret sig væsentligt siden 2003.

Offentligt indsatsområde overfor grundvand udgør mellem 26 % og 65 % af regionernes areal.

Forureningstrykket varierer indenfor de enkelte regioner:

- Chlorerede opløsningsmidler findes hovedsageligt i og omkring de større byer og udgør en risiko for vandforsyningerne. Indsatsen mod chlorerede opløsningsmidler er stagnerende i 4 af de 5 regioner.
- Pesticider findes i hele grundvandssystemet og i vandforsyninger i hele landet og stammer fra både punkt- og fladekilder. Gamle pesticidpunktkilder har i de senere år udgjort en stor del af undersøgelserne i 4 af de 5 regioner.
- PFAS er indtil videre fundet udbredt i terrænnært grundvand og i enkelte vandforsyninger over kvalitetskriterierne. PFAS er en stofgruppe med mindre vidensgrundlag i forhold til andre stofgrupper.

Den offentlige indsats med undersøgelser og afværgetiltag på forurenede grunde har gennem tiden udviklet sig markant. En væsentlig årsag til den justering af praksis for risikovurdering, der har fundet sted i regionerne, har været stigningen i vidensgrundlaget i perioden fra 1998 og frem til i dag:

- Regionernes datagrundlag er bedre i form af, at undersøgelsesomfang og kemiske analyser er øget.
- 25 års statslig grundvandskortlægning, vandrammedirektivet og de mange miljøundersøgelser har løbende udvidet vidensgrundlaget for Danmarks geologi, hydrogeologi samt grundvandsmagasinernes sårbarhed og udbredelse.
- Pesticider og PFAS var der ikke fokus på i 1998.

Herudover er det i regionerne og branchen en udbredt erkendelse, at massen og fluxen af en forurening er de mest retvisende parametre til vurdering af, hvilken risiko en forurening udgør, dvs. hvilken indflydelse en forurening kan have på grundvandet og derigennem på menneskers sundhed. Koncentrationsoverskridelser i enkeltprøver er efter regionernes vurdering i mindre grad en retvisende parameter.

## 6.2 Regionernes risikovurdering

Risikovurderingen i forhold til grundvandsressourcen foretages i forhold til betydende magasiner, der forstås som det primære magasin eller sekundære magasiner, der er eller kan være anvendeligt til almene vandforsyningsformål. Betydende magasiner vil i indvindingsopland udenfor OSD almindeligvis være lig med det eller de magasiner, hvor det almene vandværk indvinder fra (primært magasin). Der findes ofte flere magasiner, som der – hydraulisk set – kan indvindes fra. Her vil regionen, med baggrund i statens grundvandskortlægning og kommunale indsats- og vandforsyningsplaner, foretage en konkret vurdering af, hvilke magasiner der er betydende grundvandsmagasiner, og som risikovurderingen skal rettes mod.

Regionerne gennemfører en samlet risikovurdering, som tager udgangspunkt i lokalitetens historik, stoffer-nes fysiske og kemiske egenskaber, forureningens masse og kildestyrke samt lokalitetsspecifik geologi og hydrogeologi. Et led i den samlede risikovurdering er risikoberegninger.

Ved koncentrationstilgangen sammenholdes grundvandskvalitetskriteriet med en beregnet eller målt koncentration i et betydende grundvandsmagasin, der repræsenterer grundvandsressourcen til nuværende eller fremtidig almene drikkevandsformål.

Ved fluxtilgangen tages udgangspunkt i en forureningsflux (g/år) opblandet i en fremtidig indvinding ( $m^3/år$ ) i et betydende grundvandsmagasin og den aktuelle indvinding. Den opblandede koncentration sammenholdes med grundvandskvalitetskriteriet. Den fremtidige indvinding kan i mange tilfælde fastsættes til 10.000  $m^3/år$ , men kan være mindre eller større afhængig af indvindingsstruktur og forureningstryk. Der regnes ikke med eventuelle belastninger fra fladeanvendelser af stoffet eller andre diffuse kilder. Opblandingsberegninger kan eventuelt udføres for flere forureninger, når en faglig vurdering sandsynliggør, at flere punktkilder vil kunne bidrage til samme fremtidige indvinding.

Pesticidpunktkilder kan på et tidligt stadie i undersøgelsesfasen vurderes med fluxtilgang, da der er tale om:

- Lokaliserbare punktkilder baseret på historik.
- Erfaringsmæssigt relativ lav forureningsmasse og kildestyrke.
- Forureninger med opløst stof i et relativt begrænset koncentrationsinterval og uden fri fase.

Chlorede opløsningsmidler har ofte en høj forureningsmasse og kildestyrke kombineret med en mere uforudsigelig rumlig fordeling i både jord, vand, poreluft og som fri fase. Derfor benyttes fluxbetragtninger først senere i undersøgelsesfasen, hvor der er større data- og vidensgrundlag.

Erfaringerne med PFAS er på nuværende tidspunkt mangelfuld, og derfor benyttes fluxbetragtninger først senere i undersøgelsesfasen, hvor der er større data- og vidensgrundlag. Ved mangelfulde oplysninger om beliggenheden af punktkilder benyttes samme tilgang – uanset stof.

