



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Kravspecifikation, Bilag 1

Miljøstyrelsens grundvandskortlægning i 2024-2028

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion: Miljøstyrelsen, Grundvandskortlægningen

Indhold

1.	Indledning	6
1.1	Baggrund og formål	6
1.2	Leverancer under rammeaftalen	6
2.	Kortlægningsprocessen	9
2.1	Screening	9
2.2	Opstart	10
2.3	Data	10
2.4	Resultat	11
2.5	Afslutning	12
2.6	Samarbejde	12
2.7	Kvalitetssikring	12
2.8	Dokumentation og registrering	12
3.	Opstart	14
3.1	Formål og baggrund	14
3.2	Opgave	14
3.3	Planlægning af Opstart	14
3.4	Analyse af eksisterende data og anbefalinger	15
3.5	Afrapportering og indberetning	15
3.6	Miljøstyrelsens ydelser	15
3.7	Referencer	15
4.	Geoelektrisk geofysik	17
4.1	Formål og baggrund	17
4.2	Opgave	17
4.3	Planlægning af geofysisk kortlægning	18
4.4	Indsamling af geofysiske data	19
4.5	Processering af geofysiske data	20
4.6	Inversion af geofysiske data	20
4.7	Afrapportering	20
4.7.1	Afrapportering af geofysisk dataindsamling	20
4.7.2	Afrapportering af processering og inversion	21
4.7.3	Indberetning til GERDA og Rapportdatabasen	22
4.7.4	Software	22
4.8	Kvalitetssikring	22
4.9	Varetagelse af afgrødeerstatning	22
4.10	Miljøstyrelsens ydelser	23
4.11	Referencer	23
5.	Seismik	24
5.1	Formål og baggrund	24
5.2	Opgave	24
5.3	Planlægning af feltkampagne	26
5.4	Indsamling af seismiske data	27
5.5	Processering af seismiske data	28
5.6	Tolkning af seismiske data	28
5.7	VSP	29
5.8	Afrapportering og indberetning	30
5.9	Kvalitetssikring	31
5.10	Varetagelse af afgrødeerstatning	31
5.11	Miljøstyrelsens ydelser	31

5.12	Referencer	31
6.	Geofysisk borehulslogging og TV inspektion	33
6.1	Formål og baggrund	33
6.2	Opgave	33
6.3	Borehulslogging	34
6.3.1	Planlægning og advisering	34
6.3.2	Dataindsamling	35
6.3.3	Processering og tolkning	36
6.3.4	Afrapportering	36
6.3.5	Kvalitetssikring	36
6.3.6	Indberetning til PCGERDA og Rapportdatabasen	36
6.3.7	Software	37
6.4	Tv-inspektion	37
6.4.1	Dataindsamling og afrapportering	37
6.5	Varetagelse af afgrødeerstatning	38
6.6	Referencer	38
7.	Grundvands- og sedimentkemi	39
7.1	Formål og baggrund	39
7.2	Opgaver	39
7.3	Grundvandskemi	41
7.3.1	Planlægning af grundvandskemisk kortlægning	41
7.3.2	Gennemførelse af grundvandskemisk prøveindsamling – nye data	41
7.3.3	Sammenstilling og tolkning af vandkemiske data	43
7.4	Sedimentkemi	44
7.4.1	Planlægning af sedimentkemisk kortlægning	44
7.4.2	Gennemførelse af sedimentkemisk prøveindsamling – nye data	45
7.4.3	Sammenstilling og tolkning af sedimentkemiske analyser	46
7.5	Redoxgrænsen	47
7.5.1	Vurdering af behov for kortlægning af redoxgrænsen	47
7.6	Referencer	47
8.	Boringsregistrering og pejling	49
8.1	Formål og baggrund	49
8.2	Opgave	49
8.3	Miljøstyrelsens ydelser	50
8.4	Referencer	50
9.	Boringer	52
9.1	Formål og baggrund	52
9.2	Opgaver	52
9.3	Fastlæggelse af borearbejde og eventuelle tillægsydelser	54
9.4	Entrering med borefirma og eventuelle underleverandører	55
9.5	Tilsyn	55
9.6	Sedimentkemisk prøveudtagning	56
9.7	Borehulslog og TV-inspektion	57
9.8	Filterplacering og boringsudbygning	57
9.9	Prøvepumpning og flowmåling	57
9.10	Udtagning af vandkemiske prøver	58
9.11	Boringsregistrering og pejling	58
9.12	Afrapportering og beskrivelse af boring ud fra undersøgelser	58
9.13	Referencer	58

10.	Prøvepumpning	59
10.1	Formål	59
10.2	Opgaver	59
10.3	Referencer	60
11.	Geologisk modellering	61
11.1	Formål	61
11.2	Opgaver	61
11.3	Planlægning af geologisk modellering	62
11.3.1	Projektbeskrivelse	62
11.3.2	Dataindsamling	62
11.4	Opbygning af geologisk forståelsesmodel	63
11.5	Rumlig digital geologisk model	64
11.6	Hydrostratigrafisk digital model	64
11.7	Afreportering	65
11.8	Krav til arbejdsgang	66
11.9	Referencer	66
12.	Hydrologisk modellering	68
12.1	Formål	68
12.2	Opgave	68
12.3	Udarbejdelse af konceptuel model	71
12.4	Dataindsamling og modelopsætning	72
12.4.1	Datatyper	72
12.5	Kalibrering og validering	75
12.6	Beregning af oplande og BNBO til vandværker	75
12.7	Afreportering og indberetning af rapporter og model	76
12.8	Krav til arbejdsgang	77
12.9	Referencer	77
13.	Sårbarhedsvurdering	78
13.1	Formål og baggrund	79
13.2	Opgave	79
13.2.1	Leverancer	79
13.3	Referencer	81

1. Indledning

1.1 Baggrund og formål

Miljøstyrelsen skal jf. Vandforsyningslovens §11 (LBK nr. 602 af 13/05/2022) have udført opgaver i relation til grundvandskortlægningen.

Grundvandskortlægningen udføres med henblik på at sikre den målrettede beskyttelse af grundvand til drikkevandsformål i Danmark. Den målrettede beskyttelse af grundvandet er baseret på en udpegning af de områder, hvor en særlig beskyttende indsats kan være nødvendig for at sikre drikkevandsinteresserne.

Grundvandskortlægningen har fokus på følgende hovedopgaver, som er beskrevet i administrationsgrundlaget¹ for grundvandskortlægningen:

- Kortlægning og afgrænsning af nye indvindingsoplande til almene vandforsyninger inden for områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD)
- Kortlægning og afgrænsning af nye indvindingsoplande til almene vandforsyningsanlæg uden for OSD
- Undtagelsesvis justering af allerede kortlagte indvindingsområder
- Kortlægning og afgrænsning af boringsnære beskyttelsesområder (BNBO)
- Vedligeholdelse og offentliggørelse af data

1.2 Leverancer under rammeaftalen

Der vil være opgaver inden for geofysik, geologi, grundvandskemi, hydrologi og sårbarhedsvurdering – samt tilhørende feltarbejde. Ud over de naturvidenskabelige fagligheder inkluderer opgaverne ligeledes projektledelse og formidling.

Udbuddet er opdelt i 7 delaftaler, som hver især skal kategoriseres som en rammeaftale, i tre forskellige økonomiske størrelser: stor, mellem og lille.

Alle faglige opgaver skal kunne løses på alle delaftaler, men for hver delaftale er der to fagligheder der er særlig vigtige, såkaldte fokus fagligheder. Det betyder, at tilbudsgivers tilbudte kompetencer og løsningsforslag inden for den enkelte fokus faglighed vurderes særligt højt, på de delaftaler hvor den pågældende faglighed er en fokus faglighed.

Størrelseskategori: Stor

- Delaftale 1 - Fokus faglighed: hydrologi og geofysik:
- Delaftale 2 - Fokus faglighed: geologi og hydrologi:

Størrelseskategori: Mellem

- Delaftale 3 - Fokus faglighed: geologi og geofysik:
- Delaftale 4 - Fokus faglighed: hydrologi og grundvandskemi:
- Delaftale 5 - Fokus faglighed: geologi og sårbarhed:

Størrelseskategori: Lille

- Delaftale 6 - Fokus faglighed: geologi og geofysik:
- Delaftale 7 - Fokus faglighed: hydrologi og sårbarhed:

¹ https://mst.dk/media/0uqe4h3b/administrationsgrundlag_grundvandskortlaegningen_2021.pdf

Såfremt der bliver behov for at indgå samarbejder med laboratorier, brøndborer og lignende, indgår Ordregiver direkte aftaler med disse, medmindre andet aftales.

I forhold til udgifter til software og licenser målrettet opgaveløsningen, der ikke er standard, fx GeoScene3D, Aarhus Workbench, GMS-Modflow, Mike She afholdes disse på en af følgende måder, men kun efter forudgående aftale:

- Ordregiver betaler for en licens og stiller denne til rådighed for Leverandør
- Leverandør betaler for en licens og fakturer udgiften til Ordregiver. Her må Leverandør udelukkende bruge licensen til opgaver for Ordregiver
- Leverandøren har allerede en licens som bruges til opgaver for forskellige kunder. Her betaler Ordregiver en leje, for den periode som licensen bruges i. Således at Ordregiver ikke betaler for en fuld licens.

Tilbudsgiver skal således ikke inkludere udgifter til special software og licenser i de tilbudte priser. Ordregiver forbeholder sig ret til at konkurrenceudsætte visse software og licenser særskilt.

Ordregiver kan vælge at få udført andre opgaver på delaftalerne, som er relateret til grundvandskortlægningens faglighed. Det kan være sig både opgaver i Miljøstyrelsens enhed for grundvandskortlægning, men også for andre enheder i Miljøstyrelsen. Derudover vil der også være grundvandskortlægningsrelaterede opgaver i internationalt regi af de internationale samarbejder som Miljøstyrelsen indgår i.

Det pointeres, at det altid er nyeste version af alle materialer, der er gældende, og de opdateres løbende.

Inden en kortlægningsopgave igangsættes aftales og udarbejdes en projektbeskrivelse, hvori det tydeligt fremgår hvilke leverancer, der er nødvendige for den konkrete opgave. Miljøstyrelsen forbeholder sig ret til at udvælge de leverancer under de enkelte kravspecifikationer.

Læsevejledning

De følgende afsnit i denne kravspecifikation beskriver i kapitel 2 den generelle faseopdelte arbejdsproces i grundvandskortlægningen og i kapitel 3-13 de mulige opgaver under de forskellige fagdiscipliner, som rådgiver skal kunne løse. Desuden kan den overordnede faglige ramme, der danner baggrund for grundvandskortlægningen og dens faglige discipliner findes på Miljøstyrelsens hjemmeside om grundvandskortlægning:

<https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/drikkevand-og-grundvand/grundvandskortlaegning>.

Definitioner:

Geologi: Geologisk-hydrostratigrafisk modellering.

Grundvandskemi: Grundvandskemisk modellering/-tolkning og bestemmelse af redoxgrænsen.

Hydrologi: Hydrologisk modellering, inkluderer bl.a. beregning af grundvandsdannelse, afgrænsning af indvindingsoplande og boringsnære beskyttelsesområder (BNBO)

Feltarbejde: Montering af dataloggere, boringsregistrering, synkronpejlerunde og pejlinger, vandføringsmålinger, vandprøvetagning, boretilsyn, prøvebeskrivelser/-tagning (vandkemi, sedimentkemi, litologi og datering m.v.), renpumpning og prøvepumpning

Geofysik: Databehandling af SkyTEM, indsamling og databehandling af TEM (TEM40, WalkTEM, tTEM), indsamling og databehandling af MEP, indsamling og databehandling af MRS, indsamling og databehandling af seismik, indsamling og databehandling af borehulslogging og tv-inspektion.

Sårbarhed: Sårbarhedszoner, afgrænsning af nitratfølsomme indvindingsområder (NFI), indsatsområder (IO) og justering af områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD).

2. Kortlægningsprocessen

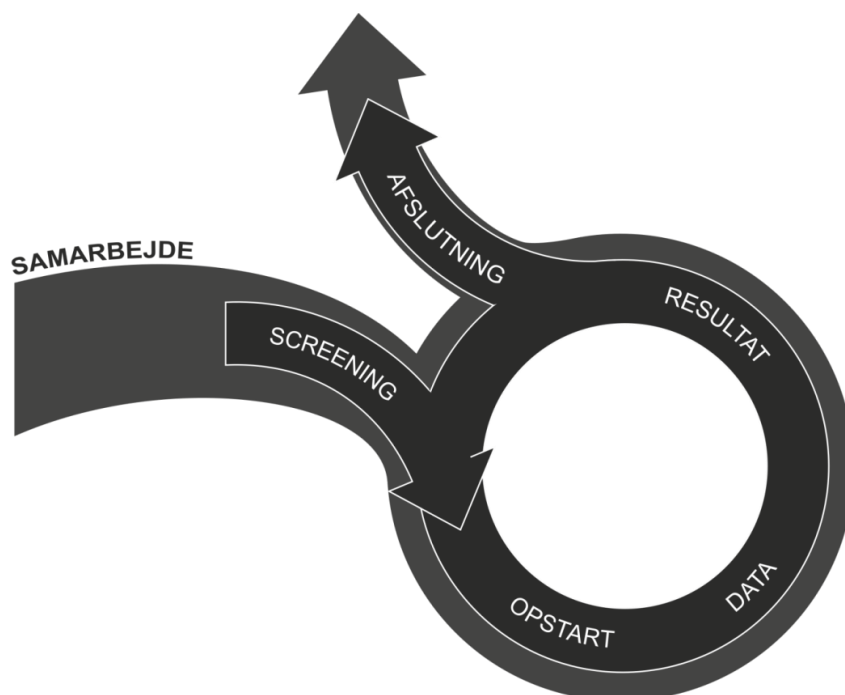
Grundvandskortlægningen gennemføres i en faseopdelt arbejdsproces – SCREENING, OPSTART, DATA, RESULTAT, AFSLUTNING og SAMARBEJDE - symboliseret ved Figur 2.1.

Screenings- og afslutningsfasen håndteres internt i Miljøstyrelsen. Screeningsfasen omhandler kommunernes indmelding af kortlægningsbehov og Miljøstyrelsens interne sagsbehandling af indmeldinger. Afslutningsfasen består ligeledes af en række interne opgaver i forbindelse med bekendtgørelse af områdefrænsninger.

Under hele kortlægningsprocessen er der fokus på interessentinddragelse, hvilket det altid bagvedliggende "SAMARBEJDE" i Figur 2.1 skal illustrere.

Når opgaven er igangsat, arbejdes der i faserne OPSTART, DATA og RESULTAT. Figur 2.1 viser den iterative natur, et kortlægningsforløb kan have, hvor der konstant er fokus på, om opgaven løses i forhold til det behov, der er, og at man i nogle tilfælde må vende tilbage til fx datagrundlaget og udvide dette for at løse opgaven tilfredsstillende.

Grundvandskortlægningens faser beskrives enkeltvis i de følgende afsnit 2.1-2.8:



Figur 2.1: Kortlægningsprocessen

2.1 Screening

Formålet med SCREENING er at sikre en ensartet behandling af kommunernes indmeldte kortlægningsbehov. Dette sker ved prioritering af indmeldinger til kortlægning, prioritering af de indmeldte kortlægningsbehov og vurdering af datagrundlag og ressourcebehov ved intern sagsbehandling. Under screening bliver kommunerne orienteret omkring processen vedrørende de indmeldte kortlægningsbehov. Screeningen varetages af Miljøstyrelsen.

2.2 Opstart

Fokus i OPSTART er dokumentering af behov for indsamling af data og udførelse af grundvandskortlægning, i områder hvor der på baggrund af prioriterede kortlægningsbehov skal igangsættes en ny kortlægning. Dette gøres på baggrund af indhentning, gennemgang og kvalitetsvurdering af eksisterende data og eventuelle eksisterende kortlægningsresultater.

I OPSTART skal der dannes et detaljeret overblik over eksisterende data, herunder data indmeldt af kommunerne i forbindelse med kortlægningsbehovet. Dette kan samlet danne baggrund for anbefalinger til den videre kortlægningsproces for det enkelte projekt. Hvis området tidligere er kortlagt, kan beskrivelser og konklusioner herfra benyttes, og opdateres med eventuel ny viden. Ved analysens afslutning foreligger der anbefalinger til den videre kortlægningsproces, hvori muligheden for at genbruge eksisterende data og modeller er vurderet, samt konklusion på, om der eksempelvis er behov for indsamling af data, opstilling af nye modeller eller opdatering af eksisterende data.

Kravspecifikationens kapitel 3 om OPSTART beskriver den overordnede fremgangsmåde for opgaveløsningen i denne fase. Hvis området tidligere er kortlagt, kan beskrivelser og konklusioner herfra benyttes, og opdateres med eventuel ny viden.

I forbindelse med OPSTART vurderes størstedelen af arbejdsbyrden at være relateret til gennemgang og vurdering af eksisterende modeller, både geologiske og hydrologiske. Dertil kommer en vurdering af det grundvandskemiske datagrundlag og metoder samt anbefalinger angående eventuel justering af sårbarhed.

Det er vigtigt, at der tages højde for, at indsamling af visse datatyper kræver tid, og derfor kan rådgiver med fordel fremhæve anbefalinger angående disse så hurtigt som muligt i OPSTART-fasen.

OPSTART afsluttes med en sammenfatning af den gennemførte analyse af eksisterende data og udarbejdelse af anbefalinger til den videre kortlægning i DATA-fasen. Desuden bør der sammen med sammenfatningen og endelige anbefalinger til videre kortlægning foreligge en tidsplan samt en vurdering af det nødvendige ressourcebehov til udførelse af opgaverne, både tidsforbrug og eventuel andre omkostninger ved dataindsamling.

2.3 Data

Formålet med DATA er at sikre det nødvendige datagrundlag til at dække de kortlægningsbehov, der er bestemt og beskrevet i SCREENING og OPSTART, for at opnå robuste områdeafgrænsninger i forbindelse med kortlægningen. DATA omfatter indsamling og tolkning af data, herunder bl.a. feltdata og modeller.

Kortlægningen i DATA-fasen bygger videre på det eksisterende datagrundlag og anbefalinger fra OPSTART-fasen. Det skal sikres, at de geologiske, kemiske og hydrologiske forhold, der er afgørende for at kunne bestemme sårbarheden af grundvandsressourcen i projektet, er kortlagt.

Mulige opgaver i processen DATA ses nærmere beskrevet i kravspecifikationens kapitel 4 - 13. Her beskrives, hvorledes opgaveløsningen forventes udført inden for de forskellige fagdiscipliner. Rådgiver skal forvente, at Miljøstyrelsen udfører dele af opgaven internt, og i så fald er det kun dele af en specifik fagdisciplin eller hele opgaven inden for én disciplin, rådgiver skal løse. Et eksempel kunne være, at rådgiver indsamler

data, og Miljøstyrelsen foretager den efterfølgende databehandling. Desuden må rådgiver forvente, at der sammen med en bestilling fra Miljøstyrelsen vil fremgå udspecificerede kravspecifikationer og detaljer omkring forventet opgaveløsning.

Det kan endvidere blive aktuelt med sidemandsoplæring af Miljøstyrelsens medarbejdere.

Det kan i nogle tilfælde være nødvendigt at starte på DATA-fasen, før man endeligt lægger sig fast på anbefalinger for eventuel dataindsamling. Kortlægningsprocessen er, som nævnt i indledningen, iterativ, og man skal hele tiden have opgavens formål for øje og søge en løsning, der tilfredsstillende.

I forbindelse med indsamling af data kan der være behov for, at fx loggerdata indsamles over længere tid. Det er derfor nødvendigt at være opmærksom på dette så tidligt som muligt i projektførelsen. Indsamling af geofysiske data kan være årstidsafhængig og kræver ligeledes, at der tages højde for dette i tidsplanen.

Ved udlån af data til rådgiver udarbejder Miljøstyrelsen aftale om udlån af data. Dette gælder alle indkøbte data.

Leverancerne i DATA-fasen kan omfatte:

- Indsamling af data og efterbehandling af disse
- Reprocessering af eksisterende data
- Kortlægning af grundvandskemi
- Hydrostratigrafisk model, inkl. rumlig udbredelse af grundvandsmagasiner og dæklag
- Hydrologisk model, inkl. grundvandsdannelse og strømningsforhold
- Beregning og afgrænsning af indvindingsoplande og BNBO

Der skal redegøres for usikkerheder ved data og databehandling og dermed de resulterende geologiske og hydrologiske modeller.

Igennem hele kortlægningsprojektets forløb, er kvalitetssikring af det udførte arbejde særdeles vigtigt. Dette gør sig både gældende for arbejde udført af rådgiver, som Miljøstyrelsen skal kvalitetssikre, men det kan omvendt også være Miljøstyrelsens egenproduktion, hvor rådgivers opgave bliver kvalitetssikringen. Desuden kan der forekomme reviews af modeller, hvor andre rådgivere på kontrakt med Miljøstyrelsen bliver inddraget. Kvalitetssikring beskrives yderligere i afsnit 2.7.

2.4 Resultat

Formålet med RESULTAT er at sikre en ensartet vurdering af sårbarheden af grundvandsressourcen samt robuste områdeafgrænsninger som kan inkludere; nitratfølsomme indvindingsområder (NFI) og tilhørende indsatsområder (IO), og eventuelt justering af områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD). Arbejdet munder ud i en samlet rapport til kommunen. Sårbarhed, NFI og IO (samt evt. justering af OSD) base-res på kortlægningsresultaterne fra OPSTART og DATA.

Afgrænsningen af indvindingsoplande og boringsnære beskyttelsesområder (BNBO) er foretaget i forbindelse med DATA ved modellering eller ved kvalitetssikring af oplande/BNBO som er indsendt af kommunerne.

RESULTAT-fasen bygger videre på det eksisterende datagrundlag udarbejdet i OPSTART og DATA. Her er det sikret, at de geologiske, kemiske og hydrologiske forhold,

der er afgørende for at kunne bestemme sårbarheden af grundvandsressourcen i projektet, er kortlagt. Herudover er der i RESULTAT fokus på overlevering til interessenter.

De vigtigste leverancer i forbindelse med RESULTAT er at vurdere og afgrænse:

- Drikkevandsmagasinernes sårbarhed Nitratfølsomme indvindingsområder (NFI)
- Indsatsområder (IO)
- Områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD)

Der er yderligere detaljer omkring de enkelte leverancer i de følgende afsnit af kravspecifikationen.

2.5 Afslutning

Formålet med AFSLUTNING er at sikre en ensartet behandling af kortlægningsresultater, henvendelser og høringer efter endt kortlægning.

Afslutningsfasen består af en række interne opgaver i Miljøstyrelsen i forbindelse med bekendtgørelse om udpegning af drikkevandsressourcer. Miljøstyrelsen er ansvarlig for, at afgrænsningen af områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD), indvindingsoplande uden for OSD, følsomme indvindingsområder (nitratfølsomme indvindingsområde (NFI) og sprøjtemiddelfølsomme indvindingsområder (SFI)), indsatsområder (IO) og boringsnære beskyttelsesområder (BNBO) bliver udpeget af ministeren i Bekendtgørelse om udpegning af drikkevandsressourcer.

2.6 Samarbejde

Formålet med SAMARBEJDE er gennem en respektfuld og konstruktiv dialog at sikre høj kvalitet og forankring af kortlægningens resultater hos de eksterne interessenter. Det skal gøres gennem en løbende og gensidig kommunikation mellem Miljøstyrelsen, rådgivere, underleverandører, kommuner, regioner og øvrige interessenter.

De eksterne interessenter er, ud over kommunerne, bl.a. regionerne, private lodsejere, små og større vandforsyninger, virksomheder, forskningsinstitutioner samt diverse interesseorganisationer.

2.7 Kvalitetssikring

Gennem alle kortlægningsprocessens faser vil Miljøstyrelsen kommentere og kvalitetssikre endelige leverancer. Rådgiver skal altid internt kvalitetssikre eget arbejde. Det kan også komme på tale, at rådgiver skal udføre denne kvalitetssikring (KS) i forhold til andre delkontrakter og i forhold til kortlægning udført af Miljøstyrelsen. Formålet er, at sikre kvaliteten af de faglige leverancer samt at sikre at den samlede kortlægning bliver mere ensartet. Den faglige KS vil tage udgangspunkt i KS-vejledningerne på Miljøstyrelsens hjemmeside, som løbende opdateres med nye vejledninger.

2.8 Dokumentation og registrering

Afrapportering skal ske ved afslutningen af både OPSTART-fasen, DATA-fasen og RESULTAT-fasen. Alle afrapporteringer skal foregå på dansk og i nyeste udgave af MST rapportskabelon

Alle indsamlede feltdata, afrapporteringer og opstillede modeller indberettes til de relevante offentlige databaser Gerda, Jupiter, rapportdatabasen og modeldatabasen (findes alle på GEUS: <https://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort>

Tolkningspunkter fra den geologisk model uploades til den fællesoffentlige hydrostratigrafiske model FOHM i udvekslingssystemet LARCOS i forbindelse med opstilling af den geologiske model.

Indsamlede data og feltdata overdrages herudover til Miljøstyrelsen. Alle GIS-data skal som udgangspunkt leveres som shape-fil efter MSTs GRUKOS skabeloner, med mindre andet er aftalt.

Hvis et projekt dækker flere kommuner, aftales det for det enkelte projekt, om afrapporteringen af resultaterne sker samlet eller for hver enkelt kommune.

3. Opstart

3.1 Formål og baggrund

Formålet i Opstart er:

- At fastlægge overordnede projektformål og forventede problemstillinger i områder, hvor der på baggrund af prioriterede kortlægningsbehov skal igangsættes en ny kortlægning
- At lave en kvalitetsvurdering af eksisterende kortlægningsresultater
- At indhente og gennemgå eksisterende data samt vurdere kvalitet og dækning af det eksisterende datagrundlag
- At udarbejde anbefalinger til den efterfølgende kortlægning

Hvilke af formål, der er relevante i forhold til det konkrete projekt, samt omfang skal tydeligt defineres før igangsættelse.

