

## Kapitel 1 INDLEDNING

Jens Christian Refsgaard  
*Hydrologisk afdeling, GEUS*

Nøglebegreber: Grundvandsmodeller, formål, målgruppe, terminologi, modelcyklus, protokol

**ABSTRACT:** Grundvandsmodeller bruges i stigende omfang i amterne i forbindelse med detailkortlægning og zonerings. Modellering involverer flere forskellige parter med hver deres interesser og rolle, lige fra kodeudviklere, modelbruger til vandressourceforvalter. Der er behov for en betydelig opstramning i brugen af hydrologiske modeller med brug af en mere stringent terminologi samt mere opmærksomhed og systematik hos kodeudviklere, modelbrugere og vandressourceforvaltere. En forudsætning for at modeller kan anvendes optimalt er, at alle parter spiller deres rolle optimalt. Nærværende Håndbog i grundvandsmodellering har medarbejdere i de amtslige vandressourceforvaltninger som primær målgruppe. Håndbogen er tænkt som en tjekliste ved rekvirering og opstilling af grundvandsmodeller i forbindelse med zonerings. I dette indledende kapitel defineres en terminologi baseret på en idealiseret opfattelse af en modelcyklus baseret på fire grundlæggende elementer. Desuden opstilles en procedure for modelanvendelse med en opdeling i en række trin. Kapitlet afsluttes med en vurdering af situationen i Danmark i dag, når det gælder parter og rollefordeling, med fokus på et behov for bedre modelvalidering og dokumentation.

### 1.1 BAGGRUND OG FORMÅL

#### 1.1.1 Baggrund

Grundvandsmodeller anvendes i stigende omfang som værktøjer, der kan medvirke til en bedre forståelse og dermed forvaltning af vandressourcen. Grundvandsmodeller bruges således i et stigende omfang af amterne i forbindelse med detailkortlægning og zonerings, bl.a. til (a) overordnede regionale grundvandsmodeller (incl. overflademoduler), (b) detaljerede grundvandsmodeller dvs. strømningsmodeller og partikelbanemodeller og (c) vurdering af effekter af etablering af beskyttelseszoner (fx nitrat). Sammenlignet med situationen for et par årtier siden, da modellerne endnu var en sag primært for forskningsinstitutioner, er modelanvendelser eksploderet. I takt med den stigende modelanvendelse er der sket en ændring i vores opfattelse af modeller. I starten var mange af os prægede af stor entusiasme omkring de muligheder, der lå i anvendelse af modeller, mens andre primært så de betydelige problemer med at skaffe pålidelige data og fokuserede på begrænsningerne i modellernes troværdighed og anvendelighed i praksis. I dag bliver modeller de facto anvendt dagligt som en helt naturlig del af mange opgaver, og der bliver brugt ganske store ressourcer hertil.

Numeriske modeller har begrænsninger i deres anvendelighed som følge af, at de repræsenterer en forenkling af virkeligheden. Fokus i forskerkredse var i mange år primært rettet mod udvikling af forbedrede og mere brugervenlige modelkoder samt i studier af detailprocesser. Det har resulteret i en bedre forståelse af de grundlæggende processer og i bedre modelværktøjer. Det medfører imidlertid ikke i sig selv bedre resultater i praktiske anvendelser. Opmærksomheden på nødvendigheden af at dokumentere modelresultater, herunder at beskrive modelbegrænsninger og usikkerheder, er derimod ikke fulgt med i samme takt. Resultatet har været en del frustrationer med modelstudier, som ikke svarede til forventningerne hos vandressourceforvalterne. Det er min opfattelse,

at nogle modelfolk 'oversælger', mens nogle vandressourceforvaltere stadig nærer en betydelig mistillid til modellens praktiske brugbarhed. Skismaet mellem optimisterne og pessimisterne i forhold til nytten af modelanvendelser eksisterer således stadig.

Samtidig eksisterer der en sand forvirring omkring anvendelse af begreber som model, modelsystem, kode, verifikation, validering, parametrisering, test, kalibrering, simulering mv. Denne terminologiforvirring er ikke opstået i Danmark, men afspejler en intens diskussion og uenighed, der for tiden foregår i internationale videnskabelige kredse. Udover at denne forvirring ofte forstyrrer det praktiske modelarbejde på grund af misforståelser og manglende præcision i aftaler, kan det også ses som et symptom på, at der ikke er en fælles, sammenhængende, og konsistent opfattelse af hvad der er "god modelleringspraksis". Der er derfor behov for en betydelig opstramning i brugen af hydrologiske modeller med brug af en mere stringent terminologi samt mere opmærksomhed og stringens hos de involverede parter.

