Grundvand - Risikovurdering

- Formål
- Indledende forventningsafstemning og planlægning
- Overordnede elementer i risikovurdering
  - Betydende grundvandsmagasin
  - Tilgange til risikovurdering
  - Kontrolpunkt / point of compliance
  - Forureningsflux
  - Opblandingsprincipper
- Sammenfatning af risikovurdering
- Case - eksempel på risikovurdering ifm. en videregående grundvandsundersøgelse

Formål

Formålet med dette afsnit er nærmere at beskrive regionens forventninger til, hvordan der udarbejdes risikovurderinger i forhold til grundvandstruende forurening på regionens undersøgelser.

Risikovurderingen skal adressere regionens offentlige indsats på grundvandsområdet:

- Områder med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD) og indvindingsopland
- Indvindingsopland
- Områder med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD)

Inden for de pågældende områder skal risikovurderingen foretages i forhold til et betydende grundvandsmagasin og/eller et konkret magasin hvorfra der indvindes.

Såfremt der også er bolig/følsom arealanvendelse, overfladevand eller natur, skal der også vurderes i forhold til disse. Se regionens forventninger hertil i In deluft - Risikovurdering & Kontaktrisiko - Risikovurdering.

Indledende forventningsafstemning og planlægning

Når en undersøgelse igangsættes, forventer Regionen, at rådgiver forud for opstart har gennemgået eksisterende viden og foretaget en indledende vurdering af forventet undersøgelsesomfang samt centrale risici og usikkerheder.

Grundlaget for vurderingen omfatter som minimum:

- Geologi og hydrogeologi (herunder relevante data fra tidligere undersøgelser, JUPITER, GERDA samt evt. statens grundvandskortlægning)
- Identificering af Betydende grundvandsmagasiner - relevante grundvandsmagasiner og indvindingsinteresse
- Historisk viden, branchekendskab og generel erfaring
- Forventede forureningskomponenter
- Forureningskilder og hotspots
- Viden om bygningskonstruktioner og installationer (tidligere og nuværende)
- Spredningsveje og spredningspotentiale
- Evt. tidligere undersøgelsesdata (datakvalitet, dækningsgrad og væsentlige datamangler)

Informationer og eksisterende viden skal danne en nuanceret forståelse af lokalitetens risikobillede. Vurderingen gennemføres som en skrivebordsøvelse og sammenfattes i en *Foreløbig Risikovurdering (Preliminary Risk Assessment)*, der som minimum beskriver:

- konceptuel lokalitetsmodel, [HENVISNING TIL METODEBESKRIVELSE]
- forventet risiko til afklaring inkl. begrundelse,
- væsentlige usikkerheder, samt
- anbefaling til undersøgelsesstrategi og omfang.

Der henvises i øvrigt til hovedsiden Risikovurdering og særligt til afsnit [Generelle overvejelser ifm. risikovurdering]

Overordnede elementer i risikovurdering

I det følgende gennemgås de overordnede emner, som skal indgå i den endelige risikovurdering ifm. afrapporteringen.

Betydende grundvandsmagasin

I grundvandsundersøgelser skal det vurderes, hvilke grundvandsmagasiner der findes i området, og hvilke der kan defineres som betydende magasiner *(se boks med definition af betydende magasin)*. Der skal risikovurderes overfor alle betydende magasiner. Ud over betydende magasiner findes der oftest vandforekomster, som ikke vurderes som betydende ift. indvinding *(se boks med eksempler på andre vandforekomster)*. Der er ikke krav om at grundvandskvalitetskriteriet skal overholdes i vandprøver udtaget fra disse. Vandprøver udtaget i omtalte vandforekomster, bør dog bidrage til den samlede risikovurdering overfor det betydende grundvandsmagasin.