Uanset hvilke stoffer der er tale om, er forureningsflux et bærende element i regionernes risikovurderinger. Forureningsflux skal indgå i en samlet konceptuel forståelse, hvor blandt meget andet også beliggenheden og størrelserne af forureningsmasserne indgår.

## 6.3 Regionernes anbefaling

Regionernes anbefaling er, at

- risikoberegning for den offentlige indsats i forhold til grundvandsressourcen kan gennemføres på baggrund af koncentrations- og/eller masse- og fluxbestemmelser.
- Miljøstyrelsens vejledning "Oprydning på forurenede lokaliteter nr. 6 og 7, 1998" opdateres, så den er tidssvarende i forhold til risikovurdering overfor grundvand.

## 7 Referencer

- AVJ. (2001). *Håndbog om undersøgelser af chlorerede stoffer i jord og grundvand. Teknik & Administration nr. 5*. Amternes Videncenter for Jordforurening.
- Danmarks Miljøportal. (2024). *Arealinformation*. Hentet fra <https://danmarksarealinformation.miljoportal.dk/>
- Den Danske Ordbog*. (u.d.). Hentet fra Den Danske Ordbog: <https://ordnet.dk/>
- GeoProbe®. (1987). Hentet fra GeoProbe®: <https://geoprobe.com/>
- GEUS. (2024). *GRUMO*. Hentet fra Grundvandets tilstand og udvikling 1989-2023: <https://www.geus.dk/om-geus/nyheder/nyhedsarkiv/2024/dec/grundvandets-tilstand-og-udvikling-1989-2023>
- Jordforureningsloven. (27. 03 2017). *Bekendtgørelse af lov om forurenede jord, LBK nr 282 af 27/03/2017*. Danmark: Staten.
- Miljøministeriet. (17. 12 2013). Bekendtgørelse om fastlæggelse af indsatsområder for den offentlige indsats over for forurenede jord. *BEK nr 1552 af 17/12/2013 (gældende)*. Staten.
- Miljøstyrelsen (Hjemmeside - Drikkevand). (2024). *Drikkevand*. Hentet fra Drikkevand: <https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/drikkevand-og-grundvand/drikkevand>
- Miljøstyrelsen (Hjemmeside - JAGG). (2024). *Værktøjer til vurdering af jord*. Hentet fra Værktøjer til vurdering af jord: <https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/jord/forurenede-grunde/vaerktoejer-til-vurdering-af-jord>
- Miljøstyrelsen. (1998). *Vejledning - Oprydning på Forurenede lokaliteter nr. 6 & 7*. Miljøstyrelsen.
- Miljøstyrelsen. (2016). *GrundRisk - Beregningsmodel til risikovurdering af grundvandstruende forureninger*. Miljø- og Fødevarerministeriet.
- Miljøstyrelsen. (07 2021). *Kvalitetskriterier. Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord*. Miljøministeriet.
- Miljøstyrelsen. (2022). *Forvaltning af fremtidens drikkevandsressource*. Miljøstyrelsen.
- Miljøstyrelsen. (april 2023). *Drikkevandskvalitetskriterier. Liste over drikkevandskvalitetskriterier*. Miljø- og Fødevarerministeriet. Hentet fra Mst.dk: <https://mst.dk/media/dqsdvvvr/liste-over-drikkevandskvalitetskriterier-april-2023-final.pdf>
- Miljøstyrelsen JAGG. (september 2016). *Manual for program til risikovurdering – JAGG 2.1. Manual for program til risikovurdering – JAGG 2.1 Miljøprojekt nr.: 1880*. Miljøstyrelsen.
- Rosenberg, L., Lemming, G. S., Binning, P. J., Aabling, J., & Bjerg, P. L. (2016). GrundRisk Beregningsmodel til risikovurdering af grundvandstruende forureninger, Miljøprojekt 1865. Miljøstyrelsen.
- Sandersen, P. B., & Jørgensen, F. (2003). Buried Quaternary valleys in western Denmark—occurrence and inferred implications for groundwater resources and vulnerability. *Journal of Applied Geophysics*.

- Statistik, D. (2024). *Landbrug, Gartneri og skovbrug - Det dyrkede areal*. Hentet fra Danmarks Statistik:  
<https://www.dst.dk/da/Statistik/emner/erhvervsliv/landbrug-gartneri-og-skovbrug/det-dyrkede-areal>
- Troldborg, L. (01 2020). *Afgrænsning af de danske grundvandsforekomster - Ny afgrænsning og delkarakterisering samt fagligt grundlag for udpegning af drikkevandsforekomster*. DANMARKS OG GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE.
- Vandetsvej.dk*. (2024). Hentet fra <https://vandetsvej.dk/faglig-viden/grundvand/grundviden/grundvandets-alder>
- Vandmiljø, S. f. (2024). *MiljøGIS for offentliggørelse af vandområdeplaner 2021-2027*. Hentet fra Vandområdeplanerne 2021-2027:  
<https://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=vandrammedirektiv3-2022>
- VMR. (2022). PFAS- håndbog. *Håndbog om undersøgelse og afværge af forurening med PFAS-forbindelser*. Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer. Hentet fra  
[https://backend.miljoeogressourcer.dk/media/lix/5319/PFAS-h\\_\\_ndbogen\\_29092022b.pdf](https://backend.miljoeogressourcer.dk/media/lix/5319/PFAS-h__ndbogen_29092022b.pdf)