Modellering involverer flere forskellige parter med hver deres interesser og rolle. Forenklet kan nævnes kodeudviklere (ofte forskningsinstitutioner), modelbrugere (ofte rådgivere), vandressourceforvaltere (ofte amter) og interessenter (fx vandforsyninger). En forudsætning for at modeller kan anvendes optimalt er, at alle parter udfylder deres rolle optimalt, samt at samspillet fungerer efter klare retningslinier.

### 1.1.2 *Formål og målgruppe*

Nærværende håndbog i grundvandsmodellering har medarbejdere i de amtslige vandressourceforvaltninger som primær målgruppe. Håndbogen er tænkt som en tjekliste ved rekvirering og opstilling af grundvandsmodeller i forbindelse med detailkortlægning og zonerings. Mere specifikt er formålene med håndbogen derfor:

- At sætte medarbejderne i amterne i stand til at rekvirere og styre udarbejdelse af en grundvandsmodel hos en konsulent, dvs. at kunne stille de rigtige spørgsmål og kræve den nødvendige dokumentation.
- At indgå som kursusmateriale til kurser i grundvandsmodellering i forbindelse med zonerings, som GEUS afholder.

Forudsætningen hos den personkreds, der skal benytte "håndbogen", vil være kendskab til hydrogeologi generelt, men ikke nødvendigvis til numeriske grundvandsmodeller.

Håndbogen skal belyse anvendelsen af grundvandsmodeller – med hvilket formål er det relevant at stille en grundvandsmodel op, og i hvor stor udstrækning kan en grundvandsmodel opfylde formålene eller besvare spørgsmålene.