Analysen afsluttes med anbefalinger til den videre kortlægningsproces, eksempelvis om der er behov for indsamling af data, opstilling af nye modeller eller opdatering af eksisterende data.

3.2 Opgave

Opstart er den første faser, der skal gennemarbejdes i et kortlægningsprojekt. Opgaver, delopgaver og leverancer er vist i nedenstående oversigt med henvisninger til detaljeret beskrivelse i efterfølgende afsnit.

Afsnit 3.3: Planlægning af Opstart		
Delopgave		Leverance
A	Opgavebeskrivelse	Notat Møde
B	Tidsplan for opgaven.	Ganttdiagram
Afsnit 3.4: Analyse af eksisterende data og anbefalinger		
Delopgave		Leverance
A	Vurdering af eksisterende data og anbefalinger til den videre kortlægning.	
Afsnit 3.5: Afrapportering og indberetning		
Delopgave		Leverance
A	Afrapportering	Rapport
B	Indberetning	Dataindberetning

3.3 Planlægning af Opstart

Første skridt er en afklaring af opgavens mål og omfang, der sammenfattes i en opgavebeskrivelser. Her defineres projektområdet, samt hvilke kendte og/eller formodede problemstillinger og fagdiscipliner den efterfølgende analyse set i forhold til opgavens formål skal omhandle. Fx gennemgang af geofysiske data, afklaring af indvindingsstruktur i området.

Under opstart er det vigtigt, at projektets formål bliver defineret tydeligt. I samarbejde med Miljøstyrelsen aftales, hvilke leverancer opgaven forventes at omhandle, og der udarbejdes en opgavebeskrivelse, der beskriver indhold og omfang, samt en tidsplan for gennemførelse. Opgavebeskrivelse og tidsplan skal godkendes af Miljøstyrelsen før analysearbejdet igangsættes.

Der kan i forbindelse med projektplanlægningen afholdes et møde, hvor forslag til indhold og omfang præsenteres og evt. specificeres yderligere.

3.4 Analyse af eksisterende data og anbefalinger

Analysen af eksisterende data og anbefalinger, sker på baggrund af Miljøstyrelsen vejledning /1/ .

Der skal dannes et detaljeret overblik over eksisterende data, herunder data indmeldt af kommunerne i forbindelse med kortlægningsbehovet. Dette kan samlet danne baggrund for anbefalinger til den videre kortlægningsproces for det enkelte projekt. I forbindelse med analysen af tilgængelig data følges relevante kvalitetssikringsvejledninger. Hvis området tidligere er kortlagt, benyttes beskrivelser og konklusioner herfra, som opdateres med eventuel ny viden. I forbindelse med analyse af eksisterende data kan det være aktuelt at inddrage arealanvendelse og forureningskilder samt punktkilder.

Omfanget af vurderingen af tidligere kortlægning og indhentning af eksisterende data er direkte relateret til projektets formål. Omfatter kortlægningsprojektet for eksempel kun beregning af nye oplande, skal de tidligere kortlægninger kun vurderes med hensyn til den hydrologiske model og indhentning og vurdering af eksisterende data, der er nødvendige for at udføre en beregning af vandværkets indvindingsopland. Det kunne eksempelvis også være en kortlægning af eksisterende data i forhold til manglende oplysninger, der skal fremfindes. Det kunne være borerer med indvinding, kemi eller pejling, men hvor boringen mangler koordinater, dybde eller filter. Det kunne også være borerer uden digitale oplysninger om geologi, hvor det kunne være relevant at fremskaffe disse oplysninger.

Ved analysens afslutning foreligger der anbefalinger til den videre kortlægningsproces, hvori muligheden for at genbruge eksisterende data og modeller er vurderet, samt konklusion på, om der eksempelvis er behov for indsamling af data, opstilling af nye modeller eller opdatering af eksisterende data.

3.5 Afrapportering og indberetning

Anbefalinger til den videre kortlægningsproces sammenfattes i en rapport. Eksisterende data, som fremskaffes i forbindelse med opgaven, indrapporteres til offentlige databaser i det omfang det er muligt og data ikke er tilgængelige i forvejen.

Skemaer anvendt til kontakt til eksterne interessenter, som fx kommuner, regioner eller vandværker, kan indgå som bilag i afrapportering.

3.6 Miljøstyrelsens ydelser

Miljøstyrelsen kan om nødvendigt levere relevante dataudtræk samt oplysninger fra allerede udførte kortlægningsopgaver samt lodsejerinformation.

3.7 Referencer

Det forventes, at rådgiver som udgangspunkt er bekendt med og arbejder efter de nyeste vejledninger.

/1/. Miljøstyrelsen . (UDKAST 2017). *Opstart - analyse af eksisterende data og anbefalinger.*

<https://mst.dk/media/toshrqdb/opstart-analyse-af-eksisterende-data-og-anbefalinger.pdf>

4. Geoelektrisk geofysik

4.1 Formål og baggrund

Formålet med at anvende elektriske- og elektromagnetiske metoder i grundvandskortlægningen, er at kortlægge et områdes geologiske strukturer. Metoderne kan bidrage væsentligt til områdes geologiske forståelse af magasinudbredelse, sammensætning af dæklag, vandindhold og permeabilitet. Desuden kan den geoelektrisk undersøgelse give et vigtigt bidrag til tolkningen af andre geofysiske data og til forståelsen af eksisterende boringers repræsentative værdi i området. Resultatet af den geofysisk kortlægning skal bidrage til den geologiske model og dermed give en øget forståelse af de hydrogeologiske forhold i kortlægningsområdet.

Langt hovedparten af den geoelektriske geofysik, der er indsamlet i grundvandskortlægningen, er baseret på den transiente elektromagnetiske metode (TEM). De foreliggende kravspecifikationer er derfor primært skrevet med udgangspunkt i erfaringerne med denne metode. Andre geoelektriske metoder, som f. eks. ERT (DC og DCIP), MRS, Georadar, elektromagnetiske metoder i frekvensdomænet samt passive elektromagnetiske metoder (magnetotelluric) kan også anvendes. I sådanne tilfælde skal indsamling, processering og tolkning af de indsamlede data tilnærmes de enkelte delopgaver, krav og leverancer, som er beskrevet i nærværende kravspecifikation.

4.2 Opgave

Arbejdet med den geofysiske kortlægning sker fortrinsvist i de første faser af i et kortlægningsprojekt. Opgaver, delopgaver og leverancer er vist i nedenstående oversigt med henvisninger til detaljeret beskrivelse i efterfølgende afsnit.

Afsnit 4.3: Planlægning af geofysik kortlægning		
Delopgave		Leverance
A	Opgavebeskrivelse Milepælsplan Kommunikationsplan Kvalitetssikringsprocedurer Målekonfiguration/-specifikationer	Notat
B	Indhentning af ledningsoplysninger, hvis det vurderes nødvendigt Anbefaling til kortlægning	Notat
C	Udførelse af testmålinger i kortlægningsområdet	Notat
Afsnit 4.4: Indsamling af geofysiske data		
Delopgave		Leverance
A	Indsamling af geofysik data	Rådatarapport
B	Daglig kvalitetsvurdering af indsamlede data	E-mail/notat
Afsnit 4.5: Processering af geofysiske data		
Delopgave		Leverance
A	Kontrol af rådatarapport og udleverede rådata	Skriftlig godkendelse af rådatarapport

B	Processeringsparametre	Notat + møde
C	Processering af målte data	Aarhus Workbench-projekt med dokumentation
Afsnit 4.6: Inversion af geofysiske data		
Delopgave		Leverance
A	Inversionsparametre	Notat + møde
B	Indledende inversion Evt. revidering af processering	Aarhus Workbench-projekt med dokumentation
C	Inversion	Aarhus Workbench-projekt med dokumentation
D	Kontrol af inversion	Aarhus Workbench-projekt med dokumentation
Afsnit 4.7: Afrapportering		
Delopgave		Leverance
A	Beskrivelse af opgaven inkl. dataindsamling, processering og tolkning	Rapport
B	Visualisering af resultater inkl. anbefalet farveskala	Rapport og GIS-filer
C	Beskrivelse af resultater	Rapport
D	Indberetning til GERDA og Rapportdatabasen	Dataindberetning
E	Endelig Aarhus Workbench aflevering	Aarhus Workbench-projekt med dokumentation
Afsnit 4.8: Kvalitetssikring		
Delopgave		Leverance
A	Kvalitetssikring	Notat/kort/skema
B	Logbog	Rapport
Afsnit 4.9: Varetagelse af afgrødeskadeerstatninger		
Delopgave		Leverance
A	Fotodokumentation af evt. afgrødeskader	Fotos samt dokumentation
B	Opmåling af afgrødeskader	Kort over skader på matrikelniveau
C	Erstatningsbreve med dokumentation	Erstatningsbreve
D	Aftale med lodsejere om erstatninger	Erstatningsbreve

4.3 Planlægning af geofysisk kortlægning

En opgave med geoelektrisk dataindsamling i regi af grundvandskortlægningen starter med en grundig planlægning, som ender ud i en opgavebeskrivelse.

Under placeringen af de geofysiske målinger vurderes, om der er faktorer, som kan have negativ eller positiv indvirkning på kvaliteten af data. Især den forventede geologi i fokusintervallet og kortlægningsområdets infrastruktur skal vurderes. De geofysiske målingers placering samt indsamlingsparametre skal bestemmes i forarbejdet, således at den bedst mulige datakvalitet opnås.

Der skal desuden præsenteres en plan for dataindsamlingen med indlagte milepæle, samt beskrivelse af kvalitetssikring under dataindsamling.

Forud for feltarbejdets igangsættelse ønskes som udgangspunkt følgende:

- Indhentning af geofysiske oplysninger fra GERDA-databasen samt ledningsoplysninger, hvis det vurderes nødvendigt.
- Fastsættelse af fokusinterval i dybde, der skal kortlægges.
- Vurdering af geologi (beskrivelse af forventet lithologi, strukturer mv.) i området til understøttelse af valgte geofysiske metode.
- Målekonfiguration, samt ønsket opløsning og indtrængningsdybde besluttet i samarbejde med Miljøstyrelsen.
- Risikoanalyse og –vurdering.
- Anbefaling til videre dataindsamling baseret på ovenstående punkter. Miljøstyrelsen skal godkende anbefalingen inden videre arbejde.
- Placering af målepunkter/målelinjer udføres i samarbejde med Miljøstyrelsen.
- Advisering af berørte lodsejere.

I samarbejde med Miljøstyrelsen aftales arbejdet omkring testmålinger. Aftalen skal dokumenteres i notatform. Planlægningsnotatet skal godkendes af Miljøstyrelsen, inden dataindsamlingen igangsættes.

4.4 Indsamling af geofysiske data

Forud for en geofysisk kortlægning skal det sikres at data kan sammenstilles og sammenlignes med de eksisterende geofysiske datasæt, f.eks. ved at sikre geografisk overlap mellem data. Hvis muligt, skal de elektromagnetiske metoder (WalkTEM, TEM40, SkyTEM, tTEM og MRS) sammenlignes med andre elektromagnetiske data og de galvaniske metoder (MEP) skal sammenlignes med de omkringliggende galvaniske metoder.

Ved dataindsamling gælder at:

- Miljøstyrelsen vil kræve, at det til kortlægningen benyttede måleudstyr skal kalibreres på det nationale geofysiske teststed. Hvis dette ikke er muligt, skal det godkendes af Miljøstyrelsen.
- Rådgiver kan bistå Miljøstyrelsen i forbindelse med indsamling af SkyTEM data, som udføres af anden operatør.
- Miljøstyrelsen kan kræve, at det til kortlægningen benyttede måleudstyr skal kalibreres via lokalt teststed.
- Ved indsamling af MRS skal der udføres støjtests, "Rx gain factor checking", "Tuning frequencies" og frekvenstests.
- Ved indsamling af MRS skal måleparametre som stakantal og filtre fastsættes ud fra tests.
- Ved indsamling af MRS skal opsætning af måleudstyr ske med pløkke, målebånd og kompas.
- Målingerne skal foretages i henhold til metodes respektive vejledning:
 - WalkTEM og TEM40 /1/ og /2/
 - SkyTEM /3/
 - MEP /4/
 - MRS /6/
 - tTEM /7/
 - GCM data indsamles under henvisning til gældende standard fra Geofysik-samarbejdet ved Aarhus Universitet.

Rådgiver vurderer kvaliteten af dagens produktion og fremsender anbefaling til den videre geofysiske dataindsamling. Det er specielt en vurdering af datakvalitet ift., at geologien kan tolkes i dybdefokusintervallet inden for kortlægningsområdet. Miljøstyrelsen tager beslutning om det videre forløb af den geofysiske dataindsamling (ændre, tilføje eller sløjfe hele eller dele af kortlægningen).

Specielt for MRS dataindsamling skal indledende støjmålinger udføres forud for fastlæggelsen af MRS målepunktet. Efter MRS målingen er gennemført, udføres en supplerende TEM sondering med samme centrum af målekonfiguration som MRS målingen. Denne måling udføres med henblik på at få inddeling af undergrundens elektriske modstande. Datakvalitet for MRS vurderes i henhold til, om de hydrologiske parametre, såsom porøsitet vandindhold og permeabilitet, kan beregnes inden for dybdefokusintervallet.

4.5 Processering af geofysiske data

Software benyttet til processering skal godkendes af Miljøstyrelsen. Uanset hvilken software, der anvendes, skal den i vejledningerne beskrive fremgangsmåde benyttes. Hvis intet andet software er aftalt, skal der som udgangspunkt anvendes Aarhus Workbench. SPIA skal som udgangspunkt anvendes ved processering af TEM40 og WalkTEM.

Rådgiver fremsender som udgangspunkt Aarhus Workbench-arbejdsprojekt senest 3 arbejdsdage inden et møde med Miljøstyrelsen, hvor parametre til processeringen skal drøftes. De endelige processeringsparametre skal fremsendes i et kort notat. Efter endt processering skal Miljøstyrelsen godkende processeringen, inden videre arbejde i kortlægningsprojektet igangsættes.

Rådgiver skal minimum en gang om måneden udarbejde et kort statusnotat over forløbet af processeringsarbejdet.

4.6 Inversion af geofysiske data

Software benyttet til inversion skal godkendes af Miljøstyrelsen. Uanset hvilken software, der anvendes, skal den i vejledningerne beskrive fremgangsmåde benyttes. Hvis intet andet software er aftalt, skal der som udgangspunkt anvendes Aarhus Workbench. De processerede data skal som udgangspunkt inverteres som fålagsmodel (3-6 lag) og mangelagsmodel (Smooth).

Der kan efter aftale med Miljøstyrelsen leveres andre tolkninger, f.eks. Sharp model, hvis det vurderes at dette har værdi for projektområdet. Dette skal beskrives i et kort notat over leverancer. Det konkretiseres i de enkelte projekter hvilke inversionsmetoder, der anvendes, og de skal godkendes af Miljøstyrelsen inden videre arbejde.

Rådgiver fremsender som udgangspunkt Aarhus Workbench-arbejdsprojekt senest 3 arbejdsdage inden et møde med Miljøstyrelsen, hvor inversionsparametre drøftes. De endelige inversionsparametre fremsendes i et kort notat. Efter endt inversion skal Miljøstyrelsen godkende den endelige inversion, inden videre arbejde i kortlægningsprojektet igangsættes.

Rådgiver skal minimum en gang om måneden fremsende et kort statusnotat over forløbet af inversionsarbejdet til godkendelse.

4.7 Afrapportering

4.7.1 Afrapportering af geofysisk dataindsamling

Som udgangspunkt skal en afrapportering for en geofysisk dataindsamling indeholde følgende:

- Et kort, der viser placeringen af de nyindsamlede data sammen med eksisterende data i GERDA.
- Kort over infrastruktur der blev betragtet i planlægningen af dataindsamlingen.

- En dokumentation for den anvendte udstyrskalibrering på det nationale geofysiske teststed, indeholdende en sammenligning med den geofysiske referencemodel samt en beskrivelse af den udførte kalibrering af udstyret.
- Et kort, der viser kvalitetsparametre for de indsamlede data samt en beskrivelse af den generelle datakvalitet.
- Beskrivelse af dataleverancen for de indsamlede geofysiske målinger.
- Logbog, der beskriver forhold (fx vejr), særlige tiltag samt andet relevant i forbindelse med dataindsamlingen.
- En beskrivelse af det anvendte måleudstyr skal vedlægges rapporten digitalt. Beskrivelsen skal indeholde de instrumentoplysninger, fx udstyrsspecifikationer og anvendte indstillinger, som rådgiver ifølge Geofysiksarbejdets vejledninger skal indberette til GERDA. Dokumentet skal også indeholde en beskrivelse af GPS-instrumentet og dets målenøjagtighed.

4.7.2 Afrapportering af processering og inversion

Som udgangspunkt skal afrapporteringen for processering og inversion indeholde:

- Beskrivelse af dataindsamling samt overvejelser i forbindelse med valg af instrumentering, målekonfiguration, opløsning af geologien og geofysisk indtrængningsdybde.
- Beskrivelse af processering (herunder beskrivelse af de benyttede parameterindstillinger).
- Beskrivelse af inversion (inkl. tabeller over benyttede parameterindstillinger samt overvejelser i forbindelse med valg af antal af lag).
- Kvalitetssikringskemaer og beskrivelse af kvalitetssikrings-procedurer.
- Overvejelser omkring farveskala anbefalet til geologisk tolkning.
- Såfremt den anbefalede farveskala afviger fra standard-farveskalaen i Aarhus Workbench, skal denne afleveres sammen med Aarhus Workbench-projektet.
- Overvejelser omkring de generelle modstandsforhold for lithologier i området.
- Lokaliseringskort med målepunkter og angivelse af kasserede data.
- Ved overlap med eksisterende kortlægninger sammenlignes modeller i det overlappende område. Eventuelle uoverensstemmelser beskrives og forklares.
- Resultater skal indeholde:
 - Lokaliseringskort med målepunkter og angivelse af kasserede data
 - Middelmodstandskort i 5 til 10 meters koteintervaller
 - Middelmodstandskort i 5 til 10 meters dybdeintervaller fra terræn til 40 meters dybde
 - Udvalgte beskrevne profiler
 - Kort over koten af den gode leder, baseret på histogram
 - Kort med dataresidual for inverterede data
 - Kort med forskel mellem målt og inverteret flyvehøjde (SkyTEM)
 - Kort over antal datapunkter per geofysisk model
- De tolkede data skal leveres i et format der kan præsenteres i et GeoScene3D-projekt.
- Såfremt den anbefalede farveskala afviger fra standard-farveskalaen i Aarhus Workbench, skal den anbefalede farveskala afleveres i et format, som kan indlæses i GeoScene3D.
- Arbejdsdata, rådata, GERDA-database, GIS-filer skal afleveres digitalt.

Ved MRS skal afrapporteringen yderligere indeholde:

- Den vertikale fordeling af vandindholdet med henfaldstiden T1 og T2
- MRS-estimering af permeabiliteten versus dybde
- MRS-estimering af transmissiviteten versus dybde
- Vertikal fordeling af henfaldstiden T1 og T2

- Amplituden af det første signal, inversionstilpasningen og den gennemsnitlige støj versus pulsparameter
- Amplituden af de to signaler versus pulsparametrene samt inversionstilpasningen
- Larmor-frekvensen versus pulsparametrene
- Gennemsnitskurver gennem de to datasignalsæt samt den gennemsnitlige støj versus pulsparametrene
- Skematisk oversigt over måleparametre for hver MRS-sondering
- Sammenfattet visualisering og vurdering af MRS-resultaternes hydrauliske data

Rådgiver skal minimum en gang om måneden udarbejde et kort statusnotat over de igangværende undersøgelser forløb.

4.7.3 Indberetning til GERDA og Rapportdatabasen

Rådata, processerede data og modeller indberettes til GERDA inden for en måned efter færdiggørelse af rapport. Der følges forskrifterne for indberetning på GEUS' hjemmeside for GERDA og vejledninger fra Geofysiksamarbejdet. Indberetningen af rapporten til Rapportdatabasen hos GEUS skal ske inden for en måned efter at Miljøstyrelsen har godkendt rapporten.

4.7.4 Software

I rapporten skal der beskrives, hvilken software er anvendt til processering og inversion af data, inklusiv versionsnummer.

4.8 Kvalitetssikring

Kvalitetssikring af data, mellemresultater og det endelige resultat beskrives.

Proceduren for kvalitetssikringen skal bestemmes og godkendes af Miljøstyrelsen, inden arbejdet igangsættes.

Der skal udføres logbog over hele opgaven – justeringer, vurderinger, analyser, kvalitetssikring etc. skal løbende dokumenteres.

4.9 Varetagelse af afgrødeerstatning

Ved geofysisk kortlægning er rådgiver forpligtet til at begrænse eventuelle skaders omfang i forbindelse med feltarbejder. Såfremt det kan forudsiges, at der er sandsynlighed for afgrøde- og strukturskader, skal Miljøstyrelsen straks underrettes med henblik på at foretage en fælles vurdering om fortsættelsen af den videre kortlægning.

Rådgivers feltmedarbejdere skal undervejs i kortlægningen holde øje med, om måleudstyret forårsager afgrøde- eller strukturskader. Ved udstyrs-, afgrøde- eller strukturskader skal Miljøstyrelsen underrettes så hurtigt som muligt. Arealer, hvor der vurderes at være sket en skade, opmåles og fotograferes, og materialet fremsendes til Miljøstyrelsen inden for 2 arbejdsdage efter, skaden er sket. Miljøstyrelsen forbeholder sig ret til at kræve, at dataindsamlingen bliver dokumenteret på video. Det beslutes forud for dataindsamlingen, om videodokumentation skal anvendes. Evt. optagelser skal slettes senest efter et år, med mindre der er uenighed mellem lodsejer og Miljøstyrelsen om omfanget af eventuelle afgrøde-, udstyrs- og/eller strukturskader.

Rådgiver skal bistå Miljøstyrelsen i dialog med lodsejer om erstatningsaftaler og udarbejde erstatningsbrev til lodsejer med dokumentation. Miljøstyrelsen står for udsendelse af materiale til lodsejer, samt udbetaling af erstatning.

4.10 Miljøstyrelsens ydelser

Miljøstyrelsen kan levere oplysninger fra allerede udførte kortlægningsopgaver samt lodsejerinformation. Geologisk information om områderne i form af boringsoplysninger samt resultater fra tidligere udførte geofysiske måleresultater forefindes i Jupiter og GERDA.

4.11 Referencer

Det forventes, at rådgiver som udgangspunkt er bekendt med og arbejder efter de nyeste vejledninger og kravspecifikationer, der er udarbejdet af Geofysiksamarbejdet (www.gfs.au.dk).

- /1/. Vejledning i udførelse af TEM målinger, november 2002
https://hgg.au.dk/fileadmin/HGGfiles/Reports/DK_reports/Vejledning_TEM.pdf
- /2/. Vejledning i kalibrering af TEM måleudstyr, november 2002
https://hgg.au.dk/fileadmin/HGGfiles/Reports/DK_reports/vejledning_kalibreringssondering_2002.pdf
- /3/. Vejledning og kravspecifikation for SkyTEM-målinger, processering og inversion, version 2.5, GeoFysikSamarbejdet, november 2011
https://hgg.au.dk/fileadmin/HGGfiles/Reports/Guide_SkyTEM_DK.pdf
- /4/. Vejledning og kravspecifikation for MEP-målinger, data-processering og tolkning, version 2.0, GeoFysikSamarbejdet, oktober 2015
https://hgg.au.dk/fileadmin/HGGfiles/Reports/DK_reports/Vejledning_MEP.pdf
- /5/. Vejledning i udførelse af PACES målinger, GeoFysikSamarbejdet, januar 2008
https://hgg.au.dk/fileadmin/HGGfiles/Reports/DK_reports/Vejledning_PACES.pdf
- /6/. Número monográfico, Special Issue on - Magnetic Resonance Sounding, A reality in applied Hydrogeophysics, J.J. Durán, Madrid, Julio-Septiembre 2007, Volumen 118, Boletín Geológico y Minero.
http://www.iris-instruments.com/Pdf_file/Magnetic_Resonance/field_work_operation.pdf
- /7/. Guideline and standards for tTEM data collection, processing, and inversion. HGG. Aarhus University. September 2020
https://hgg.au.dk/fileadmin/HGGfiles/Reports/Guide_tTEM.pdf

5. Seismik

5.1 Formål og baggrund

Formålet med at anvende seismiske metoder i grundvandskortlægningen er at kortlægge et områdes geologiske strukturer. Metoderne kan bidrage væsentligt til en forståelse af et områdes dannelseshistorie og tektoniske forhold. Desuden kan den seismiske undersøgelse give et vigtigt bidrag til tolkningen af andre geofysiske data og til forståelsen af eksisterende boringers repræsentative værdi i området. Resultatet af den seismiske kortlægning skal bidrage til den geologiske model og dermed give en øget forståelse af de hydrogeologiske forhold i kortlægningsområdet.

Langt hovedparten af den seismik, der er indsamlet i grundvandskortlægningen, er baseret på den reflektionsseismiske metode. De foreliggende kravspecifikationer er derfor skrevet med udgangspunkt i erfaringerne med denne metode. Andre seismiske metoder, som f. eks. refraktionsseismik og S-bølge seismik, kan også anvendes. I sådanne tilfælde skal indsamling, processering og tolkning af de seismiske data tilnærmes de enkelte delopgaver, krav og leverancer, som er beskrevet i nærværende kravspecifikation.

5.2 Opgave

Opgaver, delopgaver og leverancer ved anvendelse af de seismiske metoder er vist i nedenstående oversigt med henvisninger til detaljeret beskrivelse i efterfølgende afsnit.