Det forventes, at der i den endelige rapport fremgår tydeligt, i hvilke magasiner/vandforekomster vandprøver er udtaget i.
Strømningsretningen vurderes og sammenholdes med den observerede forureningsspredning. Herunder forventes en vurdering af om eventuel forureningsfane har strømningsretning ind eller ud af OSD-område eller indvindingsopland.

 # Definition af et betydende magasin

Grundvand fra et primært magasin eller grundvand fra et grundvandsmagasin, som har potentiale til, at et alment vandværk kan indvinde fra magasinet.

Eksempler på andre vandforekomster i jordmatricen, som ikke anses for at være betydende:

- *Vandfyldte sandslirer eller fra sprækker i moræneler-(dæklag),*
- *Tynde vandførende lag, hvor der ikke er ikke tale om et sammenhængende grundvandsmagasin.*
- *Hængende grundvandsspejl og små magasiner liggende på et lavpermeabelt jordlag efterfulgt af en dybereliggende, umættet zone.*

Tilgange til risikovurdering

Overordnet kan der på grundvandsområdet anlægges to tilgange til risikovurdering, hvor der enten tages udgangspunkt i en beregnet eller målt koncentration i et interessepunkt, eller ved brug af beregning af forureningsflux opblandet i en indvindingsmængde.

Det vil være vidensgrundlaget der afgør, om det er muligt at benytte sig af den ene eller den anden tilgang. Ofte vil koncentrationstilgangen (beregnet) primært anvendes ved undersøgelser på indledende undersøgelsesniveau og fluxtilgangen på videregående undersøgelser. I den enkelte undersøgelse, vurderer rådgiver og regionens sagsbehandler hvad der er bedst egnet. Det skal fremgå af den endelige risikovurdering, hvorfor den valgte tilgang er benyttet.

 # Definition af risikovurderingstilgange

Koncentrations tilgangen

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

Forureningsflux tilgangen

Ved fluxtilgangen tages udgangspunkt i en forureningsflux (g/år) opblandet i en indvindingsmængde (m3/år) i et betydende grundvandsmagasin. Den opblandede koncentration sammenholdes med grundvandskvalitetskriteriet.