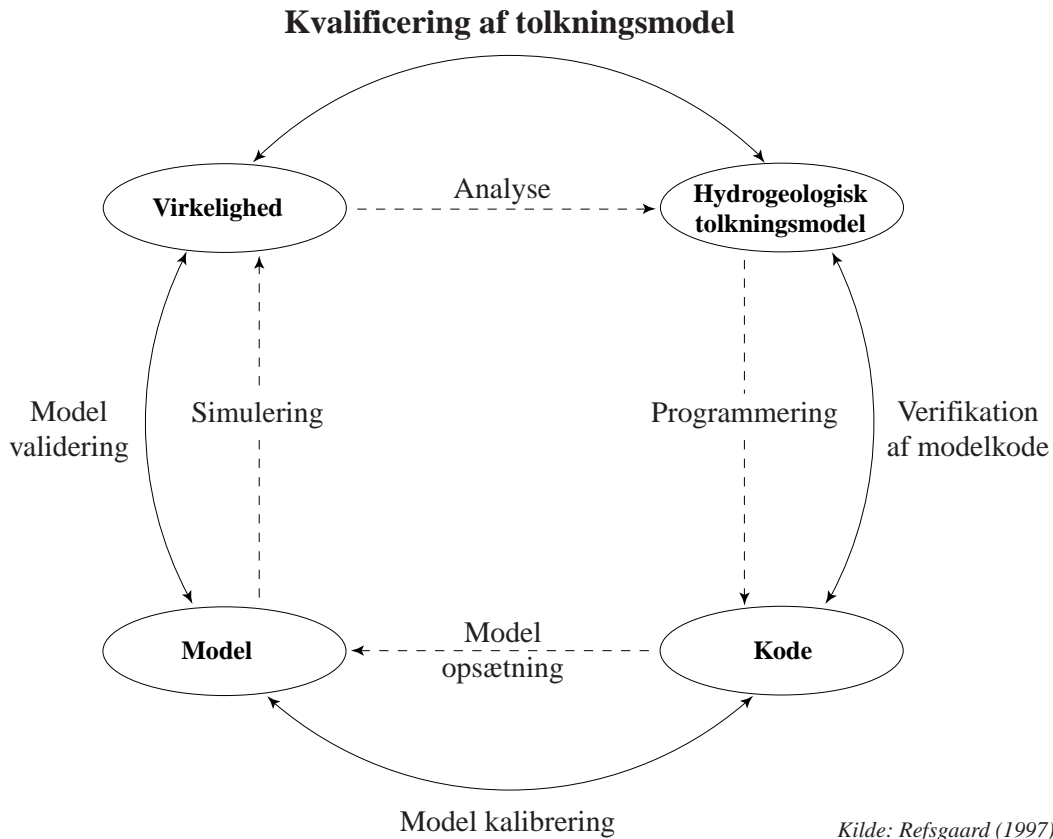
## 1.2 *TERMINOLOGI OG MODEL CYKLUS*

Definition af en terminologi vil uundgåelig afspejle en metodikopfattelse. Nærværende forslag til terminologi og metodik, som hovedsagelig stammer fra Refsgaard and Henriksen (2004), er udviklet gennem en årrække med inspiration fra bl.a. Schlesinger et al (1979) og Anderson and Woessner (1992). Terminologien i tabel 1.1 er baseret på en idealiseret opfattelse af en modelcyklus som skitseret på figur 1.1, hvor simuleringssituationen opdeles i fire grundliggende elementer. De indre pile beskriver processerne, som forbinder elementerne med hverandre, og de ydre pile henfører til de procedurer, som vurderer disse processers troværdighed.

**Tabel 1.1** Definition af terminologi

<i>Fysiske system</i>	Det naturlige system, dvs. i dette tilfælde grundvandssystemet.
<i>Hydrogeologisk tolkningsmodel (= konceptuel model)</i>	En tolkning eller arbejdsbeskrivelse af karakteristika og dynamik i det fysiske system, dvs. en beskrivelse af hvilke processer, der forventes at indgå i beskrivelsen af virkeligheden, og hvilken indbyrdes vægt disse skal have (størrelsesorden kun). En hydrogeologisk tolkningsmodel er ofte baseret på en skematisk geologisk model med en hydrostratigrafisk beskrivelse af det givne område.
<i>Modelkode = modelsystem</i>	Et computer program, som uden ændringer i selve programmet kan benyttes til at opstille en numerisk model for et bestemt område. Eksempler på modelkoder er MODFLOW og MIKE SHE.
<i>Model</i>	En sted-specifik numerisk model indeholdende konkrete inputdata og modelparametre tilpasset et bestemt område.
<i>Opsætning af model</i>	Etablering af en sted-specifik model til den ønskede anvendelse inden for en acceptabel nøjagtighed.
<i>Simulering</i>	Modellens forenkede efterligning af det fysiske system. En simulering refererer i andre sammenhænge oftest til tidsvarierende beskrivelser. Her vil vi imidlertid benytte ordet simulering i forbindelse med både en stationær og en dynamisk modelkørsel.
<i>Kvalifikation af konceptuel model</i>	Et estimat over tilstrækkeligheden af en konceptuel model (hydrogeologisk tolkningsmodel) til den ønskede anvendelse indenfor en acceptabel nøjagtighed.
<i>Verifikation af modelkode</i>	Dokumentation for at en modelkode løser de givne ligninger med en specificeret nøjagtighed.
<i>Modelkalibrering</i>	Tilpasning af parameterverdier, så modellen kan reproducere givne feltdata inden for specificerede nøjagtighedsgrænser.
<i>Validering af model</i>	Dokumentation for at en sted-specifik model kan beskrive virkeligheden med en tilfredsstillende nøjagtighed.
<i>Nøjagtighedskriterium</i>	Et numerisk mål for overensstemmelsen mellem en modelsimulering og observerede feltdata. Benyttes som mål i kalibrerings- og valideringsprocedurer.
<i>Følsomhedsanalyse</i>	Analyse af simuleringsresultaternes følsomhed overfor ændringer i kalibreringsparametre og andre modelantagelser, fx randbetingelser, hydrauliske parametre og tolkning af geologien. Ved en følsomhedsanalyse analyseres følsomheden overfor den enkelte usikkerhedskilder enkeltvis.
<i>Usikkerhedsanalyse</i>	Systematisk analyse af forskellige usikkerhedskilder (fx klimadata, hydrauliske parametre og geologiske tolkninger) og deres samlede indflydelse på usikkerheden af simuleringsresultaterne.
<i>Gyldighedsområde</i>	Det område for hvilket en given model er dokumenteret at have gyldighed

	indenfor givne nøjagtighedskriterier. Der kan defineres gyldighedsområder for både en konceptuel model, en modelkode og en sted-specifik model.
<i>Parameter</i>	En fysisk størrelse som forudsættes at være konstant i tid, fx hydraulisk ledningsevne eller magasintal. Parametre beskriver et systems fysiske karakteristika.
<i>Variabel</i>	En fysisk størrelse som varierer i tid. Variable kan opdeles i input variable, som beskriver eksterne størrelser, og interne tilstandsvariable.
<i>Input variabel</i>	Input data som varierer i tid (tidsserier), fx data for klimaforhold eller oppumpninger.
<i>Tilstandsvariabel</i>	Intern variabel, fx vandindhold i den umættede zone eller trykniveau i et givet punkt i en akvifer.
<i>Kildetekst til modelkode</i>	Computerprogrammets tekst/software kode hvor alle kommandoerne for beregningerne står skrevet. En kildetekst kan redigeres.
<i>Eksekverbar kode</i>	Fil indeholdende kildeteksten oversat til computersprog. Denne fil aktiveres for at køre programmet. En eksekverbar kode kan ikke redigeres.