Afsnit 5.3: Planlægning af feltkampagne		
Delopgaver		Leverance
A	Opgavebeskrivelse Milepælsplan Kommunikationsplan Kvalitetssikringsprocedurer Målekonfiguration/-specifikationer	Notat
B	Placering af seismiske linjer	Kort over planlagte seismiske linjer GIS-filer med planlagte seismiske linjer
C	Advisering og indhentning af tilladelser	Advisering / Tilladelser
Afsnit 5.4: Indsamling af seismiske data		
Delopgaver		Leverance
A	Optage testlinje Beskrivelse af kvalitet og vurdering af setup og resultater ift. den stillede opgave.	Testlinje Notat med kvalitetsvurdering
B	Indsamling af data	Rådata Positionsdata Rawinfo fil
C	Dag til dag processering, foreløbigt processeret samt kvalitetsvurderet	E-mail/notat
D	Daglig kommunikation ang. resultater og kvalitet	E-mail

Afsnit 5.5: Processering af seismiske data		
Delopgaver		Leverance
A	Processering af de seismiske data	Basic stack Full stack Final stack Migrated stack Stackinfo fil
Afsnit 5.6: Tolkning af seismiske data		
Delopgaver		Leverance
A	Tolkning af de seismiske data	Tolkede seismiske profiler (både i tid og dybde) i et format, der kan indlæses i GeoScene3D /4/ eller andet tolkningsprogram aftalt med Miljøstyrelsen. Tolkninger af geologiske horisonter/flader i XYZ format (både i tid og dybde), som kan indlæses i bl.a. GeoScene3D og GIS-programmer.
Afsnit 5.7: VSP		
Delopgaver		Leverance
A	Planlægning af dataindsamling: Opgavebeskrivelse, placering iht. tilgængelige borer og planlagte/indsamlede seismiske data, indsamlings-specifikationer ift. geologi	Notat
B	Advisering og indhentning af tilladelser	Advisering Tilladelser
C	Dataindsamling	Rådata Positionsdata
D	Processering af VSP	Processerede seismiske data i SEG-Y format og billedformat Formationshastigheder
Afsnit 5.8: afrapportering og indberetning		
Delopgaver		Leverance
A	Alle delleverancer afrapporteres samlet skriftligt i en sammenhængende rapport. Ved længerevarende projekter kan det aftales at levere skriftlige notater ang. specifikke delleverancer. Dette aftales på forhånd med Miljøstyrelsen.	Rapport
B	Indberetning af data. Gælder al standard data tilknyttet projektet. Aftales med Miljøstyrelsen.	Dataindberetning til Gerda og evt. andre databaser i billedformat og segy.
Afsnit 5.9: Kvalitetssikring		
Delopgaver		Leverance
A	Kvalitetssikring	Notat/kort/skema
B	Logbog	Rapport

Afsnit 5.10: Varetagelse af afgrødeskadeerstatninger		
Delopgaver		Leverance
A	Fotodokumentation af evt. afgrødeskader	Fotos samt dokumentation
B	Opmåling af afgrødeskader	Kort over skader på matrikelniveau
C	Erstatningsbreve med dokumentation	Erstatningsbreve
D	Aftale med lodsejere om erstatninger	Erstatningsbreve

5.3 Planlægning af feltkampagne

En opgave med seismisk dataindsamling i regi af grundvandskortlægningen starter med en grundig planlægning, som ender ud i en opgavebeskrivelse. Under placeringen af de seismiske linjer vurderes, om der er faktorer, som kan have negativ eller positiv indvirkning på kvaliteten af data. Det er specielt den forventede geologi i dybdefokusintervallet og dens akustiske respons, der skal vurderes ift. forventet signal og kvalitet af data, så det formås at afbillede geologien i de resulterende seismiske data.

Hvis der findes dybe borer af god kvalitet (lithologi beskrivelse, log-data) i området, lægges de seismiske linjer så tæt på disse som muligt, således at de seismiske enheder kan korreleres til sedimentære enheder i boringen, og at der kan opnås en god relation mellem seismisk tid og geologisk dybde. Antal af borer i området, kvalitet og dybde af dem m.m. skal vurderes, så forarbejdet er gjort bedst muligt. Data vurderes ift. muligheden for at foretage en god tids/dybde konvertering af de seismiske data, da det er en forudsætning for, at seismiske data kan anvendes i det videre modelarbejde. Hvis der forefindes eller indsamles vertikale seismiske profiler (VSP) eller andre hastighedsmålinger, skal disse anvendes i korrelationen mellem seismiske data og geologiske.

Hvis der er kendskab til markante geologiske strukturer, som begravede dale, saltstrukturer og forkastninger, skal linjernes placering tilpasses den forventede orientering af disse. Samme gælder forventede horisontale faciesskift. Består kampagnen af flere seismiske linjer, er det en stor fordel, at de planlægges således, at linjerne krydser hinanden. Dette vil i den senere tolkning gøre det muligt at få en god sammenhæng i den geologiske tolkning fra en linje til en anden.

Andre faktorer, som har betydning for kvalitet af de seismiske data, såsom tykkelsen af den umættede zone og lerdæklag, skal også tages i betragtning. De seismiske linjers placering samt indsamlingsparametre som geometrisk setup og energikilde skal bestemmes i forarbejdet, således at den bedst mulige datakvalitet opnås.

Datagrundlaget for en geologisk model i projektområdet vurderes, og det skal tilstræbes, at de seismiske linjer bidrager med viden, der hvor behovet er. Findes der anden geofysik i området, kan de seismiske linjer med fordel placeres således, at de forskellige metoder kan supplere og verificere hinanden m.h.t. den geologiske tolkning.

De seismiske linjer kan placeres både på vej og på mark.

De planlagte seismiske undersøgelser skal præsenteres for Miljøstyrelsen med begrundede overvejelser for og imod dataindsamling med denne metode. Der skal desuden præsenteres en tidsplan for dataindsamlingen med indlagte milepæle og kommunikationsplan. Kvalitetssikring under dataindsamlingen skal også beskrives, og fremgå af milepæls- og kommunikationsplanen.

Arbejde og plan for advisering og indhentning af tilladelser specificeres i projektet.

Rådgiver forestår følgende processer:

- Indhenter tilladelser fra relevante myndigheder/ejere af veje til udførelse af seismik på såvel offentlige som private veje og marker.
- Foretager løbende opfølgning af kortlægningens fremskridt til relevante myndigheder/ejere af veje og marker.
- Foretager de nødvendige foranstaltninger, som eventuelt beordres af myndighederne/ejere af veje og marker.
- Foretager skriftlig advisering i form af brev af berørte grundejere langs vejen/på marken, hvor der måles seismik kort tid inden igangsættelse af kortlægningen, i fald seismikken skal måles om natten.
- Kontakter relevante trafikradioer, således at eventuelle trafikgener grundet kortlægningen offentliggøres på relevante tidspunkter.

Miljøstyrelsen orienteres om ovenstående via e-mail.

5.4 Indsamling af seismiske data

Det er af afgørende betydning, at kvaliteten af data bliver god, og derfor skal kvaliteten af data under indsamlingsprocessen vurderes løbende og i samråd med Miljøstyrelsen.

I hvert kortlægningsområde laves en testlinje som start på dataindsamlingen. I samråd med Miljøstyrelsen bestemmes det, hvor og hvor lang testlinjen skal være. Det har betydning for placering af testlinje hvilken geologi, der skal kortlægges, og hvad testlinjen tilsvarende repræsenterer. Dermed vil der kunne være flere testlinjer, der viser det seismiske respons for forskellige geologiske formationer. De seismiske data skal allerede vurderes i felten, hvor energinedtrængning og kvalitet af data i fokusdybden skal vurderes løbende. Evt. støjkilder skal beskrives. Testlinjen processeres og fremsendes til Miljøstyrelsen til gennemsyn med en tilhørende præsentation af kvalitet og eventuelle problemstillinger. Dette skal ske hurtigst muligt efter aftale i opgavens planlægningsforløbet. Afhængigt af resultaterne af testlinjen/-rne afgøres det, om der med fordel skal ske ændringer i optageparametrene, og om kortlægningen fortsættes i området.

Der skal anvendes en energikilde, som er egnet til formålet for den givne geologi. Rådgiver skal inden dataindsamling beskrive den eller de seismiske metoder, der foreslås anvendt med angivelse af forventet frekvensområde, sampleinterval, skudafstand, geofonafstand, antal geofoner, CMP afstand og optagerlængde m.v. Af testlinjen med tilhørende kommentarer og dataanalyse skal det faktisk opnåede frekvensindhold i data fremgå, herunder en angivelse af det for data mest betydende frekvensområde.

Positioneringen af de enkelte kildepunkter skal bestemmes ved hjælp af en differentiel GPS.

Der ønskes foretaget en dag-til-dag-processering under dataindsamlingen. Observationer i felten omkring rådata, såsom energinedtrængning generelt for dagens skud ift. forventet geologi, skal præsenteres. Hver feltdag afsluttes med en foreløbig processeering af dagens produktion, som fremsendes med tilhørende forklaring af kvalitet og problemstillinger til Miljøstyrelsen til vurdering. Miljøstyrelsen vurderer løbende i samråd med rådgiver kvaliteten af den foregående dags produktion, og tager beslutning i samråd med rådgiver om det videre forløb af de seismiske undersøgelser (ændre, tilføj eller sløjfe hele eller dele af kortlægningen).

Under feltarbejdet skal rådgiver fra dag til dag skriftligt afrapportere fremdrift af dataindsamlingen samt kvalitetsvurdering. Dataeksempler skal inkluderes. Når dataindsamling forløber problemfrit med data af god kvalitet (vurderet af Miljøstyrelsen i samråd med

rådgiver), kan en ugentlig fremdrifts-/kvalitetsrapport aftales. Dataindsamlingen afrapporteres skriftligt i en rapport, der skal indeholde en beskrivelse af den anvendte metode, indsamlingsparametre, feltarbejdets forløb og så vidt muligt en illustration af kvaliteten af data.

De seismiske rådata, Rawinfo filen og positionsdata skal opfylde kravene i den nyeste version af "Kravspecifikationer for reflektionsseismiske data optaget i forbindelse med hydrogeologiske undersøgelser" /1/ og indlæses af rådgiver i den Nationale Geofysik Database (GERDA) efter retningslinjer fra GEUS.

5.5 Processering af seismiske data

Der ønskes anvendt en "crooked line" geometri i områder med knæk og sving på veje/linjer, således at de eksakte positioner for de enkelte kildepunkter og optagestationer anvendes.

Det skal tilstræbes, at der i processeringen dæmpes artefakter som fx multipler og diffraktioner, dog uden at det reelle signal forringes. Disse skal beskrives og dokumenteres i afrapportering.

For at kunne kvalitetssikre de anvendte processeringstrin ønskes de stackede data leveret digitalt i tre umigrerede versioner og i en migreret version i SEG-Y og pdf-format med tilhørende data- og kvalitetsbeskrivelser.

De fire versioner skal være navngivet:

1. Basic stack
2. Full stack
3. Final stack
4. Migrated stack

Se en nærmere beskrivelse af de enkelte stack-typer og Stackinfo filen i "Vejledning til kravspecifikationerne for reflektionsseismiske data optaget i forbindelse med hydrogeologiske undersøgelser" /2/.

Den endelige processering skal afrapporteres skriftligt i en rapport, der skal indeholde en beskrivelse af kvaliteten af data og den anvendte processeringssekvens. Beslutninger omkring processering begrundes og forklares, suppleret med illustrationer/figurer af data. Desuden skal rapporten indeholde de færdig processerede seismiske profiler som bilag i høj opløsning og et oversigtskort i et passende målestoksforhold, der viser placeringen af de seismiske linjer og anden relevant information, som f.eks. markering af skudpunkt og 'common depth point' (CDP-punkter).

De stackede seismiske data og Stackinfo filen skal opfylde kravene i den nyeste version af "Kravspecifikationer for reflektionsseismiske data optaget i forbindelse med hydrogeologiske undersøgelser" /1/ og indlæses af rådgiver i den Nationale Geofysik Database (GERDA) efter retningslinjer fra GEUS.

5.6 Tolkning af seismiske data

Der ønskes foretaget en geologisk tolkning af de seismiske data, som kan indgå i en geologisk model for området. Det vil sige, at de geologiske laggrænser og strukturer af betydning for den geologiske og hydrologiske model skal bestemmes mht. x, y og z i et valgt koordinatsystem. Konverteringen af de seismiske data fra tid til dybde skal beskrives og usikkerheder i denne forbindelse skal vurderes.

Inden den geologiske tolkning foretages, skal de forskellige versioner af stakkede og migrerede data gennemses. Sammen med Miljøstyrelsen vælges den version, der afspejler den geologiske virkelighed bedst muligt til brug i den videre tolkning. Det samme gælder for tids/dybde konvertering.

Alle kendte data (boringer, logdata, anden geofysik samt eksisterende geologiske modeltolkninger), rapporter og publikationer bør indgå i overvejelserne omkring hvilke geologiske enheder og strukturer, der findes i området, som støtte for tolkningen.

Den endelige tolkning skal afrapporteres skriftligt i en rapport, hvori de tolkede seismiske profiler skal indgå. Det ønskes markeret på profilerne, om tolkningen er sikker eller usikker, og det skal beskrives i teksten, hvad usikkerheden baseres på. Desuden ønskes referencer til data og information, som har støttet tolkningen.

De tolkede seismiske profiler ønskes også leveret digitalt i et format, både dataformat (SEG-Y/ascii), GIS-format og billedformat i høj opløsning, således at de kan importeres i diverse software (bl.a. GeoScene3D). Tolkninger af geologiske horisonter/flader i XYZ format (både i tid og dybde), som kan indlæses i bl.a. GeoScene3D og GIS-programmer, skal leveres med data.

5.7 VSP

For indsamling af VSP skal placeringen vurderes ud fra geologien, der forventes kortlagt i de seismiske data. Det er vigtigt, at planlægningen tager højde for hvilke geologiske formationer, der ønskes kortlagt med de seismiske data sammenlignet med de formationer, der vil blive undersøgt med en VSP. Med VSP menes der vertikal seismisk profil, der optages og processeres i lighed med seismiske data. Resultatet er et seismisk profil repræsenterende refleksioner af laggrænser ved boringens placering.

VSP data eller anden målt hastighedsdata (check shot) anvendes til at sammenkæde geologi i en boring (data i dybde) med refleksioner i de seismiske data (i tid). Det er vigtigt, at der kan foretages en god tids-dybde konvertering.

Indsamlings-setup og energikilde samt processeringssekvens skal bestemmes således, at den bedst mulige datakvalitet opnås. En VSP indsamling skal repræsentere den/de geologiske formationer, der skal indsamles seismiske data af, og VSP målingen skal ligge så tæt på en seismisk linje som muligt, så synergien mellem de to typer data udnyttes bedst muligt. Boringer, der er anvendelige til formålet mht. fx dybde og placering, bestemmes, og det vurderes herefter, i hvilken boring det bedste resultat opnås ift. geologien og de seismiske linjer.

Arbejdet med VSP skal udføres under henvisning til /4/. Det konkretiseres i de enkelte projekter, om der er yderligere, der skal specificeres.

I forhold til indhentning af tilladelser og advisering specificeres det i projektet.

Rådgiver forestår følgende:

- Indhenter tilladelser fra relevante myndigheder/ejere af boring/-er til udførelse af VSP/hastighedsmålinger.
- Foretager løbende opfølgning af dataindsamlingens fremskridt til relevante myndigheder/ejere af boring/-er.
- Foretager de nødvendige foranstaltninger, som eventuelt beordres af myndighederne/ejere af boring/-er.

- Foretager skriftlig advisering i form af brev af berørte grundejere langs vejen til en boring, hvor der måles VSP, kort tid inden igangsættelse af dataindsamlingen, i fuld seismikken skal måles om natten.

Miljøstyrelsen orienteres om ovenstående via e-mail.

5.8 Afrapportering og indberetning

Det kan efter aftale med Miljøstyrelsen godkendes, at alt vedrørende en seismisk dataindsamling og tolkning afleveres i én rapport frem for delrapporter/notater eller omvendt, afhængig af et projekts varighed/størrelse. Dette fastsættes i opgavebeskrivelsen i projekts begyndelse.

Den endelige afrapportering skal som minimum indeholde:

- Beskrivelse af den anvendte metode med den anvendte målekonfiguration, samt ønsket opløsning og indtrængningsdybde. Overvejelser omkring dataindsamlinger før, under og efter projektet skal beskrives og drøftes, og beslutninger skal begrundes.
 - Beskrivelse af feltarbejdets forløb.
 - Beskrivelse af og illustration af kvaliteten af data og resultater ift. den stillede opgave (fokusdybden og geologi).
 - Beskrivelse af processeringen.
 - Beskrivelse og konklusion af tolkningen – herunder diskussion eller præcisering af usikre tolkninger.
 - De færdig processerede seismiske profiler i høj opløsning i figurer.
 - Oversigtskort i et passende målestoksforhold, der viser placeringen af de seismiske linjer og anden relevant information, som f.eks. skudpunkter eller 'common depth point' (CDP-punkter).
 - De færdigt tolkede seismiske profiler i høj opløsning i figurer.
 - Bilag med adviseringsmateriale og evt. tilladelse fra offentlige myndigheder/vejere.
 - Arbejdsdata, rådata, GERDA-database, GIS-filer mm. skal afrapporteres digitalt.

Desuden skal de indsamlede data og resultater afrapporteres digitalt indeholdende:

- Alle data, der er nødvendige for en evt. reprocessering af de indsamlede data (evt. af 3. part). Data skal overholde kravene i den nyeste version af "Kravspecifikation for refleksionsseismiske data optaget i forbindelse med hydrogeologiske undersøgelser".
- De seismiske rådata leveres digitalt i SEG-Y, SEG-D eller SEG-2 format sammen med positionsdata.
- En simpel ASCII tekst file (Info file) med metadata til indlæsning af de binære filer skal følge både de seismiske rådata og de stackede data.
- De stackede data skal leveres digitalt i 3 umigrerede versioner og i en migreret version i SEG-Y format.
- De stackede data skal leveres digitalt i tre umigrerede versioner og i en migreret version i pdf-format.
- De tolkede profiler leveres i både et højopløst billedformat og PDF. Tolkninger af geologiske lag skal også afleveres i XYZ-format (ascii og GIS-tabel). Det skal være muligt at kunne lægge data direkte ind i software, bl.a. GeoScene3D og GIS-programmer.
- De seismiske linjedata leveres digitalt i GIS-format. Alle data indlæses i GERDA efter retningslinjerne fra GEUS.
- VSP data skal afleveres som SEG-Y på linje med andre seismiske data. Desuden leveres tids/dybde data som tabel og graf. Andre eventuelle hastighedsmålinger i borer, kan afleveres som tabel-data med tilhørende illustrationer.

Når den endelige rapport og data er godkendt, indberettes rådata og processerede data til GERDA. Forskrifterne for indberetning på GEUS' hjemmeside for GERDA, www.gerda.dk følges. Indberetningen af rapporten til Rapportdatabasen hos GEUS skal ske umiddelbart efter Miljøstyrelsen godkendelse af rapporten. Såfremt der sker ændringer til de gængse standarder for indberetning af data til det nationale datacenter, GEUS, skal de til enhver tid gældende regler følges.

5.9 Kvalitetssikring

Kvalitetssikring af data, mellemresultater og det endelige resultat beskrives.

Proceduren for kvalitetssikringen skal bestemmes og godkendes af Miljøstyrelsen, inden arbejdet igangsættes.

Der skal udføres logbog over hele opgaven – justeringer, vurderinger, analyser, kvalitetssikring etc. skal løbende dokumenteres.

5.10 Varetagelse af afgrødeerstatning

Rådgiver er forpligtet til at begrænse eventuelle skaders omfang. Såfremt det kan forudsiges, at der er sandsynlighed for afgrøde- og strukturskader, skal Miljøstyrelsen straks underrettes med henblik på at foretage en fælles vurdering om fortsættelsen af den videre kortlægning.

Rådgivers feltmedarbejdere skal undervejs i kortlægningen holde øje med, om måleudstyret forårsager afgrøde- eller strukturskader. Ved udstyrs-, afgrøde- eller strukturskader skal Miljøstyrelsen underrettes så hurtigt som muligt. Arealer, hvor der vurderes at være sket en skade, opmåles og fotograferes, og materialet fremsendes til Miljøstyrelsen inden for 2 arbejdsdage efter, skaden er sket. Miljøstyrelsen forbeholder sig ret til at kræve, at dataindsamlingen bliver dokumenteret på video. Det besluttet forud for dataindsamlingen, om videodokumentation skal anvendes. Evt. optagelser skal slettes senest efter et år, med mindre der er uenighed mellem lodsejer og Miljøstyrelsen om omfanget af eventuelle afgrøde-, udstyrs- og/eller strukturskader.

Rådgiver skal bistå Miljøstyrelsen i dialog med lodsejer om erstatningsaftaler og udarbejde erstatningsbrev til lodsejer med dokumentation. Miljøstyrelsen står for udsendelse af materiale til lodsejer, samt udbetaling af erstatning.

5.11 Miljøstyrelsens ydelser

Miljøstyrelsen kan om nødvendigt levere relevante baggrundskort samt oplysninger fra allerede udførte kortlægningsopgaver samt lodsejerinformation. Geologisk information om områderne i form af boringsoplysninger samt resultater fra tidligere udførte geofysiske måleresultater forefindes i Jupiter og GERDA.

5.12 Referencer

Det forventes, at rådgiver som udgangspunkt er bekendt med og arbejder efter de nyeste vejledninger.

- /1/. "Kravspecifikationer for refleksionsseismiske data optaget i forbindelse med hydrogeologiske undersøgelser". September 2009
<https://www.geus.dk/Media/638496490841082400/kravspecifikationerseismik.pdf>

- /2/. "Vejledning til kravspecifikationerne for refleksionsseismiske data optaget i forbindelse med hydrogeologiske undersøgelser", Egon Nørmark og Holger Lykke-Andersen. September 2009.
https://www.geus.dk/Media/638496492177101839/vejledning_reflseismiske_data.pdf
- /3/. "Kravspecifikation for udførelse af geofysisk borehulslogging i forbindelse med den afgiftsfinansierede grundvandskortlægning", version 1.0, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, November 2010.
<https://pub.geus.dk/da/publications/kravspecifikation-for-udf%C3%B8relse-af-geofysisk-borehulslogging-i-fo>
- /4/. "Add SEGY file", I-GIS.dk, December 2021
https://wiki.geoscene3d.com/doku.php?id=geoscene3d:add_geophysics:seggy-files

6. Geofysisk borehulslogging og TV inspektion

6.1 Formål og baggrund

Formålet med geofysiske undersøgelser i borer (borehulslogging) er at få en detaljeret viden om gennemborede geologiske strukturer. Borehulslogging er en fælles betegnelse for geofysiske undersøgelser i et borehul ved hjælp af en målesonde, som nedsænkes i borehullet under samtidig måling af en eller flere fysiske parametre. Målesignalet registreres og optages digitalt sammen med en cm-præcis dybdeplacering af målesonden således, at der efterfølgende kan foretages databehandling og at den pågældende måling kan korreleres med dybden.

Borehulslogging anvendes i grundvandskortlægning primært til lithologisk tolkning, stratigrafisk korrelation, kortlægning af porøsitet, sprækker og indstrømningsmønstre og korrelation af seismiske data. Andre anvendelser i forbindelse med f.eks. indvindings- og undersøgelsesboringer kan blandt andet være verifikation af boringsudbygning og filtersætning, lokalisering af utætheder i forerør, tilstand af filter og forureningsudbredelse /1/.

Til de forskellige parametre knytter der sig forskellige målemetoder eller logmetoder. Disse kan inddeles i to grupper efter hovedtypen af den information, der kan udledes fra de enkelte logmetoder:

- Logmetoder, som giver geologisk information, dvs. laggrænser, lagtype og lagsekvenser.
- Logmetoder, som giver teknisk information, dvs. diameter, forerørslængde, filterinterval, utætheder i forerør, indstrømningsfordeling i filterinterval/åbent interval under pumpning, vertikal strømning i boring uden pumpning (kortslutning), indstrømningszoner med forskellig ledningsevne (forskellig vandkemi) i driftssituation, lokalisering af saltvand, temperaturforhold.

Arbejdet med geofysisk-borehulslogging og tv-inspektion skal udføres under henvisning til /1/. Arbejdet med VSP skal udføres under henvisning til kravspecifikationen for Seismik, se kapitel 5 /2/.

6.2 Opgave

Opgaver, delopgaver og leverancer er vist i nedenstående oversigt med henvisninger til detaljeret beskrivelse i efterfølgende afsnit.

Afsnit 6.3: Borehulslogging		
Afsnit 6.3.1 : Planlægning og advisering		
Delopgave		Leverancer
A	Udvælgelse af borer og begrundelse for udvælgelse samt udvælgelseskriterier.	Notat og kort med placeringer.
B	Opgavebeskrivelse	Notat

	Milepælsplan Kommunikationsplan Kvalitetssikringsprocedurer Målekonfiguration/-specifikationer Anbefaling til kortlægning	
C	Advisering af lodsejere	Lodsejerbrev
Afsnit 6.3.2: Dataindsamling		
Delopgave		Leverancer
A	Daglig kvalitetsvurdering af indsamlede data	Notat
Afsnit 6.3.3: Processering og tolkning		
Delopgave		Leverancer
A	Processering af borehulslogging-data	Afreportering, visualisering og beskrivelse af tolkede data.
B	Tolkning af processerede logging-data	Afreportering, visualisering og beskrivelse af tolkede data.
C	Kvalitetssikring af processerede og tolkede data	Kvalitetssikringskema
D	Sammenstilling mellem lithologiske- og loggingdata	Notat
Afsnit 6.3.4: Afrapportering		
Delopgave		Leverancer
A	Beskrivelse af opgaven inkl. dataindsamling, processering og tolkning	Rapport
B	Visualisering af resultater	Rapport og GIS-filer
C	Beskrivelse af resultater	Rapport
D	Indberetning til GERDA og Rapportdatabasen	Dataindberetning.
Afsnit 6.3.5: Kvalitetssikring		
Delopgave		Leverancer
A	Kvalitetssikring	Notat/kort/skema
B	Logbog	Rapport
Afsnit 6.4: Tv-inspektion		
Delopgave		Leverancer
A	Dataindsamling	Visualisering
B	Afreportering	Rapport
Afsnit 6.5: Varetagelse af afgrødeskadeerstatninger		
Delopgave		Leverancer
A	Fotodokumentation af evt. afgrødeskader	Fotos samt dokumentation
B	Opmåling af afgrødeskader	Kort over skader på matrikelniveau
C	Erstatningsbreve med dokumentation	Erstatningsbreve
D	Aftale med lodsejere om erstatninger	Erstatningsbreve

6.3 Borehulslogging

6.3.1 Planlægning og advisering

En opgave, hvor der foretages borehulslogging i regi af grundvandskortlægningen starter med en grundig planlægning på baggrund af Miljøstyrelsens problemformulering for

området. Rådgiver udarbejder på den baggrund en opgavebeskrivelse forud for feltarbejdets igangsættelse som indeholder følgende:

- Indhentning af geofysiske oplysninger fra PCGERDA-databasen samt ledningsoplysninger.
- Vurdering af dataindsamlingsområde.
- Fastsættelse af fokusinterval i dybde, der skal kortlægges.
- Udvælgelse af boringer udføres i samarbejde med Miljøstyrelsen.
- Vurdering af geologi (beskrivelse af forventet lithologi, strukturer mv.) i området til valg af de logs, der skal udføres.
- Vurdering af eksisterende geofysik og mulighed for sammenstilling med udførte logs.
- Valg af logging-system og målekonfiguration, samt ønsket opløsning og formationsindtrængning besluttet i samarbejde med Miljøstyrelsen. De oftest brugte logtyper fremgår af /1/.
- Kalibrering af feltudstyret udspecificeres.
- Risikoanalyse og –vurdering udarbejdes.
- Anbefaling til videre dataindsamling baseret på ovenstående punkter.
- Som udgangspunkt udtrækker Miljøstyrelsen en liste med berørte lodsejer og udsender adviseringsbrev. Rådgiver har herefter ansvaret for telefonisk kontakt med de enkelte lodsejere.