Kontrolpunkt / point of compliance

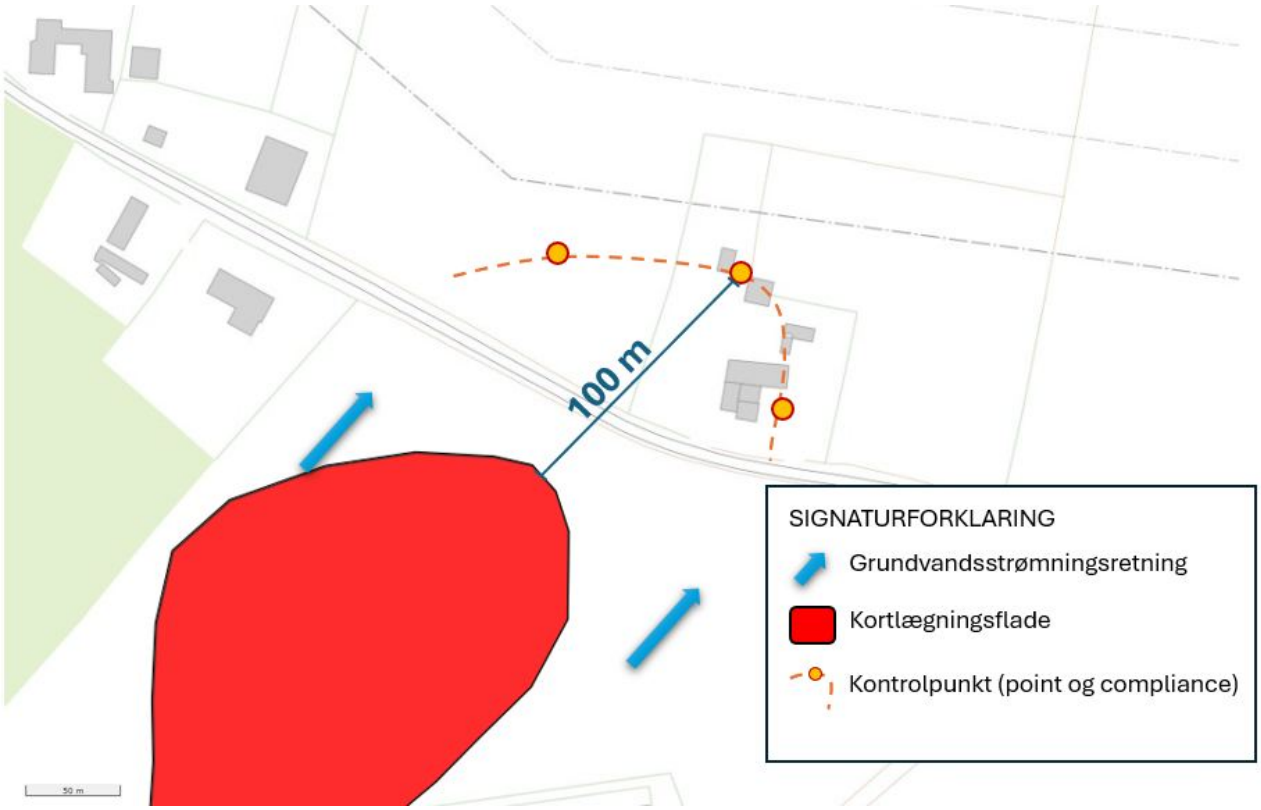
Definitionen på et kontrolpunkt / point of compliance er et punkt, hvormed en koncentration måles eller beregnes nedstrøms punktkilden, og som sammenholdes med Miljøstyrelsens grundvandskvalitetskriterie.
Der kan ved undersøgelsen anvendes flere kontrolpunkter nedstrøms punktkilden, for at give et nuanceret billede af forureningens nuværende omfang og potentielle fremtidige omfang.

Se nedenstående tabel, hvor kontrolpunkter (point of compliance) er angivet, i forhold til forskellige indsatser.