**Figur 1.1** Elementer i modelterminologi og deres indbyrdes sammenhænge

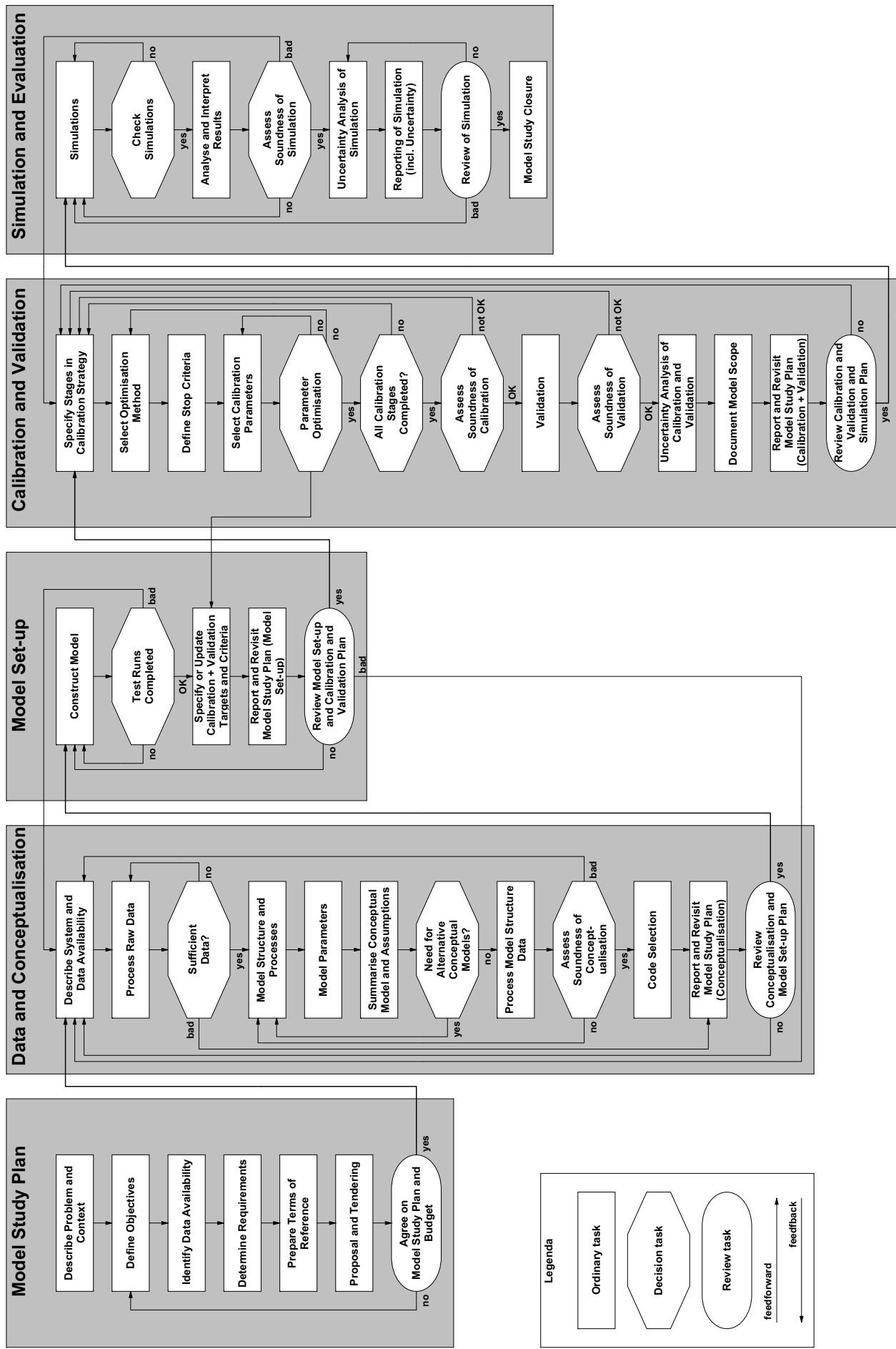
Hvor nogle af de udenlandske synspunkter, som f.eks. Konikow and Bredehoeft (1992) og Oreskes et al. (1994), er meget rigoristiske med fokus på fundamentale videnskabelige problemer, er grundlaget for nærværende forslag et ønske om at opstille en terminologi og et regelsæt, som kan bruges i praksis, og samtidig kan medvirke til en generel opstramning omkring modelanvendelse til glæde for alle involverede parter. Nedenstående terminologi og metodik opererer således med begreberne verifikation og validering (som anvendes rutinemæssigt af modelbrugere), men i snævrere og mere klart definerede betydninger end set hos mange andre forfattere. Således skelnes der i Refsgaard and Henriksen (2004) fx mellem universel validering og betinget validering. I denne Håndbog anvendes begrebet validering således ikke som universel validering, men som validering betinget af anvendelsesområde og nøjagtighed.