Planlægningsnotatet skal godkendes af Miljøstyrelsen inden dataindsamlingen igangsættes. Der skal desuden præsenteres en tidsplan for dataindsamlingen med indlagte milepæle, samt en kommunikationsplan. Kvalitetssikring under dataindsamlingen skal også beskrives, og fremgå af i milepæls- og kommunikationsplanen.

Rådgiver skal minimum en gang om måneden udarbejde et kort statusnotat over forløbet af planlægningsarbejdet.

6.3.2 Dataindsamling

Miljøstyrelsen vil kræve, at det til kortlægningen benyttede måleudstyr skal kalibreres inden målinger foretages, og kalibreringen skal godkendes af Miljøstyrelsen.

Rådgiver vurderer kvaliteten af foregående dagsproduktion og fremsender anbefaling til den videre dataindsamling. Det er specielt en vurdering af datakvalitet ift. at geologien kan tolkes i dybdefokusintervallet inden for kortlægningsområdet. Miljøstyrelsen tager beslutning om det videre forløb af den geofysiske dataindsamling (ændre, tilføj eller sløjfe hele eller dele af kortlægningen).

I tilfælde af, at borehulslogging udføres i forlængelse af boringsetablering, udføres feltarbejdet, når borestænger er trukket retur efter nedboring til besluttet dybde. Alle logs udføres i et åbent hul, som er stabiliseret med boremudder. De målte logs præsenteres på foreløbig form sammen med en foreløbig beskrivelse af de geologiske prøver, så de kan benyttes i beslutningen om boringsudbygning, filtersætning og afpropning af den pågældende boring. De foreløbige præsentationer sendes til Miljøstyrelsen senest dagen efter målingerne er udført.

I tilfælde af, at borehulslogging udføres i forlængelse af boringsetablering, foretages vurdering af alle logs i forhold til beskrivelserne af de geologiske prøver fra den pågældende boring.

Rådgiver skal minimum en gang om måneden udarbejde et kort statusnotat over forløbet af dataindsamlingen.

Rådgivers ydelser:

- Logging skal foretages med rengjort udstyr /3/ og efter gældende krav til hygiejne.
- Tid og dybde af logging skal fremgå.

6.3.3 Processering og tolkning

Under processeringen og tolkningen af borehulslogging-data skal som udgangspunkt udføres følgende:

- Dataprocessering
- Kvalitetssikring af processerede data
- Geofysisk vurdering og beskrivelse af de kvalitetssikrede data

Rådgiver skal efter processeringsarbejdet fremsende et notat indeholdende en sammenstilling mellem lithologiske- og loggingdata. Miljøstyrelsen skal godkende processeringen inden videre arbejde i kortlægningsprojektet igangsættes.

Resultaterne godkendes af Miljøstyrelsen inden det videre arbejde.

Rådgiver skal minimum en gang om måneden udarbejde et kort statusnotat over forløbet af processeringsarbejdet.

6.3.4 Afrapportering

- Lokaliseringskort med målepunkter og DGU nr.
- Beskrivelse af dataindsamling samt overvejelser i forbindelse med valg af instrumentering, målekonfiguration, opløsning af geologien og geofysisk indtrængningsdybde.
- Beskrivelse af processering (herunder beskrivelse af de benyttede parameterindstillinger).
- Kvalitetssikringskemaer og beskrivelse af kvalitetssikringsprocedurer.
- Resultater skal indeholde (beskrivelser – også i forhold til områdets overordnede geologi, geologiske enheder fra boringsbeskrivelser, datakvalitet, profilsnit osv.)
- Vurdering og sammenligning af resultaterne med boringens geologi
- Udvalgte beskrevne profiler

De tolkede data skal leveres i et format, der kan præsenteres i et GeoScene3D-projekt.

Arbejdsdata, rådata, PCGERDA-database, GIS-filer skal afleveres digitalt.

Præsentationer og rapport godkendes af Miljøstyrelsen.

Rådgiver skal minimum en gang om måneden udarbejde et kort statusnotat over de igangværende undersøgelsers forløb.

6.3.5 Kvalitetssikring

Kvalitetssikring af data, mellemresultater og det endelige resultat beskrives.

Der skal udføres logbog over hele opgaven – justeringer, vurderinger, analyser, kvalitetssikring etc. skal løbende dokumenteres.

6.3.6 Indberetning til PCGERDA og Rapportdatabasen

Når den endelige rapport er godkendt, indberettes data og logs til GERDA den løbende måned. Her følges forskrifterne for indberetning på GEUS' hjemmeside for GERDA, www.gerda.dk og evt. vejledninger fra Geofysiksamarbejdet skal ligeledes følges <https://hgg.au.dk/projects/gfs/>.

Indberetningen af rapporten til Rapportdatabasen hos GEUS skal ske den løbende måned efter at Miljøstyrelsen har godkendt rapporten.

6.3.7 Software

I forbindelse med afrapportering skal softwarens navn og versionsnummer oplyses. Den benyttede software skal kunne stilles til rådighed for Miljøstyrelsen, hvis det i forløbet vurderes nødvendigt.

6.4 Tv-inspektion

6.4.1 Dataindsamling og afrapportering

I forbindelse med grundvandskortlægning kan tv-inspektion af borerer anvendes i særlige tilfælde. Tv-inspektionerne kan blive udført både i eksisterende borerer og i forlængelse af borereretablering.

Der kan være flere forskellige formål med tv-inspektion:

- Undersøgelse af utætheder i forerør. Der vil være fokus på inspektion af samlinger og/eller eventuelt tæring på selve forerøret.
- Undersøgelse af en borerers filtersætning. Dette kan fx være relevant, hvis niveauerne for filteret er ukendt/usikkert registreret eller hvis pumpeydelse indikerer, at filteret er tilstoppet.
- Undersøgelse af åbne borerer i sedimenterede og hårde bjergarter som kalk, sandsten og granit. Tv-inspektionen kan benyttes til at vurdere både hullets og kalkens beskaffenhed. Kan ved gode optagelser tilføre geologisk/hydrogeologisk viden herunder viden om vandførende sprækker (dog ideelt suppleret med anden logning).
- Undersøgelse af borerer, der fremstår dybere eller kortere end forventet. Det kan undersøges, om boreren er slammet til, er styrtet sammen eller der i virkeligheden kan være tale om en anden boring end forventet.

Der kan alt efter formålet med Tv-inspektionen stilles særlige krav til udstyr og nedføringshastighed. Dette vil blive udspecificeret i opgavebeskrivelse.

Som udgangspunkt benyttes udstyr, som både har et fremadrettet og et roterende siderettret kamera. Hvis der findes svæv i vandet, skal der som udgangspunkt benyttes et kamera med en lyskilde, der giver indirekte belysning.

Der skal anvendes en type af kamera, som passer til forerørets diameter. Dette afklares forud for igangsættelsen af dataindsamlingen.

Ved inspektion af indvindingsboringer kan der opstå behov for at pumpe samt installationer skal tages op inden tv-inspektionen og reableres efter udført tv-inspektion.

Rådgivers ydelser:

- Inspektionen skal foretages med rengjort udstyr.
- Data leveres i form af en digital videofilm i et format, som understøtter gængs codec, der kan anvendes uden betaling.
- Ved opstart af optagelse filmes omgivelser og installation, samt borererskilt med DGU- og indtagningsnummer.
- Tid og dybde af kameraet skal fremgå af optagelsen.
- Rapporten skal indeholde almindelige observationer af f. eks. forerørsmateriale, type af samlinger samt filterplacering, bund og vandspejl.

- Rapporten skal indeholde beskrivelse af alle afvigende observationer samt om muligt fortolkning heraf.

6.5 Varetagelse af afgrødeerstatning

Rådgiver er forpligtet til at begrænse eventuelle skaders omfang i forbindelse med feltarbejde. Såfremt det kan forudsiges, at der er sandsynlighed for afgrøde- og strukturskader, skal Miljøstyrelsen straks underrettes med henblik på at foretage en fælles vurdering om fortsættelsen af den videre kortlægning.

Rådgivers feltmedarbejdere skal undervejs i kortlægningen holde øje med, om måleudstyret forårsager afgrøde- eller strukturskader. Ved udstyrs-, afgrøde- eller strukturskader skal Miljøstyrelsen underrettes så hurtigt som muligt. Arealer, hvor der vurderes at være sket en skade, opmåles og fotograferes, og materialet fremsendes til Miljøstyrelsen inden for 2 arbejdsdage efter, skaden er sket.

Miljøstyrelsen forbeholder sig ret til at kræve, at dataindsamlingen bliver dokumenteret på video. Det besluttet forud for dataindsamlingen, om videodokumentation skal anvendes. Evt. optagelser skal slettes senest efter et år, med mindre der er uenighed mellem lodsejer og Miljøstyrelsen om omfanget af eventuelle afgrøde-, udstyrs- og/eller strukturskader.

Rådgiver skal bistå Miljøstyrelsen i dialog med lodsejer om erstatningsaftaler og udarbejde erstatningsbrev til lodsejer med dokumentation. Miljøstyrelsen står for udsendelse af materiale til lodsejer, samt udbetaling af erstatning.

6.6 Referencer

Det forventes, at rådgiver som minimum er bekendt med og arbejder efter de nyeste vejledninger og kravspecifikationer samt nedenstående referencer, med mindre en konkret aftale er lavet med Miljøstyrelsen om noget andet.

- /1/. Kravspecifikation for udførelse af geofysisk borehulslogging i forbindelse med den afgiftsfinansierede grundvandskortlægning, version 1.0, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, 2010
<https://pub.geus.dk/da/publications/kravspecifikation-for-udf%C3%B8relse-af-geofysisk-borehulslogging-i-fo>
- /2/. Hygiejne på vandværket. Danske Vandværker, 2022.
<https://danskevv.dk/viden/drift-og-teknik/hygiejne/hygiejne-paa-vandvaerket/>

7. Grundvands- og sedimentkemi

7.1 Formål og baggrund

Formålet med den grundvandskemiske kortlægning er at opnå viden om nuværende og fremtidige drikkevandressourcers kvalitet, herunder at identificere problemstoffer og udviklingstendenser for i kombination med den øvrige grundvandskortlægning at kunne udpege områder, der er sårbare over for en eller flere typer forurening.

Formålet med sedimentkemiske kortlægning er typisk at opnå viden om et sediments nitratreduktionskapacitet, nitratfrontens beliggenhed og hvis muligt, nitratfrontens vanddringshastighed. Dette gøres for sammen med geologiske, hydrologiske og vandkemiske oplysninger bedre at kunne vurdere nuværende og fremtidige drikkevandsressourcers nitratsårbarhed. Den sedimentkemiske kortlægning udføres sjældent, og når den udføres vil det ofte være på foranledning af, at der er planlagt en ny boring.

Formålet med kortlægning af redoxgrænsen er at opnå viden om placering af øverste redoxgrænse sådan, at den kan inddrages i sårbarhedskortlægningen. Kort over dybden til øverste redoxgrænse bruges til udarbejdelse af reducerede akkumulerede lertykkelseskort, der efterfølgende bruges til udarbejdelse af sårbarhedsvurderingen.

7.2 Opgaver

De grundvandskemiske opgaver er beskrevet i afsnit 7.3, mens de sedimentkemiske opgaver er beskrevet i afsnit 7.4. Opgaven med redoxgrænsen vil blive beskrevet i afsnit 7.5.

Afsnit 7.3: Grundvandskemi		
Delopgave		Leverance
Afsnit 7.3.1: Planlægning af grundvandskemisk kortlægning		
A	Kortlægningsstrategi. Konkretisering af behov for indsamling og analyse af vandprøver	Rapport/notat
B	Oversigt over valgte boringer	Liste
C	Møde	Møde og referat
Afsnit 7.3.2: Gennemførelse af grundvandskemisk prøveindsamling – nye data		
A	Dokumentere at prøvetager lever op til gældende krav	Kursusbevis eller dokumenteret betydelig erfaring
B	Adviserer/søger tilladelse til adgang til lodsejers jord	Kopi af hver enkelt aftale sendes til Miljøstyrelsen
C	Udfører prøvetagningen og aflevere prøverne til et af Miljøstyrelsen anvist laboratorium	Alle analyserapporter fremsendes til Miljøstyrelsen
D	Udfører kvalitetssikring og rapportering af analyse-resultater og den gennemførte indsamling af data.	Rapport/notat
E	Møde	Møde og referat
Afsnit 7.3.3: Sammenstilling og tolkning af grundvandskemiske data		
A	Datagrundlag udvalgt	Rapport/notat

B	Kvalitetskontrol af datagrundlaget	Rapport/notat
C	Databehandling og -tolkning	Rapport/notat
D	Aflevering af data og rapport	Excel- ark, GIS filer
E	Møde	Møde og referat

Afsnit 7.4: Sedimentkemi		
Delopgave		Leverance
Afsnit 7.4.1: Planlægning af sedimentkemisk kortlægning		
A	Konkretisering af behov for indsamling og analyse af sedimentprøver	Rapport/notat
B	Møde	Møde og referat
Afsnit 7.4.2: Gennemførelse af sedimentkemisk prøveindsamling – nye data		
A	Dokumentere at prøvetager lever op til gældende krav	Kursusbevis eller dokumenteret betydelig erfaring
B	Adviserer/søger tilladelse til adgang til lodsejers jord	Kopi af hver enkelt aftale sendes til Miljøstyrelsen
C	Udføre prøvetagningen og aflevere prøverne til et af Miljøstyrelsen anvist laboratorium	Alle analyserapporter fremsendes til Miljøstyrelsen
D	Udfører kvalitetssikring og rapportering af analyseresultater og den gennemførte indsamling af data.	Rapport/notat
E	Møde	Møde og referat
Afsnit 7.4.3: Sammenstilling og tolkning af sedimentkemiske data		
A	Udarbejde overblik over og konklusioner om vigtige sedimentkemiske problemstillinger	Rapport/notat
B	Møde	Møde og referat

Afsnit 7.5: Redoxgrænsen		
Delopgave		Leverance
Afsnit 7.5.1: Kortlægning af redoxgrænsen		
A	Undersøgelse af behovet for kortlægning af redoxgrænsen. Konkretisering af opgaven	Møde og referat
B	Udarbejdelse af data til GEUS' algoritme RedoxML.	Excel-ark, GIS-kort
C	Kvalitetssikring af de første 10 % eller 200 redoxvurderinger. Kvalitetssikringen udføres af Miljøstyrelsen.	Møde
D	Aflevering af data til MiljøstyrelsenT	Excel-ark, GIS-kort
E	Upload til GEUS' algoritme RedoxML	
F	Aflevering af kort over redoxfladen fra GEUS til kvalitetssikring hos rådgiver og Miljøstyrelsen	GIS-kort
G	Kvalitetssikret og godkendt redoxflade afleveres til Miljøstyrelsen	GIS-kort

7.3 Grundvandskemi

7.3.1 Planlægning af grundvandskemisk kortlægning

Formål

Formålet er, at udarbejde en beskrivelse af, hvad den grundvandskemiske kortlægning bør indeholde inden for et givent kortlægningsområde, herunder afklaring af behov for indsamling af nye data.

Opgavens indhold

Første skridt er at klarlægge, hvilke behov der er for supplerende viden om grundvandskemi, for på rimelig vis at kunne opfylde kortlægningens overordnede formål. Herunder skitseres kendte og/eller formodede grundvandskemiske problemstillinger i området, hvis ikke dette arbejde allerede er gjort i f.eks. opstartsrapporten for området. Herefter skal et eller flere af følgende arbejdsopgaver udføres:

1. Konkretisering af behovet for supplerende viden om vandkemi ved at angive hvilke eksisterende borer, der bør prøvetages og hvilke analysepakker/for hvilke parametre, der bør analyseres for. Anbefaling til analyseprogram skal være begrundet og velovervejet. Kriterier for udvælgelsen af borer til prøvetagning aftales i det konkrete tilfælde.
2. Angivelse af forslag til, hvor der bør etableres prøveboringer med henblik på fremskaffelse af oplysninger om vandkemi. Der etableres kun undtagelsesvist nye borer.
3. Hvis det eksisterende datagrundlag vurderes tilstrækkeligt til opgaven og det derfor er unødvendigt med indsamling af nyt grundvandskemisk data, skal denne vurdering dokumenteres i rapporten.

Ovenstående punkter kan understøttes af f.eks. GIS-kort.

Opgaven kan eventuelt afsluttes med et afrapporteringsmøde, hvis det findes relevant. Som grundlag for opgaveløsningen anvendes bl.a. Geovejledning 2018/2 /1/ og Grundvandskortlægningens opstartsrapport og datafase /2/ .

Afrapportering/leverance

Der er tre konkrete leverancer:

- A. Notat/rapport med kortlægningsstrategi, herunder hvilke grundvandskemiske problemstillinger, der vurderes at være væsentlige i området, og begrundelse for eventuelle placering af nye borer og filterniveauer.
- B. Liste over hvilke eksisterende borer/filtre, der skal udtages vandprøver til analyse, hvis dette vurderes at være aktuelt for datadækningen og det overordnede formål. Herunder angives hvilke parametre, der skal analyseres for.
- C. Møde mellem rådgiver og Miljøstyrelsen vedrørende A og B.

7.3.2 Gennemførelse af grundvandskemisk prøveindsamling – nye data

Formål

Formålet er at gennemføre eventuel indsamling af nye data via grundvandskemiske prøvetagninger, planlagt jf. afsnit 7.3.1 i nærværende kravspecifikation eller i andet regi.

Der udtages grundvandsprøver fra borer (f.eks. vandværksboringer, markvandingsboringer, private drikkevandsboringer, undersøgelsesboringer) og kildevæld med hen-

blik på analyse af vandkemien ift. grundvandets kemiske sammensætning og eventuelle indhold af ikke naturligt forekommende stoffer. Der henvises i øvrigt til <https://danskev.dk/viden/drift-og-teknik/hygiejne/hygiejne-paa-vandvaerket/>

Opgavens indhold

Opgaven består af iværksættelse og gennemførelse af den tidligere planlagte grundvandskemiske prøvetagning. Dette indebærer typisk:

- Sikring af, at vandprøvetager lever op til gældende krav
- Advisering af samt indhentning af tilladelse fra lodsejer eller boringsejer til at udtage vandprøver
- Udførelse af vandprøvetagning og indlevering af prøver til det af Miljøstyrelsen anviste laboratorium
- Kvalitetssikring og rapportering af analyseresultater, herunder sikring af, at laboratoriet indberetter data til Jupiterdatabasen.

Sikring af at prøvetager lever op til gældende krav

Prøvetagningen skal følge den til enhver tid nyeste udgave af "Tekniske Anvisninger for prøvetagning af grundvand" /4/ og Geovejledning 2018/2 /1/ begge fra GEUS, hvis ikke andet aftales.

Prøvetager skal dokumentere gennemført kursus i udtagning af grundvandsprøver og/eller betydelig erfaring hermed.

Prøvetager skal sørge for nødvendigt prøvetagningsudstyr (bil, pumpe, generator, filtreringsudstyr, apparatur til måling af feltparametre etc.). Pumpen skal svare til boringens ydelse og fysiske dimension.

Prøvetagers udstyr må under ingen omstændigheder have været brugt i forurenede boringer.

Prøvetager henter eller rekvirerer egnet emballage til udtagne prøver hos Miljøstyrelsens anviste laboratorium.

Advisering af, samt indhentning af tilladelse fra lodsejer eller boringsejer til at udtage vandprøver

Prøvetager kan blive bedt om at kontakte berørte lodsejere og boringsejere personligt før feltarbejdet iværksættes på deres ejendom. Samtidig skal der ske skriftlig advisering og/eller indhentning af tilladelse til at udtage vandprøver. MST indhenter lodsejer oplysninger, og rådgiver udarbejder udkast til adviseringsbrev. MST udsender adviseringsbreve.

Udførelse af vandprøvetagning og indlevering af prøver til det eller de af Miljøstyrelsen anviste laboratorier

Prøvetagningen skal følge den til enhver tid nyeste udgave af "Tekniske Anvisninger for prøvetagning af grundvand" /4/ og Geovejledning 2018/2 /1/ begge fra GEUS, hvis ikke andet aftales.

Miljøstyrelsen rekvirerer prøvetagningen af vandprøver i boringer og i enkelte kildevæld hos laboratorierne. I forbindelse med prøvetagningen udfylder prøvetageren et dokumentationsskema, som fremsendes til Miljøstyrelsen.

Prøvetager skal kunne udtage vandprøver til analyse for hovedbestanddele, redoxparametre, miljøfarlige stoffer (MFS), uorganiske sporstoffer og bakteriologi, samt være i stand til at tage feltmålinger og filtrere prøver i felten.

Prøvetager leverer de udtagne prøver til et opsamlingssted/laboratorium anvist af Miljøstyrelsen. Prøvetager skal endvidere sikre, at feltmålinger leveres til laboratoriet, så de kan indtastes i Jupiterdatabasen samtidig med de øvrige resultater. Prøver skal være i arbejde på laboratoriet senest 24 timer efter prøvetagningen, med mindre andet aftales.

Kvalitetssikring og rapportering af analyseresultater, herunder sikring af at laboratoriet indberetter data til Jupiterdatabasen

Det pågældende laboratorie søger for at indberette analyseresultaterne til Jupiterdatabasen. Rådgiveren kvalitetssikre analyseresultaterne. Kvalitetssikringen dokumenteres i et notat eller rapport. Miljøstyrelsen kvalitetssikre analyseresultaterne inden de godkendes og offentliggøres i Jupiterdatabasen.

Afrapportering/leverance

Der er fem konkrete leverancer:

- A. Dokumentation af, at prøvetager lever op til gældende krav. Dokumenteret via enten kursusbevis eller dokumenteret betydelig erfaring.
- B. Advisering af/søger tilladelse til adgang til lodsejers jord. Dokumentere ved at kopi af hver enkelt aftale sendes til Miljøstyrelsen
- C. Udførelse af prøvetagningen og aflevere prøverne til et af Miljøstyrelsen anvist laboratorium. Dokumenteres ved at alle analyserapporter fremsendes til Miljøstyrelsen
- D. Udførelse af kvalitetssikring og rapportering af analyseresultater og den gennemførte indsamling af data. Dokumenteres via en rapport/notat
- E. Møde mellem rådgiver og Miljøstyrelsen vedr. A-D.

7.3.3 Sammenstilling og tolkning af vandkemiske data

Formål

Formålet er at opstille en hydro-geokemisk model ved at gennemgå, sammenstille og tolke eksisterende vandanalyser. Modellen skal, i det omfang datagrundlaget gør det muligt, og hvor det vurderes relevant:

- A. Give overblik over vandkvalitet, herunder tidlig udvikling.
- B. Bestemme vandtype, forvitningsgrad, ionbytningsgrad, kalkmætningsgrad, pH.
- C. Belyse og udarbejde kemidata til sårbarhedstolkninger.
- D. Beskrive redoxforhold
- E. Vurdere eventuelle indikationer på påvirkning fra overfladen (f.eks. nitrat, sulfat, nikkel, pesticider m.fl.).
- F. Identificer naturligt forekommende stoffer, der udgør et kvalitetsproblem (f.eks. NVOC, chlorid, arsen m.fl.).
- G. Belyse grundvandets alder og frontbevægelser (f.eks. nitrat- og forsuringsfronten).

Desuden bør retningslinjerne fra den seneste version af Geovejledning 2018/2 /1/ (GEUS, 2018) og "Vejledning til den grundvandskemiske kortlægning" /5/ altid følges medmindre andet aftales.

Opgavens indhold

Data

Datagrundlaget for opgaven er som udgangspunkt råvandsdata fra Jupiterdatabasen. Data udtrækkes af Miljøstyrelsen og leveres til rådgiver. Efter aftale kan rådgiver udtrække data selv. fra Jupiterdatabasen af rådgiver med mindre andet aftales. Ved afslutning af opgaven skal det kvalitetssikrede grundvandskemiske data afleveres i Miljøstyrelsens formater beskrevet i /5/ og /6/.

Kvalitetskontrol

Der foretages en analyse af kvaliteten af data, som det anbefales i Geovejledning 2018/2 /1/, og fejlbehæftede og ikke-repræsentative data sorteres fra. Fejlbehæftede data leveres efter gældende retningslinjer i "Vejledning til dataaflevering" /6/. I rapporten redegøres for hvor mange og hvorfor data er frasortet.

Databehandling og -tolkning

Der foretages beregninger, tematiseringer og efterfølgende kommenteres og tolkes data og resultater – alt efter områdets aktuelle problemstillinger.