Kontrolpunkt (point of compliance) benyttes både ved koncentrations- og fluxtilgang.

Indsats	**Lok. afstand til indvindingsboring**	**100 m nedstrøms**
Områder med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD) + indvindingsopland	**X**	**X**
Indvindingsopland	**X**	
Områder med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD)		**X**

Tabel 1 – Oversigt over kontrolpunkt placering ift. indsats.

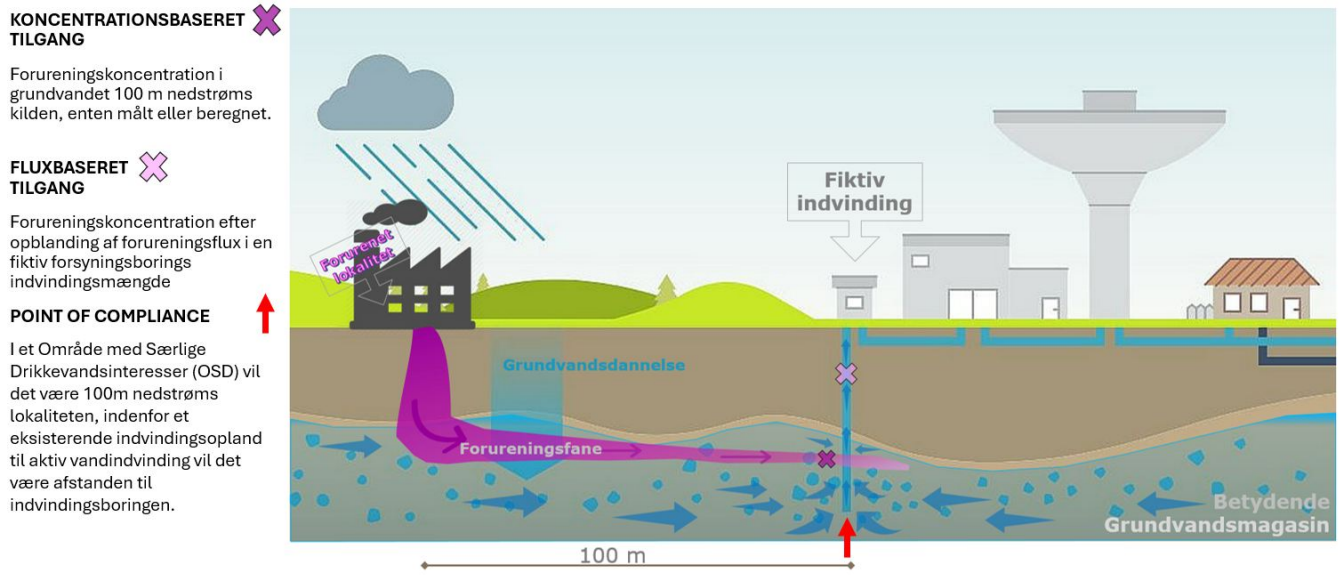
Afstanden til kontrolpunktet måles fra punktkilden ud i strømningsretningen, som i mange tilfælde vil være lig kanten af kortlægningsfladen. jf. nedenstående Figur 1.