Det er vigtigt at bemærke at nøjagtighedskriterier og gyldighedsområder, som i princippet skal opstilles for en konceptuel model, en modelkode og en sted-specifik model, er en integreret del af terminologien og modelcyklussen. Man kan således godt forestille sig, at f.eks. en grundvandsmodel for et givet område ikke vil passere de nødvendige valideringstest ved en specificeret nøjagtighed, og derfor må kategoriseres som ugyldig på dette nøjagtighedsniveau, mens den samme model for et mindre ambitiøst nøjagtighedskriterium vil være gyldig i visse geografiske områder og til visse formål.

### 1.3 MODELPROTOKOL

Modelleringsprocessen kan beskrives ved hjælp af en såkaldt modelprotokol, der skitserer de forskellige trin og opgaver i en modelleringsopgave. Modelleringsprotokollen, som er udviklet under EU forskningsprojektet HarmoniQuA er vist på figur 1.2 (Refsgaard et al, 2005). Denne protokol er udarbejdet dels på baggrund af vores erfaringer med grundvandsmodellering i Danmark som afspejlet i Ståbien (Henriksen et al., 2001) og dels udenlandske erfaringer, specielt fra Australien, Holland og Storbritannien. Protokollen i figur 1.2 er på linie med den tidligere protokol i Ståbien, men blot mere detaljeret. Protokollen i figur 1.2 opdeler modelleringsprocessen i fem hovedtrin (steps), som hver er inddelt i et antal opgaver (tasks). Hovedtrinene gennemgår kortfattet i det følgende med referencer til de kapitler i nærværende håndbog, hvor emnet er nærmere beskrevet:

1. I det første trin opstilles en plan for modelleringsarbejdet (*Model Study Plan*). Her skal opgaven afgrænses og formålet og de tilhørende krav til indhold og formål defineres. Det vil ofte ske i samspil mellem vandressourceforvalteren og interessenter. Herefter udvælges en rådgiver til at gennemføre opgaven. Det kan eksempelvis ske gennem udbud, hvor flere rådgiver giver tilbud på baggrund af udbudsbetingelser (Terms of References). Dette trin er afsluttet, når der foreligger en aftale om gennemførelse af opgaven mellem en opdragsgiver (vandressourceforvalter) og en modellør (rådgiver). Formålet med modelopstilling behandles i kapitel 2. Desuden er spørgsmål som nøjagtighedskriterier (kapitel 12) og usikkerhedsvurderinger (kapitel 19) er vigtige elementer i dette trin.
2. I det andet trin (*Data and Conceptualisation*) foretages dataindsamling, - processering og opstilling af hydrogeologisk tolkningsmodel. Opstilling af en hydrogeologisk tolkningsmodel (konceptuel model) omfatter bl.a. en geologisk model samt en beskrivelse af hvilke processer der skal medtages i den efterfølgende numeriske model (f.eks. overfladevandsprocesser, makroporer, densitet, stoftransport, udveksling med vandløb) samt modelafgrænsning og randbetingelser (se håndbogens kapitler 3,4,5,7,8,9,10). På baggrund af den konceptuelle model udvælges herefter en passende modelkode, som er dokumenteret gyldig (verificeret) til beskrivelse af den konceptuelle model (se håndbogens kapitel 22) Hvis en passende modelkode ikke eksisterer, kan det være nødvendigt at udvikle ny kode, som så skal verificeres (se håndbogens kapitel 6).



Figur 1.2 De fem hovedtrin (modelling steps) og samtlige 45 opgaver (tasks) som HarmoniQuA retningslinjerne er opdelt i.