Der udarbejdes temakort for relevante stoffers koncentration og udbredelse i de tilfælde, hvor kortene kan belyse en konkret problemstilling. Præsentationen af resultaterne skal følge "Vejledning til den grundvandskemiske kortlægning" /5/. Resultaterne præsenteres magasin-specifikt medmindre andet aftales. I tilfælde, hvor der foreligger en geologisk og/eller hydrostratigrafisk model, skal resultaterne præsenteres magasin-specifikt. Kriterier for definitionen af nyeste fund beskrives. Koncentrationsintervallerne for de enkelte stoffer skal tage hensyn til detektionsgrænser, kvalitetskrav og bør følge intervalinddelingen, som er præsenteret i Geovejledning 2018/2 /1/. Herudover bestemmes vandtyper og redoxforhold også i henhold til Geovejledningen.

Med mindre andet aftales udarbejdes der plot af tidsserier for råvand pr. indtag pr. boring for relevante parametre:

- A. der ligger nær eller over grænseværdien for drikkevand.
- B. som har en tidslig udvikling i indhold.

Hvor det findes relevant for forståelsen og overblikket laves grafer, plots eller tabeller, som det f.eks. er beskrevet i Geovejledning 2018/2 /1/. Det kan f.eks. være filterintervalplot, fraktildiagram, dybdeplot, scatterplot etc.

I de vandkemiske tolkninger inddrages informationer om variation i vandindvinding, grundvandsdannelse, pejletidsserier, sedimentkemi, jordforurening, arealannvendelse, geofysiske borehulslags (f.eks. ved saltvandsindtrængning), geologi, (herunder lertykkelser og dæklag) og evt. hydrostratigrafi i så fald sådanne informationer forefindes.

Afrapportering/leverance

Der er fem konkrete leverancer

- A. Udvalg af datagrundlaget. Dokumenteret i rapport, se punkt C
- B. En kvalitetskontrol af datagrundlaget. Dokumenteret i rapport, se punkt C
- C. Databehandling og –tolkning. Dokumenteret i en rapport der dokumenterer punkt A-C. Herunder indeholder gennemgang af data og tolkninger, dokumentation for kvalitetssikring og databehandling samt præsenterer den hydro-geokemiske model.
- D. Aflevering af data og rapport
- E. Møde mellem rådgiveren og Miljøstyrelsen vedr. A-C

7.4 Sedimentkemi

7.4.1 Planlægning af sedimentkemisk kortlægning

Formål

At udarbejde en beskrivelse af, hvad den sedimentkemiske kortlægning bør indeholde inden for et givent kortlægningsområde, f.eks. bestemmelse af geologiske lags nitratreduktionskapacitet og/eller indhold af specifikke stoffer. Desuden er formålet at afdække behovet for indsamling af nye data, samt hvordan indsamlingen af nye data skal foregå

Opgavens indhold

Sedimentkemisk kortlægning udføres i forbindelse med etablering af undersøgelsesboringer. Opgaven består i udarbejdelse af en prøvetagningsstrategi. Prøver til analyse af sedimentkemi udtages efter en prøvetagningsstrategi, som indeholder overvejelser om den sedimentkemiske kortlægnings nødvendighed, hvilke parametre sedimenterne bør analyseres for, hvilke dybder prøverne skal tages i, om prøverne skal homogeniseres og sammenblandes eller neddeles.

Udtagningen af sedimentprøver i felten og analyse af disse skal følge retningslinjerne beskrevet i Geovejledningen 2018/2 /1/.

Afrapportering/leverance

Der er to konkrete leverancer:

- A. Konkretisering af behov for indsamling og analyse af sedimentprøver. Dokumenteret med rapport eller notat.
- B. Møde mellem rådgiver og Miljøstyrelsen, vedrørende A.

7.4.2 Gennemførelse af sedimentkemisk prøveindsamling – nye data

Formål

Formålet er at gennemføre eventuel indsamling af nye data via sedimentkemiske prøvetagninger, planlagt jf. afsnit 7.4 i nærværende kravspecifikation eller i andet regi.

Der udtages sedimentprøver i forbindelse med etableringen af undersøgelsesboringer.

Opgavens indhold

Opgaven består i at iværksætte og gennemføre af den tidligere planlagte sedimentkemiske prøvetagning. Dette indebærer typisk:

- A. Sikring af, at prøvetageren lever op til gældende krav
- B. Advisering af samt indhentning af tilladelse fra lodsejer eller boringsejer til at etablere en undersøgelsesboring og udtagning af sediment prøver
- C. Udførelse af sediment prøvetagning og indlevering af prøver til det af Miljøstyrelsen anviste laboratorium
- D. Kvalitetssikring og rapportering af analyseresultater.

Sikring af, at prøvetageren lever op til gældende krav

Prøvetagningen skal følge den til enhver tid nyeste udgave af Geovejledning 2018/2 /1/ fra GEUS, hvis ikke andet aftales.

Prøvetager skal dokumentere gennemført kursus i udtagning af grundvandsprøver og/eller betydelig erfaring hermed.

Prøvetager henter eller rekvirerer egnet emballage til udtagne prøver hos Miljøstyrelsens anviste laboratorium.

Advisering af samt indhentning af tilladelse fra lodsejer eller boringsejer til at etablere en undersøgelsesboring og udtagning af sediment prøver

Prøvetager kan blive bedt om at kontakte berørte lodsejere og boringsejere personligt før feltarbejdet iværksættes på deres ejendom. Samtidig skal der ske skriftlig advisering og/eller indhentning af tilladelse til at udtage vandprøver.

Udførelse af sediment prøvetagningen og indlevering til af prøver til det af Miljøstyrelsen anviste laboratorium

Prøvetagningen skal følges den til enhver tid nyeste udgave af Geovejledning 2018/2 /1/ fra GEUS, hvis ikke andet aftales.

Miljøstyrelsen rekvirerer prøvetagningen af sedimentprøver hos laboratorierne. I forbindelse med prøvetagningen udfylder prøvetageren et dokumentationsskema, som fremsendes til Miljøstyrelsen.

Prøvetager leverer de udtagne prøver til et opsamlingssted/laboratorium anvist af Miljøstyrelsen.

Kvalitetssikring og rapportering af analyseresultater

Det pågældende laboratorie søger for at indberette analyseresultaterne til GEUS, og resultaterne fremsendes til Miljøstyrelsen. Rådgiveren kvalitetssikre analyseresultaterne. Kvalitetssikringen dokumenteres i et notat eller rapport. Miljøstyrelsen kvalitetssikre analyseresultaterne inden de godkendes.

Afrapportering/leverance

- A. Der er fem konkrete leverancer
- B. Dokumentation af, at prøvetager lever op til gældende krav. Dokumenteret via enten kursusbevis eller dokumenteret betydelig erfaring.
- C. Advisering af/søger tilladelse til adgang til lodsejers jord. Dokumentere ved at kopi af hver enkelt aftale sendes til Miljøstyrelsen
- D. Udførelse af prøvetagningen og aflevere prøverne til et af Miljøstyrelsen anvist laboratorium. Dokumenteres ved at alle analyserapporter fremsendes til Miljøstyrelsen
- E. Udførelse af kvalitetssikring og rapportering af analyseresultater og den gennemførte indsamling af data. Dokumenteres via en rapport/notat
- F. Møde mellem rådgiver og Miljøstyrelsen vedr. A-D.

7.4.3 Sammenstilling og tolkning af sedimentkemiske analyser

Formål

Formålet er at få en vurdering af nitratreduktionskapacitet, nitratfrontens beliggenhed og hvis muligt, nitratfrontens vandringshastighed.

Opgavens indhold

Der skal sammenstilles og tolkes sedimentkemiske analyseresultater og evt. beskrivelse af sedimentfarver og farveskift i borer med henblik på vurdering af nitratreduktionskapacitet, nitratfrontens beliggenhed og hvis muligt, nitratfrontens vandringshastighed.

Udregning af nitratreduktionskapaciteten i den enkelte prøve bør følge principperne i arbejdsrapporten "Principper for beregning af nitratreduktion i jordlagene under rodzonen" /7/ samt den nyeste version af Geovejledning 2018/2 /1/.

Afrapportering/leverance

Der er to konkrete leverancer

- A. Overblik udarbejdet over vigtige sedimentkemiske problemstillinger samt konklusioner vedrørende disse. Dette dokumenteres i en rapport/notat der også indeholder datapræsentation og tolkninger.
- B. Møde mellem rådgiver og Miljøstyrelsen, vedrørende A.

7.5 Redoxgrænsen

7.5.1 Vurdering af behov for kortlægning af redoxgrænsen

Hvorvidt der er behov for kortlægning af redoxgrænsen skal, som udgangspunkt, vurderes i opstartsfasen for et projekt. Vurderingen udarbejdes i opstartsrapporten og der skal tages udgangspunkt i denne vurdering, når arbejdet med redoxgrænsen påbegyndes. Opgaven igangsættes kun efter aftale med Miljøstyrelsen. De præcise datatyper der skal anvendes i GEUS' algoritme RedoxML og hvem der leverer hvad, aftales ved igangsættelse af opgaven.

Formål

At kortlægge øverste redoxgrænse, sådan at der kan udarbejdes reducerede akkumulerede lertykkelseskort. "Vejledning til kortlægning af redoxgrænsen og beregning af tykkelsen af akkumuleret reduceret ler" /8/ kan findes på grundvandskortlægningens hjemmeside. Redoxgrænsen kortlægges vha. en machine-learning algoritme (RedoxML) hos GEUS. Algoritmen bruger forskellige input til udarbejdelse af kort redoxgrænsen, herunder forskellige data udarbejdet af rådgiver og/eller Miljøstyrelsen.

Opgavens indhold

Levering af data til GEUS' algoritme RedoxML til udarbejdelse af redoxgrænsen. Afhængig af projektet skal rådgiver levere data for farveskift i borer, filer med tykkelsen af øverste lerlag samt øverste sand-/kalklag samt grundvandsdannelse og dybde til grundvandsspejlet. Nærmere beskrivelse af datatyper og krav hertil kan findes i "Vejledning til kortlægning af redoxgrænsen og beregning af tykkelsen af akkumuleret reduceret ler" og "Brugervejledning – RedoxML Værktøj" /8//9/. Da der kan være specifikke forhold fra område til område, skal der altid laves en indledende kvalitetssikring/dialog omkring redoxvurderingerne i det konkrete kortlægningsområde. Når de første 10% eller de første 200 redoxvurderinger er lavet skal disse kvalitetssikres af Miljøstyrelsen og der skal tages en dialog omkring den videre redoxvurdering. Alt data skal kvalitetssikres af Miljøstyrelsen, inden det anvendes i GEUS' algoritme. Den beregnede redoxflade skal kvalitetssikres af rådgiver eller Miljøstyrelsen. Når redoxfladen er godkendt af Miljøstyrelsen, skal den bruges til udarbejdelse af reducerede akkumulerede lertykkelseskort.

Afrapportering/leverance

- A. Undersøgelse af behovet for kortlægning af redoxgrænsen. Konkretisering af opgaven
- B. Udarbejdelse af data til GEUS' algoritme RedoxML
- C. Kvalitetssikring af de første 10 % eller 200 redoxvurderinger. Kvalitetssikringen udføres af Miljøstyrelsen.
- D. Aflevering af data til Miljøstyrelsen
- E. Upload af data til GEUS' algoritme RedoxML
- F. Aflevering af kort over redoxfladen fra GEUS til kvalitetssikring hos rådgiver og Miljøstyrelsen
- G. Kvalitetssikret og godkendt redoxflade afleveres til Miljøstyrelsen.

7.6 Referencer

Det forventes, at rådgiver som minimum er bekendt med og arbejder efter de nyeste vejledninger og kravspecifikationer samt nedenstående referencer.

- /1/. GEUS, 2018. Geovejledning 2018/2 - Kemisk Grundvandskortlægning
<https://geovejledning.geus.dk/#toggle-id-3>

- /2/. Miljøstyrelsen (udkast). Opstart – Analyse af eksisterende data og anbefalinger <https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/drikkevand-og-grundvand/grundvandskortlaegning/saadan-kortlaegger-vi-grundvandet>
- /3/. Miljøstyrelsen, Grundvandskortlægningens hjemmeside: <https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/drikkevand-og-grundvand/grundvandskortlaegning>
- /4/. GEUS, 2023. Prøvetagning af grundvand- Teknisk anvisning. Version 2.1 <https://data.geus.dk/gpub-landingpage/?id=38171>
- /5/. Miljøstyrelsen, 2023. Vejledning til den grundvandskemiske kortlægning <https://mst.dk/media/ad3ht5tx/vejledning-til-kortlaegning-af-redoxgraensen-og-beregning-af-tykkelsen-af-akkumuleret-reduceret-ler.pdf>
- /6/. Miljøstyrelsen, 2021. Vejledning til dataaflevering https://mst.dk/media/1s0bleza/grukos_dataaflevering_vejledning_v14.pdf
- /7/. Ernstsén, Vibeke, Henriksen, Hans Jørgen og Planten, Frants Von, 2001. Principper for beregning af nitratreduktion i jordlagene under rodzonen. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen. <https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2001/87-7944-713-9/pdf/87-7944-714-7.pdf>
- /8/. Miljøstyrelsen, 2021. Vejledning til kortlægning af redoxgrænsen og beregning af tykkelsen af akkumuleret reduceret ler. <https://mst.dk/media/ad3ht5tx/vejledning-til-kortlaegning-af-redoxgraensen-og-beregning-af-tykkelsen-af-akkumuleret-reduceret-ler.pdf>
- /9/. GEUS, 2023. Brugervejledning – RedoxML Værktøj. <https://geovejledning.geus.dk/#toggle-id-9>

8. Boringsregistrering og pejling

8.1 Formål og baggrund

Opgaven med registrering af boringer og brønde, og efterfølgende pejling af grundvandsspejlet, har følgende formål:

- Det generelle formål er at forbedre boringernes og brøndenes lokalisering, boringsfixpunkter og terrænkoter, bl.a. med henblik på dels at forbedre placeringen af koten for grundvandsspejlet, herunder filterindplacering til brug for grundvandsmodeller og dels koten for den geologiske lagbeskrivelse til den hydrostratigrafiske modellering.
- Ved en boringsregistrering indmåles et fikspunkt (x,y,z) ved differential nivellement med en nøjagtighed på 0,01 m i ETRS 1989_UTM_Zone_32N og DVR90 (dog 33N på Bornholm). Afstand fra Fikspunkt til terræn og pejlepunkt måles og forhold beskrives ved foto og skitsetegning.
- Herudover indsamles oplysninger i forhold til om boringen kan pejles (pejlestuds) indvendig diameter af pejlestuds til brug for om der kan etableres en vandstandslogger eller i forhold til om der kan udføres geofysisk borehulslog. Ved geofysisk borehulslog er arbejdsforhold og adgangsforhold vigtige at beskrive. Det undersøges om der er taphane til vandprøvetagning og om vandprøven kan tages som rå vand eller skal forbi hydrofo ol. Det er endvidere målet at få kortlagt hvilke af de ikke-pejlbare boringer, der kan gøres pejlbare ved simple tekniske indgreb og ligeledes i forhold til vandprøvetagning, eller øvrige undersøgelser der ønskes udført.
- Resultaterne af registreringen skal fremskaffe oplysninger om grundvandets potentialeforhold som et øjebliksbillede i det eller de grundvandsmagasiner, som findes i kortlægningssområdet ved at grundvandsspejlet synkronpejles over en kort periode. Oplysningerne kan bl.a. anvendes som vigtige datainput i forbindelse med opstilling af en grundvandsmodel for det kortlagte område.
- Undersøgelserne udføres jf. GEUS lokaliseringsvejledning og indberettes alle til Jupiter databasen jf. indberetningsskema som pdf jf. vejledninger til brug for indberetningsskema og regneark. <https://www.geus.dk/media/7299/lokvejledning-dk.pdf>
- I forbindelse med opgaven kan opsættes logger til registrering af grundvandsspejlet. Indberetning og kvalitetstjek af pejletidsserie sker i henhold til GEUS vejledning om indberetning af pejletidsserie. Lige som øvrige pejletidsserie kvalitetstjekkes i forhold til denne vejledning. <https://www.geus.dk/media/7309/vejledning-i-indberetning-af-pejledata.pdf>

8.2 Opgave

Boringsregistrering og pejling kan opdeles i 5 opgaver, hvor de forventede leverancer er skitseret i nedenstående tabel, aktuelle leverancer aftales i forbindelse med projekt.

Boringsregistrering		
Forberedelse og opstartsmøde		
Delopgave		leverancer
A	Opstartsmøde med opgavedefinering	notat/kort

B	Udpegning af boringer, brønde og eventuelle recipienter, som skal indgå i boringsregistreringen/synkronpejlingen og gennemgang af eksisterende data, samt evt. udpegning af boringer til vandstandslogger	
C	Lodsejerkontakt, forhåndsftaler og planlægning af boringsregistrering (Miljøstyrelsen udsender advisering via digital post)	notat eller mail
Registrering af boringer og brønde samt indmåling		
A	Lokalisering og identifikation af boringer	feltarbejde
B	Foreløbig pejling af boringer	
C	Udfyldelse af lokaliseringsskema inkl. anlægsskitse og beliggenhedsskitse samt regneark til indberetning	
D	Fotodokumentation	
E	Vurdering af boringstilstand	
F	Indmåling af registrerede boringer og brønde	
Synkronpejling		
A	Synkronpejling af alle udpegede boringer, brønde og eventuelle recipienter	feltarbejde
Vandstandslogger		
A	Opsætning af logger og evt. tilsyn med logger	feltarbejde
Rapportering og indberetning		
A	Kvalitetssikring af indsamlede data	notat/kort
B	Udarbejdelse af magasinspecifikt potentialekort	
C	Indberetning af pejledata og øvrige boringsdata til GEUS samt evt. pejletidsserie	dataafrapportering

Opgaven løses på baggrund af Miljøstyrelsens vejledninger /8/, og vejledning i potentialekortlægning, boringsregistrering og indberetning fra GEUS /2/,/3/,/4/,/5/,/6/ og /7/, samt med hensyntagen til hygiejneregler på ledningsnettet /1/ , jf. afsnit 8.4.

8.3 Miljøstyrelsens ydelser

Miljøstyrelsen kan om nødvendigt levere relevante dataudtræk samt oplysninger fra allerede udførte kortlægningsopgaver samt lodsejerinformation. Miljøstyrelsen udsender adviseringsbrevet via e-boks.

8.4 Referencer

Det forventes, at rådgiver som udgangspunkt er bekendt med og arbejder efter de nyeste vejledninger

- /1/. Danske Vandværker. (u.d.). *Hygiejneregler på ledningsnettet*.
<https://danskevv.dk/wp-content/uploads/plakat-hygiejne-ledningsnet.pdf>
- /2/. GEUS. (u.d.). *Geo-vejledning 4: vejledning i potentialekortlægning*.
<https://geovejledning.geus.dk/#toggle-id-6>
- /3/. GEUS Lokaliseringsvejledning 2005
<https://www.geus.dk/media/7299/lokvejledning-dk.pdf>
- /4/. GEUS vejledning i brug af indberetningsskema

https://www.geus.dk/media/7305/vejledning_til_udfyldelse_af_pdf_formular.pdf

/5/. GEUS indberetningsskemaer

<https://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/arkiver/borearkivet/indberetning-af-boringer-skemaer-og-vejledninger>

/6/. GEUS vejledning i indberetning af pejledata

<https://www.geus.dk/media/7309/vejledning-i-indberetning-af-pejledata.pdf>

/7/. GEUS navngivning af digitale skema ved indberetning

<https://www.geus.dk/media/7308/navngivning-af-digitale-dokumenter-til-indlæsning-i-jupiter.pdf>

/8/. Miljøstyrelsen. (u.d.). *Boringsregistrering og pejling.*

<https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/drikkevand-og-grundvand/grundvandskortlaegning/saadan-kortlaegger-vi-grundvandet>

9. Boringer

9.1 Formål og baggrund

Formålet med denne kravspecifikation er at tydeliggøre kravene for etablering af nye boringer i grundvandskortlægningen med henblik på at øge vidensniveauet omkring geologi, hydrologi og kemi.

Denne kravspecifikation indeholder både kravene til arbejdet med etableringen af nye boringer samt henvisninger til kravene for forskellige boringsundersøgelser. Begge opgaver er i det efterfølgende nævnt det sted i arbejdsprocessen, hvor de oftest vil blive taget i anvendelse. Dette for at tydeliggøre den normale rækkefølge i arbejdet med at etablere nye boringer, samt udførelsen af relevante undersøgelser i forbindelse med dette.

9.2 Opgaver

De forskellige arbejdsopgaver i forbindelse med etablering af boringer og relaterede boringsundersøgelser vil ofte udføres i rækkefølgen vist i nedenstående tabel.

I nedenstående oversigt beskrives både opgaver, delopgaver og tilhørende leverancer:

Etablering af ny boring		
Afsnit 9.3: Fastlæggelse af borearbejde og eventuelle tillægsydelser		
Delopgave		Leverance
A	Opstartsmøde. Bl.a. afklaret og fastlagt samarbejds- og projektor- ganisation, fremtidige milepælsmøder (evt. online) og afrapporteringsformat. Herunder også omtrentligt tidspunkt for boringen, hvor vinter og meget regnfulde perioder som ud- gangspunkt undgås, da udgifter til køreplader kan blive omfattende.	Møde og referat
B	Fastlagt boringens formål og omtrentlige placering	Rapport/notat
C	Indhentet DGU nr. på boring(-er)	DGU nr.
D	Boring detaljeret planlagt Boreddybde bestemt Forventede potentiale og magasinforhold bestemt for hvert boringsindtag Boremetode bestemt Udbygning og filtersætning bestemt Præcis placering bestemt og dokumenteret	Rapport/notat
E	Eventuelle boringsundersøgelser bestemt Udtagning af sedimentkemiske prøver Borehuls log Prøvepumpning, flowmåling og TV-log Udtagning af vandkemiske prøver Boringsregistrering og pejling	Argumenteret liste (Rapport/notat)
F	Planlægning af det praktiske borearbejde	Plan (rapport/notat)
G	Myndighedshåndtering. Myndighedskrav afklaret og håndteret.	Ansøgning om boretilla- delse.

		Evt. tilladelse til udledning af vand.
H	Lodsejer og interessent håndtering planlagt.	Plan (rapport/notat)
Afsnit 9.4: Entrering med borefirma og eventuelle underleverandører		
Delopgave		Leverance
A	Udarbejde krav- og arbejdsbeskrivelse for borearbejdet.	Krav- og arbejdsbeskrivelser
B	Udarbejde krav- og arbejdsbeskrivelse for tillægsydelser såsom logging, vandanalyser, prøvepumpning, sedimentanalyser, boringsregistrering m.v.	Krav- og arbejdsbeskrivelser
C	(hvis nødvendigt) Udbud og håndtering af underleverandør	Underleverandør valgt
Afsnit 9.5: Tilsyn		
Delopgave		Leverance
A	Løbende kontakt med borefirma	cc på eventuelle vigtige mails/beslutninger
B	Føre tilsyn med borefirma i alle faser af arbejdet, herunder inklusiv ved udtagning af jordprøver, fotografere og beskrive jordprøver, borehulslogging, filtersætning, boringsudbygning, renpumpning, pejling og udtagning af sedimentkemiske prøver.	Rådgiveres eget simple kontrol skema afkrydses for hvert af de overordnede emner når de er gjort
C	Føre tilsyn med at der er fokus på sikkerhed	Kort notits om sikkerheden. Melde hvis der sker noget undervejs.
D	Føre tilsyn med hensigtsmæssig udlægning af evt. køreplader	Fotodokumentation af forhold før borearbejdet igangsættes og efter borearbejdet er afsluttet. Opgørelse af evt. struktur- og afgrødeskader.
Afsnit 9.6: Udtagning af sedimentkemiske prøver		
Undersøgelse. Se relevant kravspecifikation, kapitel 7 "Grundvands- og sedimentkem"		
Afsnit 9.7: Borehulslog (muligt tilvalg)		
Undersøgelse. Se relevant kravspecifikation, kapitel 6 "Borehulslogging og TV inspektion"		
Afsnit 9.8: Filterplacering og boringsudbygning		
Delopgave		Leverance
A	Sikring af at filtre/filtret placeres bedst muligt samt at boringsudbygningen er korrekt.	Dokumentation i form af notat/rapport
Afsnit 9.9: Prøvepumpning og flowmåling		
Undersøgelse. Se relevant kravspecifikation, kapitel 10 Prøvepumpning.		
Afsnit 9.10: Udtagning af vandkemiske prøver		
Undersøgelse. Se relevant kravspecifikation, afsnit 7.3.2		
Afsnit 9.11: Boringsregistrering og pejling		
Undersøgelse. Se relevant kravspecifikation, kapitel 8		

Afsnit 9.12: Afrapportering og beskrivelse af boring ud fra undersøgelser		
Delopgave		Leverance
A	Alt udført arbejde skal dokumenteres i rapport/rapporter. Der kan fx være delrapporter hvor enkeltundersøgelser som fx vandkemisk prøvetagning er afrapporteret.	Rapport/rapporter.
B	Afslutningsmøde Endelig opsamling samt evaluering af forløb	Møde + referat

9.3 Fastlæggelse af borearbejde og eventuelle tillægsydelser

Opgaven går ud på at fastlægge boringens formål, krav til boremetode og boringsudbygning samt omtrentlig lokalisering af boring. Den præcise placering af boringen skal fastlægges og borestedets egnethed skal dokumenteres. Der skal indhentes boringstilladelse og evt. udledningstilladelse ved kommunen, og lodsejerkontakt skal etableres og information skal sendes til relevante kontakt.

