12. Hydrologisk Modellering (Oplande og BNBO)

1 Formål

Hovedformålet med den hydrologiske modellering for kortlægningsområdet er via partikelbaneberegninger at afgrænse indvindingsoplande, boringsnære beskyttelsesområder (BNBO) samt grundvandsdannende partikler til almene vandværker. Herudover skal delresultater fra modellen anvendes i forbindelse med fremstilling af redoxfladen. For at opfylde hovedformålet skal de hydrologiske modeller kunne beskrive de hydrologiske forhold i modelområdet (bl.a. grundvandsdannelse, strømningsforhold og gradientforhold mellem magasiner og terræn, potentialer og minimums-, middel- og maksimumstykkelser af den umættede zone).

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.

2 Opgave

Opgaven skal løses med baggrund i:

1. Geo-vejledninger, især Geo-vejledning 2017/1: Hydrologisk vejledning /2/.
2. Håndbog i grundvandsmodellering /1/.

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/natur-vand/vand-i-hverdagen/grundvand/grundvandskortlaegning/kortlaegning-2016-2020/kortlaegningsprocessen-2016-2020/

http://vandmodel.dk/handbog_gr-model_2005.htm

For et givet kortlægningsprojekt kan det være nødvendigt at anvende flere hydrologiske modeller for at kunne opfylde formålet med opgaven. I nedenstående Tabel 2.1 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 2.1 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 eller GMS MODFLOW
2	Numerisk grundvandsmodel	Numerisk grundvandsmodel med finere diskretisering boringsnært	GMS MODFLOW
3	Numerisk grundvandsmodel med finere diskretisering boringsnært		GMS MODFLOW
4	Numerisk grundvandsmodel	Analytisk Element model	MIKE SHE eller GMS MODFLOW & Visual AEM eller WhAEM
5	Analytisk Element model		Visual AEM eller WhAEM

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/ og Miljøstyrelsens BNBO Beregningsprocedure /6/.

Ad) Tabel 2.1, Kombination 5: Denne beregningsmetode vil kun helt undtagelsesvist blive anvendt i grundvandskortlægningen.

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 /6/, 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. Afrapportering, aflevering og indberetning af rapporter, model og data.

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

Blok	Delopgave		Leverance
2.1	**Udarbejdelse af konceptuel model**		
	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 indputdata.	
	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
2.2	**Dataindsamling og modelopsætning**		
	a	Der laves en log til dataopsamling, modelopsætning, kalibrering, validering og modelkørslerne (punkt 2.2-2.4)	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.	
	Datatyper, der skal indhentes, 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.		
	c	Nettonedbør. For Mike-She indhentes klimadata. For MODFLOW bestemmes og klargøres nettonedbøren.	
	d	Arealanvendelsesdata indhentes	
	e	Jordbundsdata indhentes	
	f	Eksisterende pejlinger og potentialekort indhentes og klargøres til den hydrologiske model	
	g	Eksisterende indvindingsdata og oplysninger om vandforsyningsstrukturen indhentes og klargøres til den hydrologiske model	
	h	Eksisterende hydrauliske parametre og indhentes og klargøres til den hydrologiske model	
	i	Eksisterende oplysninger om overfladevandsforhold, dræningsforhold, vandføringsdata, punktudledningsdata, vandbalancer og hydraulisk kontakt mellem grundvandsmagasiner	

		og recipienter indhentes og klargøres til den hydrologiske model.	
	j	Fastlæggelse og klargøring til den hydrologiske model af: den hydrostratigrafisk model, det hydrologiske modelområde og beregningsgriddet	
	k	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.
	l	Den hydrologiske model opstilles	Delrapport/kapitler i hovedrapport. Evt. møder undervejs
	m	Møde om dataindsamling og modelopsætning samt videre forløb	Møde
2.3	**Kalibrering og validering**		
	a	Der udvælges data til kalibrering og data til validering	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

2.4	**Beregning af oplande og BNBO til vandværker**		
	a	Tilladelsesscenariet og eventuelle alternative scenarier fastlægges for henholdsvis indvindingsoplande og BNBO (inklusiv fordeling af mængder pr boring samt partikler per beregningscelle) og hvor ofte resultater skal gemmes.	Delrapport/kapitler i hovedrapport. Evt. møder undervejs
	b	Oplande og BNBO beregnes	
	c	Beskrivelse af usikkerheden på oplande og BNBO (BNBO jf. BNBO beregningsprocedure) fx gennem scenarier.	
	d	Møde om oplande og BNBO samt afslutning af opgaven	Møde
3	**Afrapportering, aflevering og indberetning af rapporter, model og data, jf. afsnit 3**		
	a	Samlet rapport afleveres til MST samt til Rapportdatabasen	Rapport
	b	Alle data og GIS-temaer afleveres til MST (mindst dem nævnt i afsnit 3).	Data
	c	Grundvandsmodellen og eventuelle submodeller afleveres digitalt inklusiv resultatfiler til MST. Grundvandsmodellen indberettes desuden til Modeldatabasen.	Grundvandsmodel/-ler

2.1 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 modeldomænet underinddeles i strukturelle elementer med konstante parameterværdier, bestemmes randbetingelser og specifikation af hvilke inputdata 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.