3. I det tredje trin (*Model Set-up*) foretages en model opsætning. Det indebærer at dataene endelig indlæses i det valgte modelprogram og at den første modelkørsel foretages. En del af detaljerne omkring rumlig og tidlig diskretisering, definition af rand- og initialbetingelser mv. som beskrives i Håndbogens kapitler 7-10 understøtter også dette trin. Efter at den første modelkørsel er vel gennemført og laves en endelig fastsættelse *nøjagtighedskriterierne*, som ønskes opfyldt i de efterfølgende kalibrerings- og valideringstrin. Nøjagtighedskriterierne fastlægges oprindeligt under trin 1 som et led i målsætningen, men efter at have indsamlet og arbejdet med data og lavet den første modelkørsel, kan det her vurderes hvor realistiske de oprindelige kriterier er med det til grund liggende datagrundlag. Såfremt nøjagtighedskriterier fastlægges som urealistisk høje, vil det senere være nødvendigt enten at modificere dem eller at indsamle ekstra data (se håndbogens kapitel 12)
4. Trin 4 (*Calibration and Validation*) omhandler model kalibrering og validering. Kalibrering involverer parameterjusteringer ved en sted-specifik model med det formål at reproducere virkeligheden inden for den givne nøjagtighedsramme. Modelkalibrering kan enten gennemføres manuelt (trial-and-error) eller ved hjælp af numeriske parameteroptimeringsalgoritmer (invers modellering). Det er under alle omstændigheder vigtigt at vurdere usikkerhederne i skønnet på modelparametrene f.eks. ved hjælp af følsomhedsanalyser (se håndbogens kapitler 13 og 14). Model validering foretages ved at gennemføre test som dokumenterer at den givne model (med de kalibrerede parameterværdier) er i stand til at lave tilstrækkeligt nøjagtige forudsigelser til de ønskede formål. Dette kan indebære, at den kalibrerede model anvendes til forudsigelser på en anden periode og sammenlignes med feltdata, som ikke blev anvendt ved kalibreringen. De nødvendige testprocedurer diskuteres i håndbogens kapitel 15. I tilknytning til modelvalideringen skal der foretages usikkerhedsanalyser, således at usikkerhederne på modelberegningerne kvantificeres og beskrives eksplicit. Som en konsekvens heraf kan der nu drages konklusioner om modellens repræsentativitet og begrænsninger med hensyn til konkrete påtænkte modelanvendelser (dette er beskrevet i håndbogens kapitler 16 og 19).
5. I det femte trin (*Simulation and Evaluation*) anvendes modellen til at lave de forudsigelser som er det egentlige formål med hele opgaven. Model simulering er ofte den afsluttende modelanvendelse. Set i lyset af de usikkerheder på modelparametre og måske usikkerhed om fremtidige forhold i oplandet (arealanvendelse, klimaforhold, mv.) bør der foretages usikkerhedsanalyser for at få en fornemmelse af usikkerheden på modelforudsigelserne (se håndbogens kapitel 19). Resultaterne præsenteres oftest i rapporter (se håndbogens kapitel 20). Men andre præsentationsformer såsom animationer og direkte overførsel af dedikerede modeller til slutbrugeren sker også hyppigt. En ekstra mulighed for validering af en sted-specifik model er en såkaldt postaudit (eftervalidering), som udføres flere år efter det egentlige modelstudie, når modellens forudsigelser kan vurderes mod nye feltdata. Postaudit sker i praksis ofte i forbindelse med opfølgende studier.