Rådgivers ydelser er:

- Afholdelse af opstartsmøde samt andre møde(r) (evt. online milepælsmøder) efter aftale mhp. at fastlægge samarbejds- og projektorganisation samt afrapporteringsformat. Møder skal sikre den ønskede faglighed, styring, kommunikation, koordinering, fremdrift og økonomi i projektet, herunder fastlæggelse af milepæle og mødekalender.
- Afklaring af omtrentligt tidspunkt for boringen, hvor vinter og meget regnfulde perioder som udgangspunkt undgås, da udgifter til køreplader kan blive omfattende.
- Afklare og fastlægge boringernes formål og omtrentlige placering i området.
- Indhente DGU nr. på boringer.
- Afklare de forventede boreddybder ud fra geofysiske data, oplysninger fra nærliggende boringer og eventuelt foreliggende geologisk, hydrologisk og kemisk model.
- For hver boring (indtag) foretages en vurdering af grundvandets forventede potentiale og magasinforhold (frit, spændt, artesisk magasin).
- Fastlægge boremetode, udbygning og filtersætning.
- Fastlægge den præcise placering af boringer og dokumentere borestedernes egnethed ved anvendelse af luftfotos, besigtigelse og geofysiske målinger. Efter behov optegnes geologiske profilskitser over forventede lagserier og potentiale.
- Eventuelle boringsundersøgelser bestemt. Udtagning af sedimentkemiske prøver, borehuls log, prøvepumpning, flowmåling, TV-log, udtagning af vandkemiske prøver, boringsregistrering og pejling.
- Påbegynde planlægning af det praktiske borearbejde herunder afklare logistiske forhold, såsom adgangsforhold, ledningsføringer, fremskaffelse af procesvand til borearbejdet, gennemgang af arealrestriktioner mv.
- Afklare myndighedskrav og udarbejde ansøgninger om boretiladelse og evt. tilladelse til udledning af vand i forbindelse med borearbejde, renpumpning og evt. prøvepumpning.
- Aftale omfang af advisering og kontakt til lodsejere, kommune, vandværker og evt. andre interessenter. Rådgiver varetager den løbende kontakt til lodsejere. Med mindre andet aftales varetager Miljøstyrelsen lodsejerkontakten ved den indledende og afsluttende information om borearbejdet samt i tilfælde, hvor der optræder principielle eller særskilt vanskelige forhold. Miljøstyrelsen varetager som udgangspunkt information og løbende kontakt til andre interessenter end lodsejere.

9.4 Entrering med borefirma og eventuelle underleverandører

Formålet med opgaven er at entrere med borefirma samt eventuelle underentreprenører (fx loggingfirma). Såfremt der bliver behov for at indgå samarbejder med laboratorier, brøndborere og lignende, entrerer Miljøstyrelsen direkte med disse, med mindre andet aftales. I disse tilfælde kan Rådgiver komme til at stå for udbudsarbejde, hvor Miljøstyrelsen opnår de økonomisk mest fordelagtige tilbud under hensyntagen til krav om kvalitet, faglige, logistiske, konkurrencemæssige og øvrige forhold.

Rådgivers ydelser er:

- Udarbejde krav- og arbejdsbeskrivelse for borearbejdet.
- Udarbejde krav- og arbejdsbeskrivelse for tillægsydelser såsom logging, vandanalyser, prøvepumpning, sedimentanalyser, boringsregistrering m.v. Loggerprogram sker efter aftale med Miljøstyrelsen og forud for udbud af dette
- I det tilfælde der skal udbydes en opgave, hvis Miljøstyrelsen/Rådgiver ikke allerede har en aftale med underleverandør, skal rådgiver udarbejde udbudsmateriale med mindre andet aftales, afholde udbudsforretning, herunder at udsende udbud og vurdere indkomne tilbud, foretage tildeling af boreentreprisen samt varetage den indledende og løbende kontakt til borefirma/underleverandør, alt under drøftelse med Miljøstyrelsen.

9.5 Tilsyn

Rådgiver skal udføre tilsyn med borearbejdet og eventuelle tillægsydelser, og herunder have løbende kontakt med borefirma og eventuelle underentreprenører (geofysisk logging, vandprøve-tagning, prøvepumpning, boringsregistrering mm.). Tilsynet kan udføres som fuldtidstilsyn med fuld opgavevaretagelse så længe borearbejdet og eventuelle tillægsarbejder pågår, eller det kan udføres med begrænset opgavevaretagelse eller i aftalte perioder alternativt som standby under borearbejdet.

Rådgivers ydelser er:

- Varetage løbende kontakt og koordinering med borefirma og evt. underentreprenører, herunder varsling forud for loggingoperationer. Alle 3. parts udlæg skal betales direkte af Miljøstyrelsen efter forudgående godkendelse af 3. part og ydelse.
- Føre tilsyn med at borefirma og evt. underentreprenører leverer den lovede kvalitet i alle faser af arbejdet samt overholder gældende regler. Føre tilsyn med opstilling af borepladsen og selve borearbejdet, herunder at noter sig driftsforstyrrelser, ændringer i sammensætning af boremudder samt forbrug af strøm og vand (arbejdslog).
- Føre tilsyn med udtagningen af jordprøver i en kvalitet og mængde, som opfylder kravene i Geo-vejledning 1 "Jordprøver fra grundvandsboringer" /1/. Føre tilsyn med at borearbejdet ikke foregår med for stor hastighed af hensyn til jordprøvernes kvalitet samt at korrekt mejsel bruges.
- Fotografere og beskrive prøver i henhold til Ingeniørgeologisk Prøvebeskrivelse /1/ samt Geo-vejledning 1 "Jordprøver fra grundvandsboringer" /1/.
- Føre tilsyn med udførelsen af geofysisk borehulslogging. Logging udføres i naturlig forlængelse af boreprocessen, når borestænger er trukket ret efter nedboring til aftalt boreddybde. Logging udføres i det åbne hul, som er stabiliseret med en flydende bentonitblanding.
- Føre tilsyn med filtersætning. Snarest efter logging (typisk dagen efter) afholdes filtersætningsmøde (evt. telefon/videomøde) sammen med repræsentant fra tilsynet, hvor boringsudbygningen aftales på baggrund af tilsynets prøvebeskrivelse, billeder

og loggingresultater. Boringsudbygningen aftales og nedfældes skriftligt i filtersætningssskema, som overleveres til brøndborer.

- Føre tilsyn med boringsudbygningen. Arbejdet udføres i henhold til filtersætnings-skemaets oplysninger.
- Føre tilsyn med renpumpning (vandet skal fremstå helt klart) og brøndborerens pejling af vandstand.
- Udtage eventuelle prøver til sedimentkemisk bestemmelse.
- Føre tilsyn med at der er fokus på sikkerheden, og at borelokaliteten er i overensstemmelse med kravene i arbejdsmiljølovgivningen, særligt mhp. situationer, hvor underleverandører er til stede, og der dermed kan eksistere særlige krav til bygherreansvar.
- Føre tilsyn med at der efter behov er udlagt plader efter aftale, således at skader på jord og afgrøder minimeres mest muligt samt at brøndborer reetablerer borepladsen og genopretter tilkørselsveje mv. Desuden skal der ved foto dokumenteres forhold før og efter borearbejdets afslutning til brug for evt. erstatning
- Varetage lodsejererstatninger i samarbejde med Miljøstyrelsen, herunder at opgøre evt. struktur- og afgrødeskader (tilstand før og efter borearbejdet op gøres) evt. under inddragelse af lokal landinspektør eller anden underentreprenør.
- Føre tilsyn i forbindelse med sløjfning af borer.

9.6 Sedimentkemisk prøveudtagning

Opgaven er særskilt beskrevet i forbindelse med kravspecifikationen, kapitel 7 *Grundvands- og sedimentkemi*.

Opgaven er at udtage sedimentkemiske prøver til kemisk analysering med henblik på at bestemme bl.a. nitratreduktionskapacitet, nitratfrontens vandringshastighed, nikkelinhold.

Rådgivers ydelser er:

- Udtagning af sedimentprøver i felten. De sedimentkemiske prøver bør udtages efter en nøje gennemtænkt prøvetagningsstrategi, hvor krav til prøvetagningsdybder, homogenisering, sammenblanding af prøver, neddeling etc. beskrives. Prøvetagningsstrategien skal sikre, at prøverne er repræsentative for de geologiske enheder, hvor der ønskes geokemiske informationer fra. Hvis der ikke foreligger en prøvetagningsstrategi for udtagning af de sedimentkemiske prøver, og der samtidig ønskes sedimentkemiske oplysninger fra de geologiske aflejringer i boringen, anbefales det, at der udtages sedimentprøver fra hver meter i boringen og ved lagskifte.
- Emballering af sedimentprøver. Før sedimentprøverne emballeres, renses de grundigt for fremmed materiale. Atmosfærisk ilt og kuldioxid påvirker kun i ubetydelig grad den kemiske og mineralogiske sammensætning af sedimentprøver fra den oxiske zone, mens prøver fra den anoxiske nitratholdige eller den reducerede zone kan påvirkes ved kontakt med atmosfæren. Udtagning af prøver til sedimentkemiske analyser udtages fra materialet på fiberdugen eller f.eks. fra en murerbalje. Prøven udtages midt i prøvematerialet og evt. iltet materiale på overfladen undgås. Der udtages ca. 200 g prøve, som hurtigst muligt emballeres for at undgå udtørring og iltning af prøven. Det anbefales at anvende polyEthylen-poser til emballering af prøven, og at polyEthylen- posen med prøve emballeres i polyEthylen-dåser. Sedimentprøver, der skal anvendes til nitratreduktionskapacitetsbestemmelse opbevares på frost. Disse overføres hurtigst muligt, normalt ved ophør af dagens arbejde, til en fryser, hvor de opbevares indtil analyse.
- Sedimentkemisk beskrivelse i felten. Det anbefales, at sedimentprøverne beskrives i felten umiddelbart efter de er udtaget. Prøvebeskrivelserne omfatter:
 - Påvisning af kalk, med saltsyre (10 % HCl).
 - Påvisning af organisk stof med natriumhydroxid (3 % NaOH).

- Påvisning af manganoxider med brintoverilte (10 % H₂O₂).
- Beskrivelse af sedimentets farve. Sedimentprøvens basisfarve og farvemønstre beskrives ved brug af et farvekort. Det anbefales at anvende Munsell soil color charts. Både prøvens egenfarve og skyllevand beskrives, idet nogle prøver har en stærk egenfarve, som dækker over jernoxider, der kan iagttages i skyllevand.
- Forløbet af prøvetagningen dokumenteres vha. logbog og/eller notat.

9.7 Borehulslog og TV-inspektion

Opgaven er særskilt beskrevet under afsnit 6 "Geofysisk borehulslog og TV-inspektion".

Borehulslogs anvendes i forbindelse med undersøgelse af geologiske og hydrologiske egenskaber helt nært omkring en boring. Forskellige typer af logs:

- Naturlig gammalog
- Spektral gammalog
- Induktionslog
- Resistivitetslog
- Fluid resistivitets- og temperaturlog
- Caliperlog
- Flowlog
- Soniclog
- Densitetslog
- Vertikal seismisk profil (VSP)

TV-inspektion anvendes kun i helt særlige tilfælde i grundvandskortlægning. Det kan bl.a. anvendes til

- Undersøgelse af utætheder i forerør. Relevant i forhold til blandt andet grundvandskemisk kortlægning.
- Undersøgelse af en borings filtersætning. Fx vurdering af om filteret er tilstoppet inden en prøvepumpning.
- Undersøgelse af åbne kalkboringer eller boringer i andre opsprækkede formationer som fx sandsten, skiffer, gnejs og granit.
- Undersøgelse af boringer der er dybere eller kortere end forventet. Det kan fx vise sig at de er styrtet sammen.

9.8 Filterplacering og boringsudbygning

Opgaven går ud på at sikre at filteret/filtre placeres bedst muligt samt at boringsudbygningen er korrekt. Anbefalinger kan blandt andet findes i rapporten "Boringer på Land" /3/.

9.9 Prøvepumpning og flowmåling

Opgaven er særskilt beskrevet i kravspecifikationen for prøvepumpning og flowmåling.

Prøvepumpninger bidrager med viden om hydrogeologiske forhold. Hovedformålet med at udføre prøvepumpning som en del af grundvandskortlægningen er indsamling af viden om magasinets hydrauliske egenskaber med henblik på at udnytte dette i numeriske strømningsmodeller. Ved prøvepumpning af længere varighed er formålet desuden at indsamle viden om magasinafgrænsninger og sammenhænge til andre magasiner samt overfladevand mhp. bestemmelse af grundvandsdannelsen.

Derudover kan der udføres flowmåling af boringen for at bestemme dens ydelse.

9.10 Udtagning af vandkemiske prøver

Opgaven er særskilt beskrevet som en delopgave i kravspecifikationen for vandkemi og sedimentkemi kapitel 7.

9.11 Boringsregistrering og pejling

Opgaven er særskilt beskrevet i kravspecifikationen boringsregistrering og pejling, kapitel 8.

9.12 Afrapportering og beskrivelse af boring ud fra undersøgelser

Efter endt etablering af boring samt udførelse af samtlige tilvalgte undersøgelser beskrives boringen endeligt og der foretages en endelig afrapportering af hele arbejdet. Dette dokumenteres i en rapport.

Der holdes et afslutningsmøde for at sikre at alt arbejde er dokumenteret og for at evaluere arbejdet.

9.13 Referencer

Det forventes, at rådgiver som minimum er bekendt med og arbejder efter de nyeste vejledninger og kravspecifikationer samt nedenstående referencer.

- /1/. Geo-vejledning 1. Jordprøver fra grundvandsboringer. Ditlefsen, C., Sørensen, J., Pallesen, T. M., Pedersen, D., Nielsen, O. B., Christiansen, C., Hansen, B. & Gravesen, P. Juli 2008.
<https://geovejledning.geus.dk/#toggle-id-2>
- /2/. Vejledning i Ingeniørgeologisk Prøvebeskrivelse. Larsen, G., Frederiksen, J., Villumsen, A. Fredericia, J., Gravesen, P., Foged, N., Knudsen, B. & Baumann, J. 1995. Dgf-bulletin 1. Dansk Geoteknisk Forening. Revision 1.
<https://pub.geus.dk/da/publications/vejledning-i-ingeni%C3%B8rgeologisk-pr%C3%B8vebeskrivelse>
- /3/. Boringer på land. J. Bastrup, J. Baumann og B. Villumsen (opdateret af Naturstyrelsen). 2013. <https://mst.dk/media/ngrh50wo/boringsvejledning.pdf>

10. Prøvepumpning

10.1 Formål

Formålet med denne kravspecifikation er at rammesætte, hvordan prøvepumpninger udføres i grundvandskortlægningen. Prøvepumpninger bidrager med viden om hydrogeologiske forhold.

Hovedformålet med at udføre prøvepumpning, som en del af grundvandskortlægningen, er indsamling af viden om magasinets hydrauliske egenskaber og fremtrædende strømningsretninger med henblik på at udnytte dette i numeriske strømningsmodeller.

Ved prøvepumpning af længere varighed er formålet desuden at indsamle viden om hydrauliske barrierer, magasinafgrænsninger, sammenhænge til andre magasiner og sammenhæng til overfladevand, med henblik på bestemmelse af struktur og strømningsmønster. Derfor kan resultaterne fra disse prøvepumpninger også indgå i tolkningen af hydrostratigrafiske modeller.

10.2 Opgaver

De forskellige delopgaver og leverancer i forbindelse med udførelsen af prøvepumpninger er vist i oversigtsform i nedenstående oversigt. Rådgivers ydelser i forbindelse med delopgaverne er beskrevet mere detaljeret under tabellen.

Prøvepumpning		
Delopgave		Leverance
A	Opgavebeskrivelse udarbejdes og planlægningsmøde afholdes, hvor hele processen gennemgås.	Opgavebeskrivelse, møde og referat
B	Afklare myndighedskrav, udarbejde ansøgninger og aftale evt. driftsstop/stabil drift med nærliggende vandværker/relevante vandindvindere.	Notat. Evt. ansøgning om udledning af vand
C	Udførelse af prøvepumpning, løbende pejling af vandstande i borer, herunder i nærliggende filtre/borer for måling af påvirkning samt registrere meteorologiske data.	
D	Evt. udtage vandkemiske prøver før, under og efter. (Se kravspecifikation for udtagning af vandkemiske prøver og sedimentkemiske prøver)	
E	Afrapportering af resultater	Rapport/notat

Rådgivers ydelser er:

- Udarbejde projektbeskrivelse for prøvepumpning, som indeholder prøvepumpningens formål og den praktiske gennemførelse samt forventede resultater. I projektbeskrivelsen beskrives og begrundes udvælgelsen af pumpe- og pejleboringer, planlægges indsamlingen af meteorologiske og hydrauliske data mhp. korrektioner af prøvepumpningens resultater, beskrives prøvepumpningens forventede varighed og alle logistiske forhold, såsom adgangsforhold, anvendelse og placering af pumpe- og pejlemateriel, fremskaffelse af strøm og afledning af oppumpet vand samt forventet tilsynsbehov mv.
- Afklare myndighedskrav og udarbejde ansøgninger om evt. tilladelse til udledning af vand i forbindelse med prøvepumpningen.

- Aftale eventuelt driftsstop eller -stabilitet med nærliggende vandværker eller andre relevante vandindvindere.
- Udføre prøvepumpning i nyetablerede borer, efter renpumpning, når der er opnået rovandstand (ofte 1-2 uger), eller i eksisterende borer, evt. i en indvindingsboring til vandværk, hvorefter der pumpes med konstant kapacitet i en periode, som ofte varer en del uger. Varigheden beregnes på grundlag af tidligere prøvepumpninger eller antagelser vedr. de hydrauliske parametre i området mhp. at det skal være muligt at registrere en sænkning i de udvalgte pejleboringer. Tilbagepejling foretages i en periode, som afhænger af de forventede og observerede registreringer, ofte 1-2 uger.
- Før, under og efter pumpeperioden(/-perioderne) registreres vandspejlet løbende med tryktransducer og datalogger i pumpeboringen og observationsboringerne fra et veldefineret blivende pejlepunkt, der efterfølgende, eller forud for, boringsregistreres (x, y, z indmåles). Vandspejlet registreres efter pumpeophør til der er opnået (tilnærmelsesvis) rovandsspejl. Alle pejlinger kotesættes.
- Før, under og efter pumpeperioden(/-perioderne) pejlles vandspejlet manuelt med pejler/håndpejl, idet der pejlles hyppigere lige efter pumpestarttidspunktet/sluttidspunktet, hvor vandspejlsændringerne sker hurtigst. Håndpejlinger er særlig værdifulde i de tilfælde, hvor den automatiske registrering svigter.
- Indvindingsraten, dvs. oppumpet vandmængde pr. tid, med digital flowmåler.
- Dokumentere meteorologiske og hydrauliske data (nedbør og barometertryk, evt. temperatur samt indvindingsbetingede og nedbørs-/sæsonbetingede variationer i grundvandsspejlet), så der ved efterbehandlingen af prøvepumpningens pumpe- og pejlodata kan korrigeres i nødvendigt omfang ifølge projektbeskrivelsen.
- Efter aftale udtages vandkemiske prøver før, under og efter prøvepumpningen mhp. at vurdere ændringer i vandkemi, som er indvindingsbetingede.
- Dokumentere forløbet af prøvepumpningen vha. logbog, som skal føres dagligt i den periode, hvor feltarbejdet udføres.
- De indsamlede pumpe- og pejlodata analyseres og bearbejdes og resultaterne af prøvepumpningen formidles, alt i henhold til projektbeskrivelsen. Prøvepumpningsfortolkningen kan foregå via en numerisk model eller via en eller flere analytiske løsninger, jævnfør /1/.

10.3 Referencer

Det forventes, at rådgiver som minimum er bekendt med og arbejder efter de nyeste vejledninger og kravspecifikationer samt nedenstående referencer.

- /1/. Kruseman, G. P. & de Ridder, N. A., 1994: Analysis and Evaluation of Pumping Test Data. Second Edition. Publication 47, International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI).
https://www.hydrology.nl/images/docs/dutch/key/Kruseman_and_De_Ridder_2000.pdf

11. Geologisk modellering

11.1 Formål

Formålet er at opstille geologiske modeller, der kan anvendes som arbejdsredskab til at dokumentere de geologiske forhold i et kortlægningsområde, samt at levere input til grundvandsmodellering, sårbarhedskortlægning og magasintilknytning af data via filter-sætning.

11.2 Opgaver

De enkelte delopgaver fremgår af nedenstående oversigt og de efterfølgende beskrivelser.

Afsnit 11.3: Planlægning af geologisk modellering		
Delopgave		Leverance
A	Problemformulering og udarbejdelse af projektbeskrivelse herunder formål og anvendelse af det geologiske modelarbejde, samt eventuelt en revurdering af datagrundlag og projektgrundlag. Plan for kvalitetssikring og kommunikation.	Aftalenotat Datarapport Møde
Afsnit 11.4: Opbygning af geologisk forståelsesmodel		
Delopgave		Leverance
A	Udarbejdelse af geologisk forståelsesmodel på grundlag af geologiske beskrivelser, principskitser og kort	Rapport Møde
Afsnit 11.5: Rumlig digital geologisk model		
Delopgave		Leverance
A	Digital geologisk model	64-bit GeoScene3D projekt
B	Dokumentation af modelopstilling inklusive usikkerhedsvurderinger, kvalitetssikring og formidling af modelresultater	Rapport Møde
C	Dokumentation af modelopstillingsforløbet	Logbog/rapport
D	Indlæsning af model i pågældende national database inklusiv dokumentation ifølge gældende kravspecifikation	Upload af model
Afsnit 11.6: Hydrostratigrafisk digital model		
Delopgave		Leverance
A	Digital hydrostratigrafisk model	64-bit GeoScene3D projekt
B	Dokumentation af modelopstilling inklusive usikkerhedsvurderinger og kvalitetssikring og formidling af modelresultater	Rapport Møde
C	Dokumentation af modelopstillingsforløbet	Logbog/rapport
D	Indlæsning af model i GEUS database inklusiv dokumentation ifølge gældende kravspecifikation. Herudover indlæses resultatet til LARCOS – i henhold til FOHM modellen	Upload af model

11.3 Planlægning af geologisk modellering

11.3.1 Projektbeskrivelse

Der laves et aftalenotat, med udgangspunkt i opstartsrapporten for kortlægningsområdet, der skal indeholde en beskrivelse af:

- Formålet med modelleringen
- Klarlægningen af modelområdets størrelse
- Hvordan opgaven løses
- Forventningsafstemningen i forhold til projektførelse og output
- Tidsplanen/budgettet
- Planen for kvalitetssikring og kommunikation
- Rollefordelingerne

Ved opstilling af nye geologiske modeller og genanvendelse af eksisterende, skal der tænkes i iterative processer, hvor ny oparbejdet viden som fx geokemi og hydrologi løbende anvendes til at opdatere tidligere beslutninger taget under arbejdet med den geologiske model. De geologiske modeller og de data, som de er baseret på, bør derfor igennem kortlægningsforløbet gøres til genstand for revurderinger for at opnå fuldt udbytte, indtil alle problemstillinger er besvaret tilfredsstillende.

Det er vigtigt at inkorporere viden fra andre fagligheder såsom geofysik, grundvandskemi og hydrologi, for at sikre det bedst mulige overblik over hvor, og hvordan den geologiske model skal opdateres.

Der skal inden arbejdet igangsættes med den geologiske model foreligge konkrete anbefalinger til arbejdet.

Som udgangspunkt skal der opstilles en lagmodel, der følger FOHM-stratigrafien, men afhængig af den geologiske kompleksitet inden for modelområdet, fx som følge af glacialtektonisk deformation, kan det komme på tale at opstille en voxelmodel.

Problemformuleringen og den indledende vurdering af data munder ud i en samlet beskrivelse af projektgrundlaget, hvor formål og datagrundlag holdes op mod hinanden. Det beslutes og begrundes også, om der både opstilles en rumlig geologisk model og en hydrostratigrafisk model, hvor der skal lægges fokus på vigtigheden af at kende detaljerne, før man evt. simplificerer modellen. For alle modeller gælder det, at de skal kunne indarbejdes sømløst i de større sammenhængende områder (modeller/tolkningsdatabaser) i hele Danmark, der vil være gældende på tidspunktet for arbejdet.

Den hydrostratigrafiske model skal honorere filtersætningen i de almene vandværkers indvindingsboringer samt filtersætningen i boringer med pejledata og kemi. Geo-Scene3D's Screen Analysis værktøj, eller andre værktøjer, kan anvendes til at kontrollere modellen på dette punkt.

Inden igangsættelse af modelleringsarbejdet afholdes et møde, hvor planen for arbejdet præsenteres og evt. specificeres yderligere.

11.3.2 Dataindsamling

Der laves en datarapport, der skal indeholde en:

- Oversigt over de tilgængelige data
- Eventuel vurdering af, om det eksisterende datagrundlag/vidensniveau er tilstrækkeligt, inden modelopstillingen, med udgangspunkt i opstartsrapporten for kortlægningsprojektet

I opstarten af en geologisk modellering indsamles viden om allerede eksisterende geologiske modeller i kortlægningsområdet, og kvaliteten af data og tolkningen af disse vurderes. Dette sker til dels i Opstartsfasen i kortlægningsprojektet og igen i arbejdet med selve den geologiske modellering.

Opstartsrapporten og/eller datarapporten for den geologisk modellering skal omfatte en grundig vurdering af hele det geologiske datagrundlag, som omhandler bl.a. borer, geofysik, eksisterende geologiske og hydrostratigrafiske modeller (både lokal- og regionalmodeller samt FOHM, jordartskort og landskabsanalyser og geologisk historie og dannelsesmiljø. Desuden skal kemiske og hydrologiske data, der kan have betydning for den geologiske/hydrostratigrafiske forståelse og tolkning, vurderes med henblik på inddragelse, hvor det er relevant i modeludarbejdelsen.