2.2 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:

- Hvilke former for hydrologiske modeller opgaven skal munde ud i, i henhold til Tabel 2.1, herunder om modellerne skal være dynamiske eller stationære, jf. afsnit 5.1 i /2/
- Hvilken software, der skal anvendes, i henhold til Tabel 2.1
- Hvordan datatyperne skal indgå i modelleringen
- Hvilket GIS-format, koordinatsystem og datum, der skal arbejdes og afrapporteres i.

Herefter opstiller rådgiver den hydrologiske model.

2.2.1 Datatyper:

<u>Nettonedbør:</u>
Som udgangspunkt opstilles der en integreret model, hvori nettonedbør beregnes. Som alternativ kan der opstilles en ikke-integreret model, hvor nettonedbør er beregnet uafhængigt af den hydrologiske model. Det vurderes i de enkelte opgaver i hvilket omfang eksisterende nettonedbørskort og resultater af nettonedbørsberegninger skal indhentes og klargøres til den

hydrologiske model. Der indhentes eksisterende klimadata i form af nedbør, potentiel fordampning og temperatur via Miljøstyrelsen. Miljøstyrelsen har fået udarbejdet en nettonedbørsmodel (jf. /4/), der kan anvendes til at beregne nettonedbøren til de hydrologiske modeller.

Arealanvendelse
Der indhentes kort over arealanvendelse til brug for opsætningen af fordampning fra forskellige vegetationstyper. For MIKE SHE-modeller anvendes i udgangspunktet datametodik 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 grundvandspotentialet 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 grundvandspotentialet 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 indvindingstidsserier 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.

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 modellør 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 drænede områder indsamles og klargøres til den hydrologiske model. Der udarbejdes drænoplande 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 /3/. I opgaven specificeres i hvilket omfang den hydrostratigrafiske model omfatter kort, som rådgiver skal anvende ved zoneringen og kalibreringen af den hydrologiske model. Det kunne eksempelvis være kort, der viser 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 zonering 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 afgrænses, 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 /2/ 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 beregningslag for at kunne beregne indvindingsoplandene mere præcist og i forhold til beregning af BNBO.

2.3 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 i de områder, hvor der foreligger indvindingsoplande.

Rådgiver beskriver modelusikkerhederne på baggrund af kalibreringen og valideringen.

2.4 Beregning af oplande og BNBO til vandværker

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

a) Administrative valg til hydrologisk modellering og beregning af indvindingsoplande og grundvandsdannende partikler /7/

b) BNBO Beregningsprocedure /6/

Beregningerne foretages for tilladelsesscenariet, hvor de almene vandværker indvinder hele deres tilladelse. Tilladelsesscenarieberegningen 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 parameterværdier.

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 er det sjældent nok, kun at registrere partiklens startposition og slutposition.

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 Path-Line 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:

a) Administrative valg til hydrologisk modellering og beregning af indvindingsoplande og grundvandsdannende partikler /7/

b) BNBO Beregningsprocedure /6/

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, f.eks. 1.000 år.

3 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 MST, 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
- Udstrømningsområder (der skal anvendes til afgrænsning af NFI)
- Grundvandsdannelse til alle modellag som vandudveksling
- Minimums-, middel- og maksimumstykkelse af den umættede zone (der skal anvendes til fastlæggelse af redoxfladen)
- Modelleret potentiale for alle modellag i grid skala
- Trykgradient over de enkelte modellag
- Data leveres i GRUKOS skabeloner.

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

Grundvandsmodellerne leveres digitalt inklusiv resultatfiler.

Rådgiver skal indlæse den hydrologiske model, så vidt muligt inklusiv resultatfiler, i GEUS's modeldatabase. 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 førend den indlæse i modeldatabasen. På nuværende tidspunkt er dette gældende for data fra DMI.

Rådgiver skal indlæse rapporten, inklusive bilag, i Rapportdatabasen.

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" /5/. For at sikre dette, kan der udarbejdes en logbog for arbejdet, hvor bl.a. valg og tilvalg er dokumenteret.

4 Krav til arbejdsgang

Opgaven skal løses i overensstemmelse med de nyeste versioner af:

1. Faglige og administrative retningslinjer for grundvandskortlægningen, især a) Administrative valg til hydrologisk modellering og beregning af indvindingsoplande og grundvandsdannende partikler /7/ og b) BNBO Beregningsprocedure /6/
2. Geo-vejledninger, især Geo-vejledning 2017/1: Hydrologisk vejledning /2/.
3. 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.

5 Referencer

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

/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.
Geo-vejledning 2017/1: – Hydrologisk vejledning

/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.
Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering – Geo-vejledning 3

/4/ Rambøll, 2018. Beregning af nettonedbør. Notat. 11-10-2018.

/5/ Kvalitetssikring af hydrologiske modeller. Miljø- og Fødevareministeriet 2016.

/6/ BNBO Beregningsprocedure. Miljøstyrelsen 2020.

/7/ Notat. Administrative valg til hydrologisk modellering og beregning af indvindingsoplande og grundvandsdannende partikler. Miljøstyrelsen.