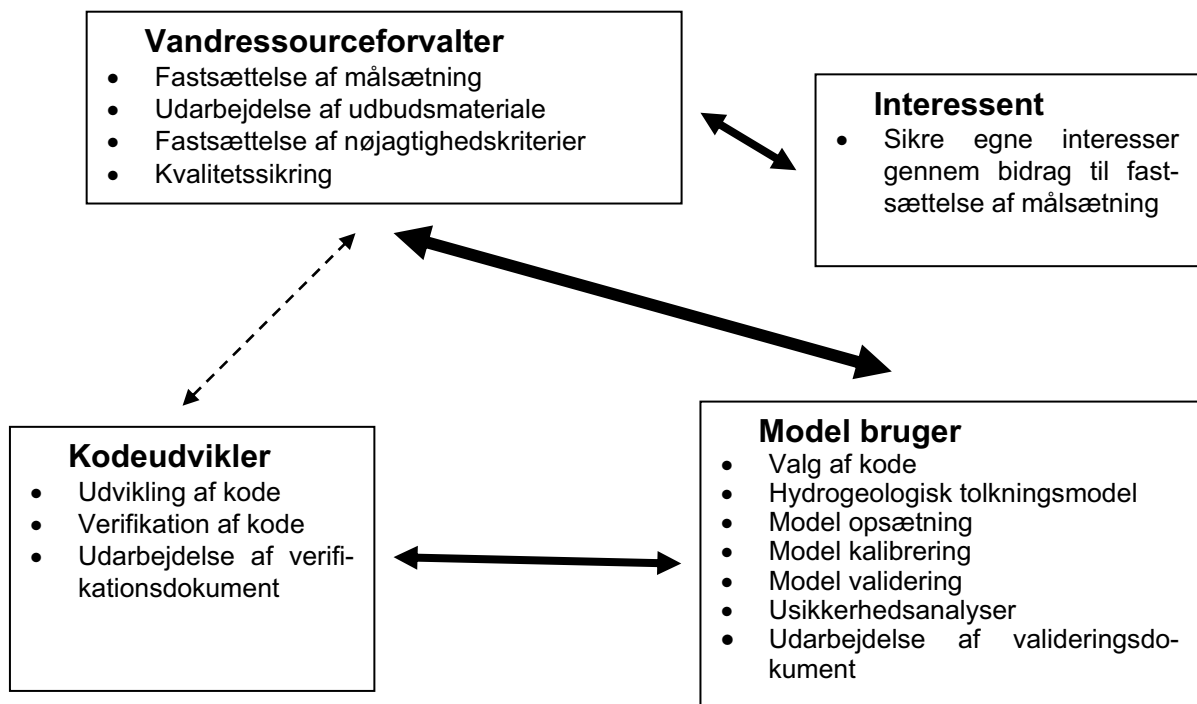
#### 1.4 PARTER OG ROLLEFORDELING

Som beskrevet ovenfor er den nuværende situation med hensyn til modelvalidering og anvendelse ikke fuldt tilfredsstillende og kan, teoretisk set, let forbedres. Men som fremhævet af bl.a. Refsgaard et al. (2005) kan den nuværende situation ikke forbedres blot ved en indsats af forskerne. Det kræver en indsats fra alle parter: kodeudviklere (typisk forskere), modelbrugere (typisk rådgivere), vandressourceforvaltere (typisk amter) og interessenter (fx vandforsyninger). De forskellige roller og ansvarsområder for de tre første parter er vist i figur 1.3.

Hovedansvaret for *vandressourceforvalteren* er at definere formål og fastsætte nøjagtighedskriterier for den efterfølgende modelanvendelse. Derudover er det forvalterens opgave at stille krav til kodeverifikation og modelvalidering. I mange rådgivningsstudier er nøjagtighedskriterier ikke specificerede overhovedet med det resultat at modelbrugeren, måske ubevidst, fastsætter dem i overensstemmelse med de opnåede modelresultater. I den sammenhæng er det vigtigt i udbudsmaterialet at sikre en konsistens mellem ambitionsniveauet (formål og nøjagtighedskriterier), de

tilgængelige data og økonomi. Det kræver selvsagt en betydelig indsigt og en vis erfaring med brug af modeller hos forvalteren.

*Modelbrugeren* har ansvaret for udvælgelse af en passende kode (alternativt at godkende forvalterens valg) samt for model opsætning, kalibrering og validering. Specielt er modelbrugeren ansvarlig for at udarbejde valideringsdokumentation på en sådan måde, at gyldighedsområdet og den tilhørende nøjagtighed er velbeskrevet. Yderligere bør dokumentationen ideelt set gøres så grundig, at modelsimuleringerne om nødvendigt kan reproducere adskillige år senere. Modelbrugeren og forvalteren skal i fællesskab vurdere, hvad realistiske nøjagtigheder er. Desuden må modelbrugeren være klar over kodens begrænsninger og indgå i en dialog med kodeudvikleren omkring rapportering af brugererfaringer, mangler i dokumentation, kodefejl, markedsbehov mv.



**Figur 1.3** Hovedansvarsområde og samspil mellem de forskellige parter til sikring af en optimal operationel brug af hydrologiske modeller.

*Kodeudviklerens* hovedansvarsområde er at udvikle og verificere koden. I denne sammenhæng er det vigtigt, at kodens begrænsninger fremgår af dokumentationen. Eftersom kodeudvikling er en kontinuerlig proces er kodevedligeholdelse og regelmæssige opdateringer med nye versioner vigtige. Selvom en modelkode bør have en omfattende dokumentation, vil der i praksis altid opstå tvivl en gang i mellem om en kodes funktion, selv for erfarne brugere. Derfor er en aktiv støtte til og dialog med modelbrugere altafgørende for at sikre en operationel modelanvendelse på et højt fagligt niveau.

*Interessentens* hovedfunktion er at sikre varetagelsen af egne interesser. Interessenter som eksempelvis vandværker, landboforeninger og grønne organisationer spiller en stadig stigende rolle i forbindelse med vandressourceforvaltningen. En interessent kommunikerer som regel kun med vandressourceforvalteren og kun sjældent direkte med modelbrugeren. Interessenten vil typisk være interesseret i at påvirke målsætningen med en modelleringsopgave, herunder afgrænsningen af hvad modellen skal benyttes til. I situationer, hvor modelresultater kan få stor betydning for en interessent, og hvor en efterfølgende gennemførelse af beslutninger baseret på modelresultater afhænger af interessentens positive medvirken, vil en aktiv involvering af interessenter gennem hele modelleringsopgaven være hensigtsmæssig, fordi interessenten så bedre er i stand til at forstå

modelresultaterne og opnå nogenlunde samme vurdering af deres troværdighed som de øvrige parter.

Det er vigtigt at fremhæve, at de forskellige ansvarsområder, som de tre grupper i figur 1.3 har, er principielle, uafhængigt af hvorvidt de aktuelle personer i en konkret sammenhæng tilhører fire forskellige organisationer eller fungerer med forskellige roller i samme organisation.

Ovenstående betragtninger over ansvarsområder hos forskellige parter skal selvfølgelig ses i sammenhæng med den praktiske virkelighed, som i høj grad er styret af et samspil mellem udbud og efterspørgsel samt af betydelig konkurrence både mellem modelbrugere indbyrdes og mellem kodeudviklere indbyrdes. Dvs., hvis forvaltere ikke specificerer krav om en mere grundig og gennemskuelig modelvalidering med givne acceptable nøjagtighedsgrænser, så vil ingen rådgiver tilbyde det i et modelstudie, fordi det økonomisk/kontraktmæssigt er rarere at have lidt mere fri snor. Tilsvarende vil kodeudviklere ikke bruge mange ressourcer på at udarbejde verifikationsdokumentation, hvis det ikke er et markedskrav; i så fald vil ressourcerne måske blive brugt til at udvikle nye faciliteter i stedet.

### 1.5 REFERENCER

Anderson, M.P. & Woessner, W.W. (1992) The role of postaudit in model validation. *Advances in Water Resources*, 15, 167-173.

Henriksen HJ, Refsgaard JC, Sonnenborg TO, Gravesen P, Brun A, Refsgaard A og Jensen KH (2001) STÅBI i grundvandsmodellering. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, Rapport 2001/56.

Konikow, L.F. & Bredehoeft, J.D. (1992) Ground-water models cannot be validated. *Advances in Water Resources*, 15, 75-83.

Oreskes, N., Shrader-Frechette, K. & Belitz, K. (1994) Verification, validation and confirmation of numerical models in the earth sciences. *Science*, 264, 641-646.

Refsgaard, J.C. (1997) Kalibrering, validering – terminologi og metoder. ATV møde “Kalibrering, validering og usikkerheder på grundvandsmodeller”, Schæffergården 28.05.97. ATV Komiteen vedrørende Grundvandsforurening. 1-16.

Refsgaard, J.C., Henriksen, H.J. (2004) Modelling guidelines – terminology and guiding principles. *Advances in Water Resources*, 27(1), 71-82.

Refsgaard, J.C., Henriksen, H.J., Harrar, W.G., Scholten, H., Kassahun, A. (2005) Quality assurance in model based water management – Review of existing practice and outline of new approaches. *Environmental Modelling & Software*, 20, 1201-1215.

Schlesinger, S., Crosbie, R.E., Gagné, R.E., Innis, G.S., Lalwani, C.S., Loch, J., Sylvester, J., Wright, R.D., Kheir, N. & Bartos, D. (1979) Terminology for model credibility. SCS Technical Committee on Model Credibility. *Simulation*, 32(3), 103-104.

Scholten, H., Kassahun, A., Refsgaard, J.C., Kargas, T., Gavardinas, C., Beulens, A.J.M. (2005) A methodology to support multidisciplinary model-based water management. *Environmental Modelling & Software*, accepted.