Kort og data der med fordel kan indgå i modelleringsarbejdet omfatter, jf. Geovejledningen /1/:

- Geologiske data og kort: Boredata, jordart og -type, stratigrafiske data, tolkede geologiske kort over f.eks. prækvartærets overflade, forkastninger og begravede dale
- Geomorfologiske data: Højdemodel og bathymetri, landskabselementer, flyfotos
- Hydrologiske data: Pejledata, prøvepumpningsdata, tolkede hydrologiske kort f.eks. potentialekort, data vedr. overfladevand, viden om oppumpede mængder ift. betragninger om magasin størrelse
- Kemiske data: Grundvands- og sedimentanalyser, tolkede kemiske kort fx nitratfrontens beliggenhed og dominerende kemisk processer og træk for et magasin, fx illustreret ved vandtypen
- Geofysiske data: TEM, PACES, MEP og DC-sonderinger, seismiske linjer, borehul-slogs, tolkede geofysiske kort f.eks. kote til gode leder og middelmodstandskort
- SSV-beregning: Der kan udføres og benyttes GeoStatistical estimation of Structural Vulnerability (SSV) beregninger, for at optimere samtolkningen af geofysiske og geologiske data fra borer i forbindelse med beregning af den akkumulerede tykkelse af lithologiske lag inden for et bestemt dybdeinterval. Arbejdet med SSV skal udføres under henvisning til /6/. Kvalitetssikringsprocedure skal udføres under henvisning til /7/.
- Geologiske modelflader: FOHM, regionale og lokale modeller, detailmodeller fra forureningsundersøgelser, ressourceundersøgelser f.eks. udført af vandværker
- Administrative data: OSD, NFI, arealanvendelse, kommunegrænser mfl. fra offentlige informationssystemer, som bl.a. Miljøportalen
- Hvis der foreligger eksisterende kvalitetsvurderinger samt anbefalinger til opdateringer for modeller inkorporeret i FOHM skal disse indhentes. Disse oplysninger kan bl.a. hentes fra opstartsrapport, eksisterende hydrostratigrafisk afrapportering eller FOHM-rapporten /2/

11.4 Opbygning af geologisk forståelsesmodel

Den geologiske forståelsesmodel består hovedsageligt af beskrivelser, principskitser, en overordnet stratigrafi og dannelsesmodel for området, og har til hensigt at give et overblik over den geologiske opbygning og historie, som den fremgår af eksisterende materiale til hjælp for opstillingen af den rumlige geologiske model og den hydrostratigrafiske digitale model. Det er vigtigt at fx påpege problemstillinger som fx begrænset baggrundsviden og særlige geologiske forhold, der kan have betydning for arbejdsgangen og slutproduktet.

Formålet er:

- At skabe overblik over de geologiske forhold og problemstillinger, så den digitale model kan opbygges hensigtsmæssigt

- At påpege problemstillinger som f.eks. begrænset baggrundsviden og særlige geologiske forhold, der kan have betydning for arbejdsgangen og slutproduktet
- Eventuelt at revidere projektbeskrivelsen i forhold til kravspecifikationer til modellen mht. dataforberedelse og dataanvendelse, modelkonstruktion og tolkningsmåde, kvalitetssikring af data, af modeller og af det udførte arbejde, usikkerhedsvurderinger og dokumentationsniveau samt afrapportering

Den geologiske forståelsesmodel beskrives i den endelige rapport for geologisk modellering.

11.5 Rumlig digital geologisk model

Den rumlige digitale geologiske model er baseret på den geologiske forståelsesmodel samt en detaljeret og integreret geologisk tolkning af alle tilgængelige data; primært boredata og geofysiske data. Modelarbejdet indebærer en rumlig opbygning af tolkede geologiske enheder. Den rumlige geologiske model udgør modellørens tolkninger af den rumlige geologiske opbygning ud fra alle data.

Formålet er:

- At udarbejde en rumlig digital model af jordlagenes udbredelse og strukturelle opbygning i et modelområde i den detaljeringsgrad, som i det aktuelle tilfælde er påkrævet, og som datagrundlaget kan understøtte. Modellen består af såvel vertikale som horisontale geologiske elementer, som er defineret ved tolkningspunkter, profiler, rasterflader og tekst
- At modellere lithologiske og stratigrafiske lagflader og andre enheder, der er vigtige for forståelsen af områdets dannelseshistorie og opbygning
- At indarbejde dannelsesmiljø og dannelseshistorie i tolkningsprocessen og i modellen
- At sammentolke data; primært geologiske, geokemiske, geomorfologiske, lithologiske, stratigrafiske, hydrologiske og geofysiske data

Den rumlige digitale geologiske model, herunder eventuelt log af arbejdet undervejs, beskrives i den endelige rapport for geologisk modellering. Det er vigtigt at kunne dokumentere tolkninger af de forskellige geologiske elementer og forhold, der findes inden for modelområdet. For tolkningsmetodik m.m. henvises til Geovejledning for opstilling af geologiske modeller /1/ og eventuelle afvigelser her fra aftales i planlægningen af arbejdet med modellen.

Såfremt der både udføres en rumlig geologiske model og en hydrostratigrafisk model, hvor der er forskel, og den rumlige geologiske model anses som væsentlig at få dokumenteret, uploades denne iht. gældende vejledninger og aftaler med Miljøstyrelsen.

11.6 Hydrostratigrafisk digital model

Som beskrevet ovenfor besluttet det i planlægningen af arbejdet med geologisk modellering, om der både opstilles en rumlig geologisk digital model og en hydrostratigrafisk, eller om arbejdet fokuserer på den hydrostratigrafiske model.

Den hydrostratigrafiske digitale model illustrerer jordens hydrauliske egenskaber og inddeler jorden i hydrostratigrafiske enheder baseret på tolkningerne i den rumlige geologiske model, og vil langt hen af vejen være identisk med den rumlige geologiske model. I den hydrostratigrafiske modellering sammenstilles den rumlige geologiske model med de hydrologiske og kemiske data, hvor der er fokus på grundvandsmagasiner og mellemliggende lag både akviferer og akvitarder.

I den hydrostratigrafiske model vil det være muligt evt. at slå flere geologiske lag sammen til ét hydrostratigrafisk lag (magasinlag eller lerdæklag), eller zonere lag, såfremt geologien er så kompleks, at den ikke opløses tilfredsstillende ift. de hydrologiske egenskaber i geologien i den rumlige geologiske model. Dette foretages i tæt samarbejde med en grundvandsmodellør, der skal opstille grundvandsmodellen for området. Modellen udgør det geologiske grundlag for den efterfølgende strømningsmodellering

Formålet er:

- At modellere med fokus på de hydrostratigrafiske enheder i modelområdet, som skal udgøre grundlaget for input i den hydrologiske model. Herunder skal der tidligt i det geologiske modelarbejde tages stilling til modellens vertikale og horisontale diskretisering.
- Leverer datainput til efterfølgende sårbarhedskortlægningen i form af lertykkelses- og magasintykkelseskort
- At skabe en veldokumenteret tolkningsdatabase hvori tolkninger og tolkningspunkter gemmes og kan genanvendes ved senere opdateringer.
- At dokumentere hvilke lag der er modelleret og evt. hvilke afgrænsningspolygoner, der er anvendt i tolkningsarbejdet
- At afrapportere arbejdsproces, interpolationsrutiner og -indstillinger også med henblik på genanvendelse af modellen
- At sikre optimal udnyttelse af data
- At overføre model til FOHM og modeldatabase

Arbejdet med den hydrostratigrafiske model beskrives i den endelige rapport for geologisk modellering. Hvis der, efter aftale, udelukkende opstilles en hydrostratigrafisk model i et konkret projekt, skal diverse overvejelser angående rumlig geologisk digital model, som beskrevet i Geovejledningen /1/ tages til efterretning.

Modellen uploades iht. gældende vejledninger og aftaler med Miljøstyrelsen.

11.7 Afrapportering

Der afleveres en rapport i forbindelse med færdiggørelsen af den geologiske modellering, der dækker det eksisterende datagrundlag, Geologisk forståelsesmodel, Rumlig digital geologiske model og Hydrostratigrafisk digital model til det omfang, det er besluttet i projektbeskrivelsen for arbejdet.

Rapporten skal vha. tekst og figurer dokumentere modelopstilling, usikkerhedsvurderinger og kvalitetssikring samt formidle modelresultater (jf. Geovejledningen /1/). Der skal afleveres logbog, der dokumenter tekniske detaljer igennem modelopstillingsforløbet, i form/med indhold som aftalt i starten af modelleringsfasen. Det er vigtigt, at dokumentere væsentlige geologiske tolkninger i en repræsentativ mængde ift. geologiens kompleksitet og områdets størrelse. Desuden er det vigtigt at tydeliggøre arbejdet hen mod den hydrostratigrafiske model, især ift. hvilke data og datatyper (kemiske og hydrologiske), der er blevet inddraget i tolkningsprocessen og hvordan. Der kan afslutningsvis være anbefalinger til udbedring af områder med mindre sikker fortolkning med vægt på indmeldinger til kortlægningen, da kortlægningen fremadrettet vil være iterativ.

Desuden skal der afleveres en tolkningsdatabase, der dokumenterer tekniske detaljer i modelleringsarbejdet. Den rumlige digitale geologiske og den hydrostratigrafiske model skal udarbejdes i GeoScene3D 64-bit og også afleveres som et GeoScene3D 64-bit projekt.

De geologiske modeller skal integreres i FOHM tolkningsdatabase. Rapporter skal indlægges i GEUS rapportdatabase.

Data, der skal indsendes til Miljøstyrelsen ifm. afrapportering af den geologiske modellering, skal afleveres i GRUKOS-skabelonfiler iht. gældende vejledning.

Møder afholdes undervejs ved definerede milepæle og afslutningsvist efter aftale med Miljøstyrelsen, hvor den ønskede faglighed, koordinering og fremdrift skal sikres.

11.8 Krav til arbejdsgang

Opgaven skal løses i overensstemmelse med nyeste gældende version af Geovejledning /1/.

Miljøstyrelsen gør opmærksom på, at der i nogle tilfælde kan afviges fra Geo-vejledningen

grundet et projekts specifikke formål. Kortlægninger tager udgangspunkt i FOHM med inddragelse af eksisterende viden.

Der skal benyttes GeoScene3D i 64-bit udgaven til den rumlige tolkning af geologiske/hydrostratigrafisk modeller herunder GeoScene3D's Screen Analysis værktøj. Alle tilgængelige geologiske, geofysiske og hydrologiske data såvel som grundvands- og sedimentkemiske data skal vurderes og indgå i datagrundlaget for tolkningen af modellen. Eksisterende modeller skal inddrages og i videst mulige omfang genbruges. Boringer med indvinding, pejling og kemi uden kendt filter skal vurderes i forhold til magasin tilknytning.

Tolkningsbeslutninger og usikkerheder skal dokumenteres digitalt i modellen jf. gældende vejledninger, KS-procedurer /5/ og kravspecifikationer, Geus vejledninger /1/ og /3/ samt /4/.

Der skal anvendes Miljøstyrelsens definitioner for boringskvalitet for placering og lithologibedømmelse. Disse udleveres som Firebird SQL scripts til afvikling på Jupiter Firebirddata hentet fra GEUS.

11.9 Referencer

Det forventes, at rådgiver som minimum er bekendt med og arbejder efter de nyeste vejledninger samt nedenstående referencer.

- /1/. Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering. Geovejledning 2018/1 <https://geovejledning.geus.dk/#toggle-id-5>
- /2/. Samling af geologiske modeller i Jylland, FOHM – Fælles Offentlig Hydrologisk Model. Miljøstyrelsen 2020.
- /3/. Vejledning i anvendelse af modeldatabasen, Geus, GEO-Vejledning 9, Ditlefsen, C., Gausby, M., Salomonsen, J. & Hansen, M. 2012 <https://jupiter.geus.dk/ModelDBDoc/VejledningIAnvendelsenAfModeldatabasen.pdf>
- /4/. Dokumentation af informationer om geologiske modeller til sikring af fremtidig genanvendelse. GEUS, Undersøgelses rapport 2009/87 <https://jupiter.geus.dk/ModelDBDoc/DokumentationAfInformationerOmGeologiskeModeller.pdf>
- /5/. Miljøstyrelsens Kvalitetssikring af Hydrostratigrafiske Modeller. <https://mst.dk/media/povpes4l/kvalitetssikringsprocedure-for-hydrostratigrafiske-modeller.pdf>

- /6/. SSV kagebog. Christiansen, A.V. et al. 2009.
https://hgg.au.dk/fileadmin/HGGfiles/Reports/DK_reports/SSV_Report.pdf
- /7/. Intern kvalitetssikringsprocedure for SSV projekter.
<https://mst.dk/media/15snnatq/kvalitetssikringsprocedure-for-ssv-projekter.pdf>

12. Hydrologisk modellering

12.1 Formål

Hovedformålet med den hydrologiske modellering for kortlægningsområdet er at modellere vandets strømveje, så denne repræsenterer de virkelige forhold i form af sammenhæng mellem målt og beregnede data og realistiske vandbalancer. Modellen skal have en slutkvalitet, så den via partikelbaneberegninger kan afgrænse indvindingsoplande, boringsnære beskyttelsesområder (BNBO) samt grundvandsdannende partikler til almene vandværker eller OSD. Partikelbanernes alder fra terræn til filter skal have sammenhæng til de vandkemiske påvirkninger fra arealanvendelse. Delresultater fra modellen skal anvendes til magasinspecifikke potentialekort, gradientforhold og vandudveksling mellem de enkelte magasiner, til brug for beregning af størrelsen af grundvandsdannelse til magasiner. Områder med udstrømning til recipient skal kortlægges til brug for afgrænsning af NFI. Middel tykkelsen af den umættede zone er sammen med grundvandsdannelse til den mættede zone (total recharge) resultater der anvendes i forbindelse med fastlæggelse af redoxgrænsen.

De hydrologiske modeller skal opstilles som en del af Miljøstyrelsens grundvandskortlægning. Resultaterne af beregningerne med de hydrologiske modeller vil blive anvendt som en del af grundlaget for kommunernes udarbejdelse af indsatsplaner for beskyttelse af grundvandet. De hydrologiske modeller skal derfor have stor nøjagtighed og samtidig være grundigt dokumenterede, da der i nogle tilfælde kan blive tale om at indføre restriktioner på arealanvendelsen, og i sådanne tilfælde vil tolkningen af de hydrologiske forhold kunne have store konsekvenser for de berørte lodsejere.

12.2 Opgave

Opgaven skal løses med baggrund i:

1. Geo-vejledninger, især Geo-vejledning 2017/1: Hydrologisk vejledning 2.
<https://geovejledning.geus.dk/#toggle-id-1>
2. Håndbog i grundvandsmodellering 1.
https://data.geus.dk/pure-pdf/26024_GEUS_R_2005_80_opt.pdf

Der skal i løsningen tages afsæt i:

3. Faglige og administrative retningslinjer for grundvandskortlægningen, hvor de afviger fra ovenstående eller præciserer rammerne, især
 - a. Administrative valg til hydrologisk modellering og beregning af indvindingsoplande og grundvandsdannende partikler og
 - b. BNBO Beregningsprocedure

Ovennævnte kan tilgås via nedenstående links:

<https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/drikkevand-og-grundvand/grundvandskortlaegning/saadan-kortlaegger-vi-grundvandet>

For et givet kortlægningsprojekt kan det være nødvendigt at anvende flere hydrologiske modeller for at kunne opfylde formålet med opgaven. I nedenstående Tabel 12.1 er vist forskellige kombinationer af modeltyper til beregning af indvindingsoplande, grundvandsdannende partikler og BNBO, dvs. beregningsmetoder, der hidtil har været anvendt i grundvandskortlægningen. Som udgangspunkt er det disse kombinationer af

modeltyper og software (brugerflader og modelkoder), der skal anvendes til løsning af opgaven.

Tabel 12.1 Kombinationer af modeltyper og software til beregning af indvindingsoplande, grundvandsdannende partikler og BNBO.

Kombination	Beregning af indvindingsoplande og grundvandsdannende partikler	Beregning af BNBO	Software, der er anvendt
1	Numerisk grundvandsmodel	Numeriske submodeller	MIKE SHE, GMS MODFLOW eller Groundwater Vistas MODFLOW
2	Numerisk grundvandsmodel	Numerisk grundvandsmodel med finere diskretisering boringsnært	GMS MODFLOW eller Groundwater Vistas MODFLOW
3	Numerisk grundvandsmodel med finere diskretisering boringsnært		GMS MODFLOW eller Groundwater Vistas MODFLOW
4	Numerisk grundvandsmodel	Analytisk Element model	MIKE SHE eller GMS MODFLOW eller Groundwater Vistas MODFLOW & Visual AEM eller WhAEM
5	Analytisk Element model		Visual AEM eller WhAEM

Ad. Kombination 5) Denne beregningsmetode vil kun helt undtagelsesvist blive anvendt i grundvandskortlægningen.

Valget af beregningsmetode, dvs. valget af kombinationen af modeltyper og software, afhænger af den konceptuelle model, herunder om der er tale om et komplekst medium. Dette er beskrevet nærmere i Geo-vejledning 2017/1: Hydrologisk vejledning /2//1//1/g Miljøstyrelsens BNBO Beregningsprocedure /5/.

Opgaven er i hovedtræk beskrevet nedenfor for den hydrologiske model, der skal anvendes til beregning af indvindingsoplande og grundvandsdannende partikler. Modellen skal, evt. med justeringer, kunne anvendes til beregning af BNBO via lokale gridforfininger eller opstilling af submodeller. Såfremt forudsætningerne er opfyldt, jf. Miljøstyrelsens BNBO Beregningsprocedure /7/, kan BNBO alternativt beregnes med Analytisk Element modeller (AEM).

Opgavebeskrivelsen dækker en fuld modellering, hvor der ikke bygges videre på eksisterende modeller, men hvor modeller bygges op fra bunden. Såfremt der eksisterer modeller, der kan anvendes til løsning af den konkrete modelleringsopgave, kan modelleringsopgaven i stedet tage udgangspunkt i en opdatering af disse modeller med nye data. Dette kan resultere i, at nogle af de beskrevne delopgaver bliver reduceret i omfang, idet de delvist er udført i forbindelse med den tidligere modellering.

De centrale trin i modelleringsprocessen er opsummeret i nedenstående punkter og efterfølgende i skemaet nedenfor.

1. Udarbejdelse af konceptuel model
2. Dataindsamling og modelopsætning
3. Kalibrering og validering
4. Beregning af oplande og BNBO til vandværker
5. Beregning af grundvandsdannede partikler til indvindingsboringer
6. Afrapportering, aflevering og indberetning af rapporter, model og modeldata og resultatdata.

Der henvises til figur 2 i afsnit 4.1 i "Håndbog i grundvandsmodellering" /1/, hvor modeleringsprocessen er vist. Hvert trin afsluttes med en rapportering af de opnåede resultater, et review af disse og en dialog om det videre forløb i modeleringsprocessen.

Afsnit 12.3: Udarbejdelse af konceptuel model		
Delopgave		Leverance
A	Valg og vurdering af den geologiske model/hydrostratigrafiske model	Delrapport/kapitler i hovedrapport.
B	Specifikation af den konceptuelle model, herunder bl.a. overordnet forståelse af strømningsforhold og vandbalancer, opdeling i strukturelle elementer med konstante parameterværdier, randbetingelser og inputdata.	
C	Test af den konceptuelle model	
D	Løbende opdatering af den konceptuelle model igennem den videre modellering	
E	Møde om den konceptuelle model og det videre forløb	Møde
Afsnit 12.4: Dataindsamling og modelopsætning		
Delopgave		Leverance
A	Der laves en log til dataopsamling, modelopsætning, kalibrering, validering og modelkørslerne (punkt 12.4-)	Delrapport/kapitler i hovedrapport. Evt. møde.
B	Møde hvor det i forhold til formålet med modelleringen besluttes hvilken retning der skal gås ift.: 1) hvilken form for hydrologisk model opgaven skal munde ud i; Numerisk stationær og/eller numerisk dynamisk model, eller eventuelt AEM-model, 2) hvilken software, der skal anvendes, 3) hvordan datatyperne skal indgå i modelleringen samt 4) hvilket GIS-format, koordinatsystem og datum, der skal arbejdes og afrapporteres i.	
C	Indhentning af datatyper jf. afsnit 12.4.1, der bearbejdes og anvendes i modelleringen. For hver datatype skal der foretages en kritisk gennemgang af datagrundlaget og konkluderes på brugbarheden af data til hydrologisk modellering.	
D	Fastlæggelse og klargøring til den hydrologiske model af: den hydrostratigrafiske model, det hydrologiske modelområde og beregningsgriddet	
E	Møde hvor det, på baggrund af formålet med kortlægningen og de tilgængelige data endeligt besluttes: 1) hvilken form for hydrologisk model opgaven skal munde ud i; Numerisk stationær og/eller numerisk dynamisk model, eller eventuelt AEM-model, 2) hvilken software, der skal anvendes, 3) hvordan datatyperne skal indgå i modelleringen samt 4) hvilket GIS-format, koordinatsystem og datum, der skal arbejdes og afrapporteres i.	Møde og delrapport/kapitler i hovedrapport. Evt. møde.
F	Den hydrologiske model opstilles	Delrapport/kapitler i hovedrapport. Evt. møder undervejs

G	Møde om dataindsamling og modelopsætning samt videre forløb	Møde
Afsnit 12.5: Kalibrering og validering		
Delopgave		Leverance
A	Der udvælges data og periode til kalibrering og data til validering. Herunder evt. opvarmning og behov for hot-start vurderes	Delrapport/kapitler i hovedrapport. Evt. møder undervejs
B	Den hydrologiske model kalibreres	
C	Den hydrologiske model valideres	
D	Modelusikkerhederne beskrives	
E	Møde om kalibrering og validering samt videre forløb	Møde
Afsnit 12.6: Beregning af oplande og BNBO til vandværker		
Delopgave		Leverance
A	En endelig afklaring af hvilke anlæg der skal have beregnet ny opland og BNBO. Herunder opfølgende tjek af tilladelse og boringstilknytning til anlæg, med dokumentation til Miljøstyrelsen	Delrapport/kapitler i hovedrapport. Evt. møder undervejs
B	Tilladelsescenariet og eventuelle alternative scenarier fastlægges for henholdsvis indvindingsoplande og BNBO (inklusive fordeling af mængder pr boring samt partikler per beregningscelle) og hvor ofte resultater skal gemmes.	
C	Oplande og BNBO beregnes	
D	Beskrivelse af usikkerheden på oplande og BNBO (BNBO jf. BNBO beregningsprocedure) fx gennem scenarier.	
E	Møde om oplande og BNBO samt afslutning af opgaven	Møde
Afsnit 12.7: Afrapportering, aflevering og indberetning af rapporter, model og data		
Delopgave		Leverance
A	Samlet rapport afleveres til Miljøstyrelsen samt til Rapportdatabasen	Rapport
B	Alle data og GIS-temaer afleveres til Miljøstyrelsen (mindst dem nævnt i afsnit 3).	Data
C	Grundvandsmodellen og eventuelle submodeller afleveres digitalt inklusiv resultatfiler til Miljøstyrelsen. Grundvandsmodellen indberettes desuden til Modeldatabasen.	Grundvandsmodel/-ler

12.3 Udarbejdelse af konceptuel model

Der udarbejdes en konceptuel model, der skal understøtte forståelsen af vandkredsløbet for modelområdet, beskrive sammenhængen mellem overfladevand og grundvand, dynamikken i potentialet og vandløbsafstrømningen, strømretningerne, magasinforholdene og vandbalanceforholdene, tykkelse af den umættede zone og den hydrostratigrafiske model i relation til den hydrologiske, evt. med inddragelse af vandkemiske forhold. Den konceptuelle model er ikke en digital model, men en forsimplet beskrivelse af virkeligheden, herunder skitser af hydrogeologiske elementer og forventede strømninger. I forbindelse med opstillingen af den konceptuelle hydrologiske model skal der ske vurdering af den geologiske model, specificeres hvilke procesligninger der anvendes,

specificeres hvorledes modelområdet underinddeles i strukturelle elementer med konstante parameterværdier, bestemmes randbetingelser og specifikation af hvilke input-data der driver modellen.

Den konceptuelle model skal testes, fx ved at sammenholde den konceptuelle model med data fra vandkemi og aldersdatering eller ved at andre uafhængige eksperter vurderer den.

Den konceptuelle hydrologiske model skal sammenholdes med den fortløbende hydrologiske modellering og hvis relevant opdateres undervejs i modelleringen.

12.4 Dataindsamling og modelopsætning

Den hydrologiske model opstilles, kalibreres og valideres i overensstemmelse med de metodikker og kriterier, som er angivet i /1/ og /2/. Prioriteringer af metodikker og valg af kriterier udføres i samarbejde med Miljøstyrelsen.

I afsnittet "Datatyper" nedenfor beskrives en række datatyper, som rådgiver skal indhente, bearbejde og anvende i modelleringen. For hver datatype skal rådgiver foretage en kritisk gennemgang af datagrundlaget og konkludere på brugbarheden af data til hydrologisk modellering. Rådgivers kritiske gennemgang af datagrundlaget og konklusioner om brugbarheden af data til hydrologisk modellering skal afrapporteres skriftligt til Miljøstyrelsen og skal indgå i den samlede afrapportering af modellen. Miljøstyrelsen kan vælge at lade rådgivers afrapportering vurdere eksternt, eventuelt som peer-review, f.eks. af en anden rådgiver.

Efter rådgivers dataindsamling, databehandling, kritiske gennemgang af datagrundlaget og konklusioner om brugbarheden af data til hydrologisk modellering, fastlægger rådgiver og Miljøstyrelsen i samarbejde:

- A. Hvilke former for hydrologiske modeller opgaven skal munde ud i, i henhold til Tabel 12.1, herunder om modellerne skal være dynamiske eller stationære, jf. afsnit 5.1 i /2/
- B. Hvilken software, der skal anvendes, i henhold til Tabel 12.1
- C. Hvordan datatyperne skal indgå i modelleringen
- D. Hvilket GIS-format, koordinatsystem og datum, der skal arbejdes og afrapporteres i.

Herefter opstiller rådgiver den hydrologiske model.

12.4.1 Datatyper

Nettonedbør

Som udgangspunkt opstilles der en integreret model, hvori nettonedbør beregnes. Som alternativ, hvor modelkoden ikke kan beregne nettonedbøren integreret, kan nettonedbøren i form af total recharge indhentes fra en model der kan foretage denne beregning. De anvendte klimadata skal være fra DMI og nedbøren skal være dynamisk korrikeret, efter nyeste viden. Der indhentes eksisterende klimadata i form af nedbør, potentiel fordampning og temperatur via Miljøstyrelsen eller direkte fra DMI's frie data (når dynamisk korrigeret data bliver tilgængeligt). Miljøstyrelsen har fået udarbejdet en nettonedbørsmodel (jf./4/), der kan anvendes til at beregne nettonedbøren til de hydrologiske modeller. I forbindelse med brug af nettonedbør fra anden modelopsæt skal der være henvisning til modellen og dokumentation for, hvordan denne er beregnet og hvilke data og parameter der indgår samt hvilke tidsperiode der er anvendt hvis data anvendes til en middelmiddel, og dokumentation for at data repræsenterer en middel, for den periode der anvendes til oplands og BNBO beregning.