Figur 1 – illustrerer kontrolpunkt (Point of Compliance) placering ift. kortlægningsflade.

I risikovurderingen kan målinger i selve kontrolpunktet anvendes. Hvis sådanne målinger ikke foreligger, kan det være nødvendigt at beregne en teoretisk koncentration i kontrolpunktet.
Det skal fremgå i den endelige risikovurdering, hvilket kontrolpunkt/-er der er valgt, og baggrund herfor.

På figur 2 er kontrolpunktets placering for den resulterende koncentration *(beregnet eller målt)* angivet for de to risikovurderingstilgange. For begge tilgange er kontrolpunktet placeret i samme afstand fra punktkilden.
Forskellen er, om koncentrationen repræsenterer et punkt i forureningsfanen, eller en indvundet forureningskoncentration fra en fiktiv eller faktisk indvinding.



Figur 2 – illustrerer kontrolpunkt (Point of Compliance) placering i tværsnittet ift. om der anvendes en koncentrationsbaseret eller fluxbaseret tilgang til risikovurderingen.

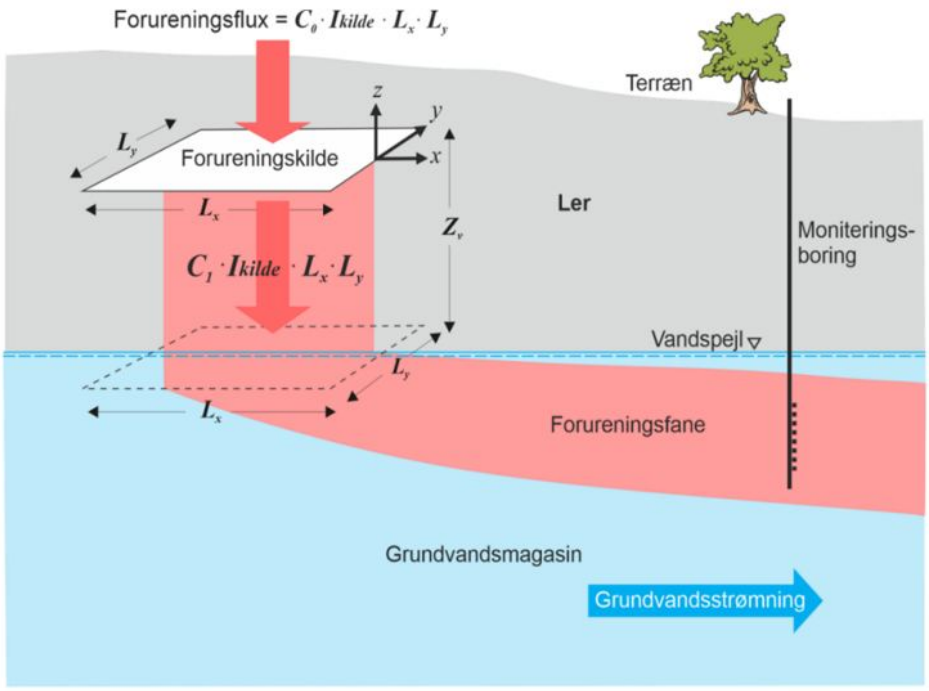
Forureningsflux

Forureningsflux er den mængde forureningsmasse, der over en given tid kommer gennem et kontrolplan. Forureningsfluxen kan beregnes som en vertikal flux eller som en horisontal flux.

 # Definition af forureningsflux

Forureningsflux er den mængde forureningsmasse, der over en given tid kommer gennem et kontrolplan. Forureningsfluxen kan beregnes som en vertikal flux eller som en horisontal flux.

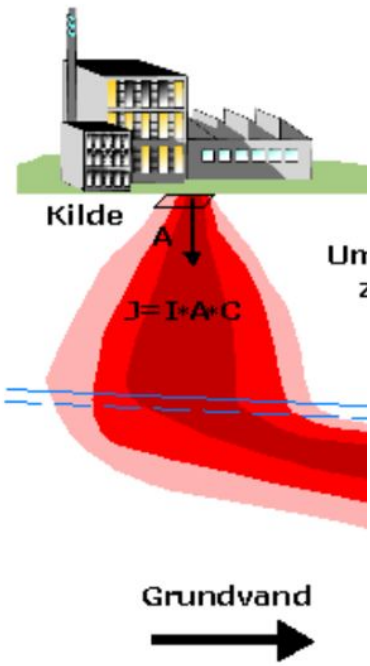
Vertikal flux



Figur 3 - Vertikal transport fra en forureningskilde beliggende i homogen vandmættet ler ned til et underliggende grundvandsmagasin, efterfulgt af horisontal transport i grundvandet

Kilde: https://backend.miljoeogressourcer.dk/media/materialer/76/grundrisk-risikovurderingsvejledning-november2024.pdf

Horisontal flux



*Figur 4 - Princip for fluxbestemmelse i felte hydraulisk ledningsevne og gradient i en ræ Ved passiv prøvetagning måles fluxen genr beregnes ved at gange (del)arealet (A) mec arealet, som vist i ligningen J=I*A*C*

Kilde: https://www2.mst.dk/Udgiv/publikatio

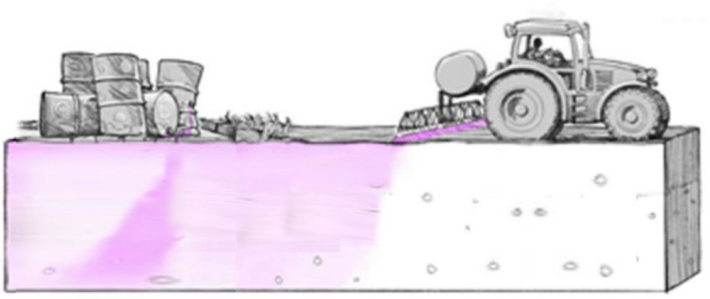
Ved anvendelse af en fluxbaseret tilgang i forbindelse med en risikovurdering, skal de anvendte beregningsparametre beskrives tydeligt, herunder en begrundelse for parametervalg. For de mest følsomme parametre kan angivelse af et variationsinterval med fordel indgå. Desuden skal usikkerheder knyttet til de valgte parametre redegøres for og drøftes.

Nedenfor fremgår eksempler på parametre, som ofte indgår og bør vurderes / diskuteres. Det forudsættes ikke, at samtlige parametre behandles, men at de parametre der er relevante for den konkrete undersøgelse adresseres.

Parameter	Boring og evt. filterinterval	Anvendt værdi	Begrundelse for anvendte værdi, og usikkerheder
Modelstof			
Infiltration			
Grundvandsgradient			
Areal			
Hydraulisk ledningsevne *(Kh)*			
Koncentrationer			

Tabel 2 – Ikke udtømmende eksempler på vigtige parametre og håndtering af disse.

I forbindelse med risikovurderingen bør det vurderes, om der findes fladekilder eller diffuse forureningskilder, som kan bidrage til det samlede forureningsbillede på lokaliteten. Hvis det er muligt at skelne mellem punktkilder og fladekilder, skal fladekilder ikke indgå i den samlede fluxbetragtning.



Figur 5 illustrerer kombinationen af et punkt- og fladekilde bidrag samt problematikken ved vurdering af risiko når begge kilder bidrager.

Opblandingsprincipper

Når der i risikovurderingen anvendes en fluxbaseret tilgang, f.eks. i forbindelse med anvendelsen af GrundRisk eller andre former for beregningstilgange, vil det være nødvendigt at opblande forureningsfluxen (forureningsmasse pr. tidsenhed) i en grundvandsmængde (volumen grundvand pr. tidsenhed) for at kunne relatere forureningsfund til Miljøstyrelsens grundvandskvalitetskriterier (forureningsmasse pr. volumen grundvand). I det følgende beskrives de af regionen anvendte opblandingsprincipper.

Opblandingen skal for alle typer af undersøgelser udføres som en følsomhedsvurdering, hvor flere forskellige opblandingsmængder anvendes. Dette er for at få et nuancerede billede af forureningsrisiko ift. grundvandet. Opblandingsmængdens størrelse vil afhænge af indsatsen. Se tabel herunder.

Indsats	**10.000 m^3/år (konservativ)**	**For området den mest sandsynlige indvindingsmængder m^3/år**	**Aktuel indvindingsmængde m^3/år**
Indvindingsopland	**X**		**X**
Områder med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD)	**X**	**X**	
Områder med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD) + indvindingsopland	**X**	**X**	**X**

Tabel 3 – Opblandingsmængder for forskellige indsatsområder. Områder med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD), indvindingsopland (IVO)

Den fremtidige indvinding (indsats: OSD) kan i mange tilfælde fastsættes til 10.000 m^3/år, men kan være mindre eller større afhængig af indvindingsstruktur. Der skal derfor ligeledes udføres beregning med en fiktiv indvindingsmængde, som er realistisk for området. Opblandingsberegninger kan eventuelt udføres for flere forureninger, når en faglig vurdering sandsynliggør, at flere punktkilder vil kunne bidrage til samme fremtidige indvinding.

I forbindelse med nogen risikovurderinger, kan det være værdifuldt at lave en omvendt beregning, dvs. starte i Kontrolpunktet (Point of Compliance) og beregne, hvor meget vand der skal indvindes for at overholde grundvandskvalitetskriterie ved opblanding.

Sammenfatning af risikovurdering

Efter gennemgang af de ovenstående forhold, skal risikovurderingen opsummeres kort og klart og kobles til de væsentligste geologiske og hydrogeologiske forudsætninger. Opsummeringen skal indeholde en vurdering af, i hvilken grad risikovurderingen er konservativ eller ej, baseret på datagrundlagets kvalitet og omfang (herunder centrale usikkerheder). Endvidere skal der redegøres for systemets dynamik, så det tydeligt fremgår, om risiko kan ændre sig fremadrettet, og hvilke forhold der i givet fald kan drive en sådan ændring.

For mere viden henvises til publikationerne herunder:

Fællesregional tilgang til Risikovurdering.pdf

Vi henviser i øvrigt til DTUs efteruddannelsesvideoer for viden om principper, anvendelse, undersøgelsesmetoder, styrende parametre og beregninger af forureningsflux:

https://www.sara.env.dtu.dk/efteruddannelse/forureningsflux

link direkte til forureningsflux undervisning:

https://www.sara.env.dtu.dk/modelvaerktoejer/forureningsflux

Case - eksempel på risikovurdering ifm. en videregående grundvandsundersøgelse

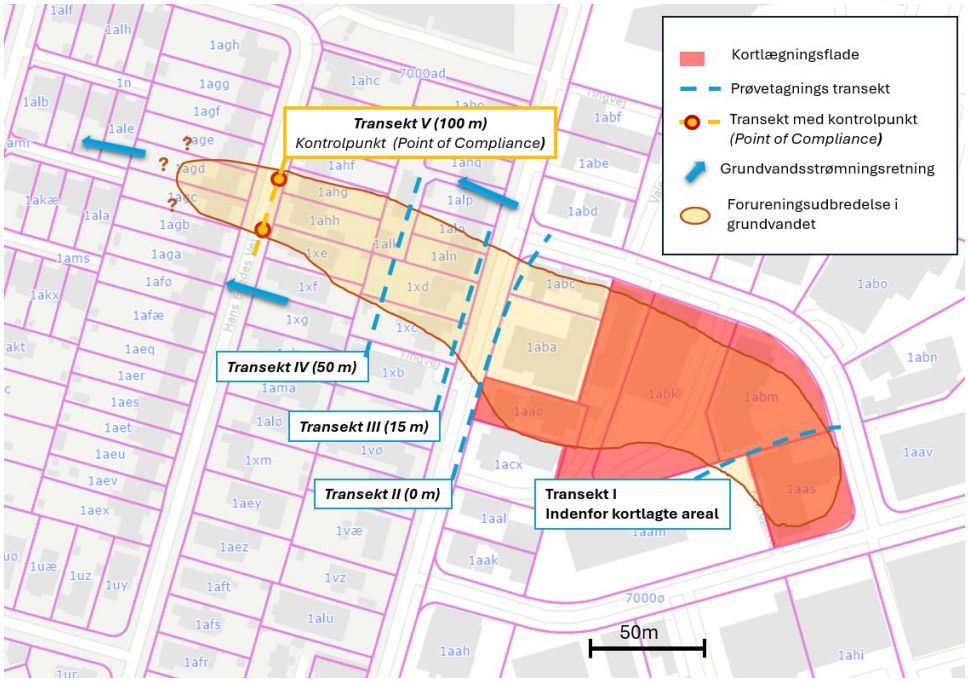
Offentligt Indsatsområde: OSD & Indvindingsopland
Forureningskomponent: PFAS
Risikovurderingstilgang: Forureningsflux tilgangen

Kort om undersøgelsen
En lokalitet, hvor der tidligere er udført forkromning, er blandt andet undersøgt for PFAS. Et større område er kortlagt på vidensniveau 2, som følge af påvi
jord- og grundvandsforurening. Lokaliteten ligger inden for det offentlige indsatsområde for grundvand, og skal derfor undersøges nærmere og risikovurder
med henblik på at afklare, om der er behov for afværgeforanstaltninger.
Inden for området med lokalitetens hovedaktivitet er der ved undersøgelserne identificeret flere hotspots.
Grundvandstrømningen i betydende magasin er i VNV-retning.
Boringer er i forbindelse med undersøgelserne placeret i transekter i strømningsretningen, der er ligeledes udført boringer ved kendte hotspots og som afklarende / afgrænsende boringer i nærområdet.

Risikovurderingsprocessen kort fortalt
Målte koncentrationer af PFAS i undersøgelsesboringer er anvendt til at vurdere en forureningsflux gennem 5 forskellige transekter (I - V).
Til fluxberegningerne er de målte forureningskoncentrationer omsat til repræsentative gennemsnitskoncentrationer *(C)*, transporten er fastlagt ved brug af f
forskellige hydrauliske ledningsevner *(K),* og der er foretaget valg om, hvor stort et tværsnitareal *(A)* forureningsfanen har gennem transekterne (horisontaleflux).
For at kunne relatere den horisontale forureningsflux *(mængde/ tid med enheden ng/ år)* til grundvandskvalitetskriteriet er der anvendt tre forskellige indvindingsscenarier til opblanding og omregning,

- en fiktiv konservativ indvindingsmængde på 10.000 m3/år.
- en fiktiv indvindingsmængde på 100.000 m3/år.
- en for lokalområdet realistisk indvindingsmængde på 100.000 m3/år.

Konceptuelt skal dette forstås sådan, at en indvindingsboring med den angivne oppumpningsmængde tænkes placeret i det pågældende transekt. Det oppumpede vand vil da bestå af både forurenet grundvand fra fanen og upåvirket grundvand fra resten af boringens indvindingsopland.



Figur 6 – viser kortlagt lokalitet, forureningsudbredelse og transekt placeringer.

Indvindingsmængde	**Fiktiv konservativ mængde**		**Anden fiktiv mængde (Følsomhed)**		**Aktuel indvindingsmængde**	
	10.000	[m3/år]	100.000	[m3/år]	1.000.000	[m3/år]
Scenarie	*A*	*B*	*A*	*B*	*A*	*B*
Model stof 4PFAS	[ng/l]	[ng/l]	[ng/l]	[ng/l]	[ng/l]	[ng/l]
Transekt A						
Indenfor kortlagte areal	13	127	1,3	12,7	0,1	1,3
Transekt B (0 m)	170	1700	17	170	1,7	17
Transekt C (15 m)	115	1150	11,5	115,0	1,2	11,5
Transekt D (50 m)	14	143	1,4	14,3	0,1	1,4
Transekt E (100 m) Kontrolpunkt (Point of Compliance)	**0,07**	**0,7**	**0,007**	**0,07**	**0,0007**	**0,007**
Grundvandskvalitetskriterie	4PFAS	2 ng/l		Overskridelse		
				ikke-overskridelse		
Anvendt Hydrauliske ledningsevne	*A*	k=0,00001 m/s				
	B	k=0,0001 m/s				

Tabel 4 – viser resulterende beregnede koncentrationer i forskellige indvindingsmængder i 5 transekter. Resultater fra transekt E (V), er anvendt i endelig risikovurdering

Risikovurdering
Konklusionen i det konkrete eksempel er, at der er meget lille eller ingen risiko for grundvandsinteresserne i området.

Forureningsfanen er ikke endeligt afgrænset nedstrøms. I dette eksempel vurderes det dog ikke at have betydning for det samlede risikobillede eller den endelige risikovurdering, idet det foreliggende datagrundlag anses for tilstrækkeligt til at gennemføre en endelig vurdering af forureningen.

Generelle betragtninger
Eksemplet tjener flere formål. Det illustrerer blandt andet, hvordan de valg, der træffes gennem undersøgelsesforløbet og i risikovurderingsprocessen, kan føre til forskellige vurderinger af risikoen.

Resultaterne afhænger eksempelvis af:

- hvilke koncentrationer der anvendes i fluxberegningerne
- hvilke hydrauliske parametre der vælges
- hvor prøvetagningerne placeres, herunder placeringen af transekterne
- hvilke indvindingsmængder der anvendes ved omregningen fra forureningsflux gennem et transekt til en resulterende grundvandskoncentration, som kan sammenholdes med grundvandskvalitetskriteriet

De mange beregninger kan samtidig betragtes som en form for følsomhedsanalyse, der belyser, om risikoen over for det offentlige indsatsområde er stor, moderat eller lille.

Da vurderingerne er stedspecifikke og repræsenteret ved transekter placeret flere steder i fanen, tegnes der desuden et samlet risikobillede af, hvordan forureningsspredningen udvikler sig i både tid og rum.