Arealanvendelse

Der indhentes kort over arealanvendelse til brug for opsætningen af fordampning fra forskellige vegetationstyper. For MIKE SHE-modeller anvendes i udgangspunktet data-metodik fra /4/.

Der indsamles oplysninger om graden af urbanisering i modelområdet og det vurderes om, og hvordan, det skal indarbejdes i modellen. Dette aftales nærmere med Miljøstyrelsen. For modeller, der i høj grad er dækket af byområder, kan der blive tale om at anvende MIKE-modulet URBAN.

Jordbund

Der indhentes og opsættes et kort over jordbunden til beskrivelse af hvilket vandvolumen, der er til fordampning i det øverste jordlag. For MIKE SHE-modeller anvendes i udgangspunktet datametodik fra /4/.

Pejlinger og potentialekort:

Eksisterende pejlinger af grundvandspotentialer indhentes, analyseres, valideres og klargøres til den hydrologiske model, herunder resultater af synkronpejlerunder. Det skal tydeliggøres i forbindelse med opstillingen af den hydrostratigrafiske model, hvordan pejlinger af grundvandspotentialer er blevet anvendt heri.

Eksisterende potentialekort indhentes og klargøres til den hydrologiske model. Det skal afklares, via opstartsrapport eller direkte med Miljøstyrelsen, om og i hvilket omfang, der skal fremstilles nye magasinspecifikke potentialekort. Potentialekortene skal anvendes til fastlæggelse af modellens randbetingelser og til at vurdere, om modellen efterfølgende simulerer strømningsbilledet tilfredsstillende.

Indvindingsdata og vandforsyningsstruktur

Eksisterende indvindingsstidsserier indhentes og klargøres til den hydrologiske model. Data valideres i forhold til fejl og mangler. Eksisterende oplysninger om vandforsyningsstrukturen indhentes og klargøres til den hydrologiske model. Kommunen laver kvalitetssikring af sammenhængen mellem tilladt indvinding og boringstilknytning, med særlig fokus på almene vandforsyninger og større indvindinger i området. Afværgepumpninger, pumpedige lag og evt. anden regulering kan for nogle områder ligeledes være relevant at inddrage. Det fremgår af dokumentationen for den hydrostratigrafiske model, i hvilket omfang disse data er blevet anvendt som et led i opstillingen af den hydrostratigrafiske model. Det er her tænkt, at den hydrostratigrafiske modellør kan have forholdt sig til indvindingsboringernes filterplacering i de hydrostratigrafiske lag og evt. forholdt sig til indvindingsmængderne i forhold til de tolkede udstrækninger og tykkelser af de modellerede magasiner, hvilket er godt at vide som grundvandsmodellør, fordi det alt andet lige giver et bedre fundament for grundvandsmodelleringen. Det afklares, hvordan forskellige typer indvinding skal indgå i modellen, hvor det er relevant. F.eks. markvand, skal det recirkuleres og hvordan. Dambrug indvinder de fra overfladevand eller grundvand og hvordan indarbejdes det i modellen. Alle indvindinger i beregningsperioden anvendes i modellen. Ved en middelmiddel skal indvindingsperioden indtænkes.

Hydrauliske parametre og aldersdateringer

Eksisterende resultater af prøvepumpningsforsøg og andre undersøgelser, hvor der er bestemt hydrauliske parametre, indhentes og klargøres til den hydrologiske model. Eksisterende aldersdateringer af grundvandet indhentes og klargøres til den hydrologiske model. Af arbejdet med opstilling og afrapportering af den hydrostratigrafiske model fremgår det, i hvilket omfang disse data har været anvendt heri. Det er her tænkt, at

grundvandsmodelløren anvender de tolkede hydrauliske parameterværdier til at fastlægge initialværdier for parameterværdierne i grundvandsmodellen og/eller til at vurdere, om de kalibrerede parameterværdier er fornuftige i forhold til de tilsvarende kalibrerede parameterværdier. Det er også tænkt, at aldersdateringerne anvendes til at vurdere, om de simulerede transporttider er fornuftige. Den hydrostratigrafiske modelør kan have anvendt de nævnte data i tolkningsarbejdet til at vurdere og tolke hydrauliske sammenhænge, hvilket er godt at vide som grundvandsmodellør, fordi det alt andet lige giver et bedre fundament for grundvandsmodelleringen.

Overfladevandsforhold, dræningsforhold, vandføringsdata, vandbalancer og hydraulisk kontakt mellem grundvandsmagasiner og recipienter

Opsættes en MIKE SHE model, udarbejdes en MIKE HYDRO River-model for overfladevand. Udstrækningen af overfladevandsrecipienter (vandløb, søer, vådområder) klargøres til den hydrologiske model. Det undersøges eventuelt, om der foreligger regulativer for vandløb, der skal indarbejdes i modellen, ligesom vådområder og bundkoter for søer indarbejdes i den udstrækning, de er tilgængelige, herunder bathymetri data for større søer, som Miljøstyrelsen er i besiddelse af. Spildevandsudledning og anden udledning til recipient vurderes og inddrages i modelleringen. Eksisterende oplysninger om drænedede områder indsamles og klargøres til den hydrologiske model. Der udarbejdes drænoplande, med drændybder og dræn konduktiviteten til vandløb.

Eksisterende vandføringsdata og vandstandsdata for overfladevandsrecipienterne indhentes og klargøres til den hydrologiske model, herunder medianminimumsafstrømningsmålinger, relevante tidsserier fra hydrometristationer og enkeltmålinger.

Hvis disse data er anvendt i forbindelse med opstillingen af den hydrostratigrafiske model, bemærkes dette i afrapporteringen af dette arbejde.

Eksisterende oplysninger om vandbalancer på oplandsniveau for relevante vandløb indhentes.

Eksisterende data, der siger noget om den hydrauliske kontakt mellem grundvandsmagasinerne og recipienterne, indhentes og klargøres til den hydrologiske model.

Hydrostratigrafisk model, hydrologisk modelområde og beregningsgrid

Den hydrostratigrafiske model fastlægges og klargøres til den hydrologiske model. Det er en forudsætning, at der eksisterer en hydrostratigrafisk model, og umiddelbart, at den er opstillet i henhold til den nyeste Geo-vejledning i opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering /2/. I opgaven specificeres i hvilket omfang den hydrostratigrafiske model omfatter kort, som rådgiver skal anvende ved zonerings og kalibreringen af den hydrologiske model. Det kunne eksempelvis være kort med underinddeling af de hydrostratigrafiske enheder der kan give input til vurdering af variationen af hydraulisk ledningsevne, transmissivitet og magasintal for de hydrostratigrafiske enheder. Det kunne også være kort over usikkerheden på tolkningen af den hydrostratigrafiske model og zonerings af lertyper ol.

I afrapporteringen af modellen skal det dokumenteres, at den hydrostratigrafiske model er indlæst korrekt i grundvandsmodellen.

Området for den hydrologiske model fastlægges og klargøres til den hydrologiske model. I den specifikke opgave fremgår det, i hvilket omfang områdeafgrænsningen allerede er blevet foretaget, for eksempel som et led i opstillingen af den hydrostratigrafiske model. Desuden fremgår det, om og i hvilket omfang randbetingelserne skal genereres ud fra allerede eksisterende hydrologiske modeller. Modelområdet skal afgræn-

ses, så det sikres, at indvindingsoplandene, der skal beregnes med modellen, ikke bliver påvirket af modelranden og at modelranden er veldefineret ud fra hydrologiske grænser for grundvandsstrømningen.

Beregningsgrid og beregningsceller fastlægges i samarbejde mellem rådgiver og Miljøstyrelsen og klargøres til den hydrologiske model; jævnfør anbefalingerne i Geo-vejledning 2017/1 samt "Håndbog i Grundvandsmodellering" (Sonnenborg, T. O & Henriksen, H. J., 2005) /1/.

Der tages hensyn til i hvilket omfang fastlæggelsen af beregningsgrid og beregningsceller skal ske ift. eksisterende modeller i området, fx lokale hydrostratigrafiske modeller. Det vurderes, om hydrostratigrafiske enheder skal underopdeles i flere beregningsslag for at kunne beregne indvindingsoplandene mere præcist og i forhold til beregning af BNBO.

12.5 Kalibrering og validering

Den hydrologiske model opstilles, kalibreres og valideres i overensstemmelse med de metodikker og kriterier, som er angivet i /1/ og /2/. I samarbejde med Miljøstyrelsen konkluderes det, hvilke af metodikkerne og kriterierne, der lægges særlig vægt på. Modellen skal kalibreres mod både pejledata og vandføringsdata.

Det beskrives hvilke data, der indgår i henholdsvis kalibreringen og valideringen samt opvarmningen af modellen. Der lægges vægt på, at modellen tilpasser data med vægt på områder, hvor der foreligger indvindingsoplande.

Rådgiver beskriver modelusikkerhederne på baggrund af kalibreringen og valideringen.

12.6 Beregning af oplande og BNBO til vandværker

Der beregnes og afrapporteres grundvandsdannende partikler, indvindingsoplande og BNBO i henhold til grundvandskortlægningens Faglige og administrative retningslinjer:

- Administrative valg til hydrologisk modellering og beregning af indvindingsoplande og grundvandsdannende partikler /6/
- BNBO Beregningsprocedure /5/

Beregningerne foretages for tilladelsesscenarioet, hvor de almene vandværker indvinder hele deres tilladelse. Tilladelsesscenarioeberegningen skal være repræsentativ for det aktuelle klima. For dynamiske modeller anvendes gerne så lang en tidsperiode med klimadata som muligt. For stationære modeller anvendes en tidsperiode med klimadata, der vurderes at være repræsentativ for det aktuelle klima ved at den omfatter år med henholdsvis lille, stor og gennemsnitlig nedbør.

Det kan dog være relevant at foretage supplerende scenarieberegninger for at belyse usikkerheden på udstrækningen af indvindingsoplandene og BNBO. Scenarierne kan eksempelvis omfatte ændringer i indvindingens størrelse, ændringer i nettonedbørens størrelse eller ændringer i den konceptuelle model (f.eks. alternativ geologisk model).

Et eksempel på et scenarium er at belyse usikkerheden på indvindingsoplandenes udstrækning som følge af, at markvanderne anvender hele deres tilladelse. Det kan være relevant i områder, hvor indvindingen til markvanding er væsentlig større end indvindingen til almen vandforsyning.

Scenarierne kan også omfatte stokastiske kørsler, dvs. kørsler med forskellige parameterverdier.

Det aftales med Miljøstyrelsen hvilke scenarier, der evt. skal beregnes.

Partikelbaneberegningerne foretages, så der ud fra de beregnede positioner af partikler til forskellige tidskridt/transporttidspunkter kan konstrueres detaljerede partikelbaner. For dynamiske kørsler regnes et opland ikke altid til fuldt udviklet, derfor anvendes partikler i alle modellag, således at de partikler der ikke når terræn indenfor beregningsperioden kan indgå i oplandet.

Ved partikelbaneberegningerne skal der anvendes så mange partikler, som det er praktisk muligt, så det sikres, at indvindingsoplande og BNBO bliver afgrænset så præcist som muligt.

Forud for beregning af indvindingsoplande og BNBO aftales, hvor mange partikler der skal lægges ind i modellen, hvordan partiklerne skal lægges ind i modellen og hvor ofte, der skal gemmes et resultat. For MIKE SHE beregnes både partikel registration og partikel pathline, hvor der i PathLine er lagt vægt på transport fra terræn til filter.

Rådgiver beskriver usikkerheden på indvindingsoplandene. Som et led i beskrivelsen af usikkerheden inddrages resultaterne af de eventuelle supplerende scenariekørsler.

Rådgiver beskriver usikkerheden på BNBO, i henhold til BNBO beregningsproceduren. Afgrænsningen af administrative indvindingsoplande og BNBO foretages i henhold til grundvandskortlægningens Faglige og administrative retningslinjer:

- Administrative valg til hydrologisk modellering og beregning af indvindingsoplande og grundvandsdannende partikler /6/
- BNBO Beregningsprocedure /5/

Inden for de administrative indvindingsoplande er transporttiden fra partikelpositionerne til indvindingsboringerne maksimalt 200 år.

Inden for de administrative BNBO er transporttiden fra partikelpositionerne til indvindingsboringerne maksimalt 1 år.

For stationære modeller afrapporteres de grundvandsdannende partikler for det fuldt udviklede indvindingsopland.

For dynamiske modeller er det ikke praktisk muligt at afrapportere grundvandsdannende partikler for det fuldt udviklede indvindingsopland. Her vælges en passende lang simuleringsperiode for partikelbaneberegningerne, alt afhængig af hvor ofte der gemmes og hvor mange lag der er i modellen, fx 500 år. Der skal som min anvendes 200 år + 2 * gemme interval.

12.7 Afrapportering og indberetning af rapporter og model

Der afholdes møde(r) og afrapporteres undervejs i arbejdet efter aftale med Miljøstyrelsen, hvor den ønskede faglighed, kommunikation, koordinering og fremdrift skal sikres.

Rådgiver leverer en samlet rapport for den udførte modellering med tilhørende figurer og data til Miljøstyrelsen, herunder følgende GIS-temaer:

- Administrative indvindingsoplande og BNBO med tilhørende partikler, dels som partikelbaner/-positioner fra terræn til filter og dels som partikelpositioner i alle modellag (MIKE SHE)
- Grundvandsdannende partikler
- Partikelbaner/-positioner for de aftalte scenarier

- Hvor det er aftalt afleveres partikelbaner til specifikke magasiner/lag med tilsvarende oplysninger som for oplande
- Udstrømningsområder i forhold til terræn (der skal anvendes til afgrænsning af NFI)
- Grundvandsdannelse til alle modellag som vandudveksling, herunder fra umættet til mættet zone (der skal anvendes til fastlæggelse af redoxfladen)
- Middel- og maksimum grundvandsstand angivet som dybde under terræn (der skal anvendes til fastlæggelse af redoxfladen), for stationære modeller leveres middel grundvandsstand
- Modelleret potentiale for alle modellag i grid skala
- Trykgradient over de enkelte modellag
- Data leveres i GRUKOS skabeloner, data til redox leveres i format angivet i /8/

Partikelbaner/-positioner for tilladelsesscenariet leveres tillige som tekstfil, til brug for indlæsning i GeoScene 3D.

Grundvandsmodellernes opsæt leveres digitalt inklusiv opsætningsdata og resultatfiler til Miljøstyrelsen. Herudover skal rådgiver indlæse den hydrologiske model til GEUS's modeldatabase med minimum opsæt, opsætningsdata og så vidt muligt resultatfiler. Såfremt der er data med særlige ejerforhold der medfører at de ikke må deles ud over løsningen af nærværende opgave, skal disse data fjernes fra modellen før den indlæses i modeldatabase. På nuværende tidspunkt er dette gældende for data fra DMI.

Rådgiver skal indlæse rapporten, inklusive bilag, i Rapportdatabase. Herudover skal rådgiver aflevere rapporten med bilag til Miljøstyrelsen, inkl. opsæt til figur.

Modellen og arbejdet med den skal afrapporteres på et niveau, der gør, at modellen kan genskabes fra bunden, samt at den kan kvalitetssikres i forhold til dokumentet "Kvalitetssikring af hydrologiske modeller" /3/. For at sikre dette, kan der udarbejdes en logbog for arbejdet, hvor bl.a. valg og tilvalg er dokumenteret.

12.8 Krav til arbejdsgang

Opgaven skal løses i overensstemmelse med de nyeste versioner af:

- Faglige og administrative retningslinjer for grundvandskortlægningen, især a) Administrative valg til hydrologisk modellering og beregning af indvindingsoplande og grundvandsdannende partikler /6/ og b) BNBO Beregningsprocedure /5/
- Geo-vejledninger, især Geo-vejledning 2017/1: Hydrologisk vejledning /2/ .
- Håndbog i grundvandsmodellering /1/ .

Der kan forekomme opgaver, hvor Miljøstyrelsen vurderer, at der kan afviges i mindre grad fra ovennævnte vejledninger grundet specifikke formål eller evt. yderligere administrative hydrologiske valg, som Miljøstyrelsen måtte fastsætte.

12.9 Referencer

Det forventes, at rådgiver som minimum er bekendt med og arbejder efter de nyeste vejledninger samt nedenstående referencer.

/1/. Sonnenborg, T. O & Henriksen, H. J., 2005: "Håndbog i Grundvandsmodellering". GEUS rapport 2005/80.

https://data.geus.dk/pure-pdf/26024_GEUS_R_2005_80_opt.pdf

/2/. Geo-Vejledning 2017/1: Hydrologisk vejledning. Henriksen, H. J., Troldborg, L., Sonnenborg, T., Højberg, A. L., Stisen, S., Kidmose, J. B. & Refsgaard, J. C. GEUS 2017.

<https://geovejledning.geus.dk/#toggle-id-1>

- /3/. Geo-Vejledning 3. Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering. Jørgensen, F., Kristensen, M., Højbjerg, A. L., Klint, K. E. S., Hansen, C, Jordt, B. E., Richardt, N. & Sandersen, P. GEUS 2008.
<https://geovejledning.geus.dk/#toggle-id-5>
- /4/. [Rambøll, 2018. Beregning af nettonedbør. Notat. 11-10-2018.](https://mst.dk/media/mapbmhlq/genberegningnettonedboer2018_v6.pdf)
https://mst.dk/media/mapbmhlq/genberegningnettonedboer2018_v6.pdf
- /5/. [Kvalitetssikring af hydrologiske modeller. Miljø- og Fødevarerministeriet 2016.](https://mst.dk/media/4pybyzvn/kvalitetssikring-af-hydrologiske-modeller.pdf)
<https://mst.dk/media/4pybyzvn/kvalitetssikring-af-hydrologiske-modeller.pdf>
- /6/. [BNBO Beregningsprocedure. Miljøstyrelsen 2020.](https://mst.dk/media/slhppeps1/procedure-for-afgraensning-af-bnbo.pdf)
<https://mst.dk/media/slhppeps1/procedure-for-afgraensning-af-bnbo.pdf>
- /7/. [Notat \(UDKAST\). Administrative valg til hydrologisk modellering og beregning af indvindingsoplande og grundvandsdannende partikler. Miljøstyrelsen.](https://mst.dk/media/r4rhqbom/administrative-valg-til-hydrologisk-modellering-og-beregning-af-indvindingsoplande-og-grundvandsdannende-partikler.pdf)
<https://mst.dk/media/r4rhqbom/administrative-valg-til-hydrologisk-modellering-og-beregning-af-indvindingsoplande-og-grundvandsdannende-partikler.pdf>
- /8/. [Vejledning til udarbejdelse af redoxgrænse. Miljøstyrelsen 2021](https://mst.dk/media/ad3ht5tx/vejledning-til-kortlaegning-af-redoxgraensen-og-beregning-af-tykkelsen-af-akkumuleret-reduceret-ler.pdf)
<https://mst.dk/media/ad3ht5tx/vejledning-til-kortlaegning-af-redoxgraensen-og-beregning-af-tykkelsen-af-akkumuleret-reduceret-ler.pdf>

13. Sårbarhedsvurdering

13.1 Formål og baggrund

Denne kravspecifikation beskriver rammen for vurdering af drikkevandsmagasinernes sårbarhed og afgræsning af følsomme indvindingsområder og indsatsområder.

Formålet med opgaven er at opnå viden om drikkevandsmagasinernes sårbarhed for derved at afgrænse følsomme indvindingsområder og indsatsområder der er sårbare over for en eller flere typer forurening.

13.2 Opgave

Der foretages en vurdering af drikkevandsmagasinernes sårbarhed samt afgræsning af følsomme indvindingsområder og indsatsområder indenfor indvindingsoplande til almene vandværker samt inden for område med særlige drikkevandsinteresser. Denne vurdering foretages på baggrund af anbefalinger fra "Opstarts- og Datafasen", og er nærmere præciseret i en konkret opgavebeskrivelse.

Den konkrete opgavebeskrivelse kan præciseres yderligere med en aftale om det præcise mål, leverancer og metoder i forbindelse med opstart af denne opgave. Aftalen om opgavens omfang og leverancer aftales enten pr. mail eller som en delaftale til opgavebeskrivelsen.

Vurdering og afgræsning foretages i henhold til stoffet nitrat ved hjælp af Miljøstyrelsens vejledningen: "Nitratsårbarhed og afgræsning af NFI og IO" /3/. Delaftalen kan løbende justeres, hvis det er nødvendigt.

I særlige områder kan følsomme indvindingsområder og indsatsområder afgrænses i forhold til andre stoffer end nitrat. Der er på nuværende tidspunkt ikke udarbejdet vejledninger for andre stoffer end nitrat. Metoden aftales derfor særskilt med Miljøstyrelsen.

Såfremt der i et projekt foretages vurdering af drikkevandsmagasinernes sårbarhed ved anvendelse af såkaldt 3D tykkelser af reduceret ler, skal vurdering og afgræsning udføres med udgangspunkt i Miljøstyrelsens vejledning: "3D sårbarhedszonering" /1/.

Nyeste vejledninger for vurdering af magasinernes sårbarhed, samt afgræsning af følsomme indvindingsområder, indsatsområder og OSD skal anvendes. Vejledningerne findes på Miljøstyrelsen hjemmeside /4/.

Opgaven skal løses i tæt samarbejde med Miljøstyrelsen. Hvis rådgiver er i tvivl om opgavens mål, omfang og leverance, er rådgiver forpligtigede til at få præciseret delopgaven eller leverancen af Miljøstyrelsen.

13.2.1 Leverancer

Nedenstående oversigt viser rammen for de forventede leverancer.

I de tilfælde hvor kortlægningsområderne arealmæssigt er store eller komplicerede, kan det være nødvendigt med flere møder mellem rådgiver og Miljøstyrelsen, samt med eksterne følgegrupper.

Leverancer som GIS temaer og andet digitalt materiale samt notater og rapporter udarbejdet i forbindelse med projekter afleveres samlet til Miljøstyrelsen.

GIS temaer afleveres i Miljøstyrelsens GRUKOS skabeloner, mens rapporter afleveres i afrapporteringsskabelonen, som begge findes på Miljøstyrelsens hjemmeside /4/

Projektbeskrivelse og præcisering af den konkrete opgave		
Delopgave		Leverance
A	Projektbeskrivelse fra "Opstart analyse af eksisterende data og anbefalinger" er leveret i forbindelse med "Opstart".	
B	Præcisering af mål og leverancer til denne opgave ved mail eller delaftale til projektbeskrivelsen.	Mail eller notat
Vurdering af drikkevandsmagasineres sårbarhed		
Delopgave		Leverance
A	Møde hvor strategien for vurdering af grundvandsmagasineres nitratsårbarhed aftales. I særlige tilfælde vil der udarbejdes en strategi for vurdering af om grundvandsmagasinerne har "anden sårbarhed".	Notat/referat
B	Sammenstilling af resultaterne og udarbejdelse af principskitser, temakort og notat/rapport om vurderingerne.	Udkast til notat/rapport og foreløbige kort
Afgrænsning af følsomme indvindingsområder		
Delopgave		Leverance
A	Møde hvor strategien for afgrænsning af nitratfølsomme indvindingsområder aftales. I særlige tilfælde vil der udarbejdes en strategi for afgrænsning af følsomme indvindingsområder i forhold til "anden sårbarhed".	Notat/referat
B	Udkast til afgrænsning af nitratfølsomme og/eller følsomme indvindingsområder.	Udkast til notat/rapport og foreløbige kort
C	Møde med følgegruppe, hvor udkast præsenteres. Kan evt. kombineres med leverance 3.b.	Møde/præsentation
D	Afsluttende møde.	Møde og notat/rapport
Afgrænsning af indsatsområder		
Delopgave		Leverance
A	Møde hvor strategien for afgrænsning af indsatsområder med hensyn til nitrat aftales. I særlige tilfælde vil udarbejdes en strategi for afgrænsning af indsatsområder i forhold til "anden sårbarhed".	
B	Udkast til afgrænsning af indsatsområder i forhold til nitrat og/eller indsatsområder i forhold til "anden sårbarhed".	Udkast til notat/rapport og foreløbige kort
C	Møde med følgegruppe, hvor udkast præsenteres. Kan evt. kombineres med leverance 2.c.	Møde/præsentation

D	Afsluttende møde.	Møde og notat/rapport
Forslag til revision af OSD og OD		
Delopgave		Leverance
A	Møde hvor strategien for revision af OSD og OD aftales.	Notat/referat
B	Udkast til revision af OSD og OD.	Notat/rapport og foreløbige kort
C	Møde med følgegruppe, hvor udkast præsenteres. Kan evt. kombineres med leverance 2.c og 3.c.	Møde/præsentation
D	Afsluttende møde.	Møde og notat/rapport

13.3 Referencer

Det forventes, at rådgiver som minimum er bekendt med og arbejder efter de nyeste vejledninger samt nedenstående referencer.

- /1/. Miljøstyrelsen. (2017). 3D sårbarhedzoner
https://mst.dk/media/1kifnxko/3d_saarbarhedszoner_1.pdf
- /2/. Miljøstyrelsen. (2017). Vejledning for justering af OSD
<https://mst.dk/media/qxppgmo0/vejledning-for-justering-af-osd.pdf>
- /3/. Miljøstyrelsen. (2023). Nitratsårbarhed og afgrænsning af NFI og IO.
https://mst.dk/media/elxfydcg/nitratsaarbarhed_2023.pdf
- /4/. Miljøstyrelsen. (u.d.). Sådan kortlægger vi grundvandet. Hentet fra Faglige og administrative retningslinjer: <https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/drikkevand-og-grundvand/grundvandskortlaegning/saadan-kortlaegger-vi-grundvandet>



Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk