

## Kapitel 23 KVALITETSSIKRING I FORBINDELSE MED MODELOPGAVER

Jens Christian Refsgaard  
*Hydrologisk afdeling, GEUS*

Anker Lajer Højberg  
*Hydrologisk afdeling, GEUS*

Hans Jørgen Henriksen  
*Hydrologisk afdeling, GEUS*

Nøglebegreber: Modelprotokol, udbudsbetingelser, milepæle, reviews, kvalitetssikring

**ABSTRACT:** Kvalitetssikring er et nødvendigt redskab for at opnå gode og troværdige resultater af en grundvandsmodellering. Det vigtigste element i kvalitetssikring er formentlig at sikre en god og løbende dialog mellem de forskellige aktører: vandressourceforvalter, modellør og interessenter. Andre vigtige elementer er at sikre ekstern review i forbindelse med milepælsmøder, samt at gennemføre valideringstest mod uafhængige data. I kapitlet introduceres støtteværktøjet MoST, som indeholder vejledning i modellering for forskellige aktører, mulighed for løbende monitoring af modelleringsopgaven samt rapportering af hvad der er gennemført af modelleringsaktiviteter.

### 23.1 INDLEDNING

Offentlige myndigheder bruger ofte eksterne rådgivere til at gennemføre modelleringsopgaver. Mange rådgivende ingeniørfirmaer har opbygget faglige grupper, der som hovedopgave beskæftiger sig med modellering. Disse modelgrupper har mulighed for at opnå en højere grad af specialisering og erfaring end det i praksis er muligt at opnå i fx en amtslig vandressourceforvaltning. For at sikre en nødvendig faglig udvikling og kvalitet samt kontinuitet i forbindelse med jobskift er det endvidere nødvendigt at have en gruppe på minimum 3-5 personer, som beskæftiger sig fuld tid med modellering. En sådan "kritisk masse" kan nemmere opnås i nogle få rådgivende firmaer end i amtslige vandressourceforvaltninger. Derfor er der også som regel god rationale for offentlige myndigheder i at benytte eksterne specialiserede rådgivere til modelleringsopgaver.

Når en organisation skal have hjælp fra en ekstern rådgiver til at gennemføre en større modelleringsopgave er der dog flere forhold, der under uheldige omstændigheder kan bidrage til at udbyttet af rådgiverindsatsen bliver mindre end ønskeligt. Eksempler herpå er:

- Såfremt rådgiveren ikke forstår vandressourceforvalterens behov og derfor tilbyder/gennemfører aktiviteter som ikke er optimale i forhold til de virkelige behov.
- Såfremt vandressourceforvalteren ikke forstår, hvad det er muligt at opnå med brug af modellering, og derfor ikke kan stille de rigtige konkrete krav til opgaveløsningen.
- Såfremt vandressourceforvalteren ikke er i stand til at vurdere om rådgiverens resultater er fagligt acceptable.

Erfaringerne fra de sidste års modelleringsarbejde i amterne viser, at der er adskillige eksempler på frustrationer mellem vandressourceforvaltere og rådgivere. Det drejer sig dels om, at vandressourceforvalteren ikke altid oplever, at han får leveret den ydelse han har bestilt og betalt for, og dels at rådgiveren ikke altid oplever, at forvalteren accepterer opgaveløsningen, efter at rådgiveren har lavet arbejdet i henhold til de givne specifikationer. Der findes også eksempler på at forskellige rådgivere er nået frem til vidt forskellige svar, fx på grundvandsdannelsens størrelse i et givet

område, på baggrund af det samme datagrundlag. Der er således brug for en øget kvalitet såvel i selve modelleringsarbejdet som i samspillet mellem rådgiver og forvalter.

En faktor som givet vis har forstærket problemet er tendensen inden for de seneste år til i højere grad at udbyde en opgave i (pris)konkurrence mellem flere rådgivere. Såfremt udbudsbetingelserne ikke er præcise, men fx blot taler om at ”opstille en model” uden eksempelvis at specificere nogen form for forventet nøjagtighed er det fristende for rådgiveren at lave et billigt tilbud, vel vidende at han sandsynligvis ikke ville få opgaven såfremt han byggede for meget dyr kvalitet ind i den forelåede løsning. Det betyder ikke at konkurrence er en dårlig ide. Det kan i mange situationer være en glimrende ide, men det stiller store krav til udbudsmaterialet, såfremt man vil have fuld valuta for pengene.

I dette kapitel gives et forslag til nogle mekanismer som i mange tilfælde kan forøge kvaliteten af det gennemførte modelleringsarbejde.

### 23.2 MEKANISMER TIL AT OPNÅ BEDRE KVALITET I MODELLERING

Den vigtigste forudsætning for at opnå bedre kvalitet og større gensidig tilfredshed er at have en mere præcis og hyppigere dialog mellem forvalteren og rådgiveren. Til dette formål kan der med fordel tages udgangspunkt i modelprotokollen (fig. 1.2). Det er ikke nødvendigvis alle trin i protokollen, som skal benyttes hver gang, der gennemføres en modelleringsopgave, men protokollen bør benyttes som en tjekliste, og som regel vil langt de fleste trin indrages.

Det vigtigste dokument i forbindelse med en modelleringsopgave er udbudsbetingelserne. Det gælder både for opgaver, som udføres i egen organisation, og for opgaver, som løses af eksterne rådgivere. Udbudsbetingelserne bør være så præcise som muligt. Ideelt ses bør der fx specificeres hvilken nøjagtighed slutmodellen skal have. Det kan dog kun lade sig gøre, hvis der er tidligere og lignende modelstudier i samme område. I praksis kan man ikke forudsige alt i detaljer i udbudsbetingelserne, og forvalterens ønsker til nøjagtighed vil fx ofte afhænge af de tilhørende omkostninger. Derfor er det vigtigt at faseindele opgaven, så der løbende opnås enighed om detaljerne for de(n) næste fase(r).

I det følgende er angivet forslag til en faseopdelt procedure, der sikrer at projektet naturligt kommer gennem nogle kvalitetssikringsprocedurer, samt at rådgiver og forvalter regelmæssigt kontrollerer, at de er enige om projektplanerne og om projektet holder sig ”på sporet”.

Endelig anbefales en mere standardiseret rapportering af modelarbejder med en bedre dokumentation af de vigtigste trin i forbindelse med et modelprojekt. Der har i Danmark ikke været tradition for udarbejdelse af en standardiseret modelrapport og i mange projekter foreligger der slet ikke nogen egentlig modelrapport, men kun en præsentation af simuleringsresultater. Det vurderes imidlertid stærkt påkrævet at ændre på denne praksis (eller mangel på samme) i forbindelse med den modellering der skal forekomme i de kommende år omkring detailkortlægning og zonerings. Dels er der behov for at resultaterne af forskellige modelarbejder bliver gjort mere gennemskuelige for en lang række interessenter, dvs. at samtlige trin i modelprotokollen beskrives efter en standardiseret disposition. Erfaringer i forbindelse med fx vandmiljørapportering viser således at en standardiseret rapportering er en fordel for alle parter.

Modelrapporten skal klart kommunikere omfanget af den nuværende systemforståelse, kalibrerings- og valideringsresultatet, betydning af usikkerheder på input, parametre, processer og konceptuel model for simuleringsresultater og evt. forslag til videre arbejde. Resultater af eksterne reviews i forbindelse med konceptuel model, kalibrering, validering mm. bør også klart fremgå.

#### 23.2.1 Udbudsbetingelser

Vigtige elementer i udbudsbetingelser er:

- Beskrivelse af opgavens målsætning
- Beskrivelse af ønsker til nøjagtighed
- Beskrivelse af ønsker til kalibrerings- og valideringsgrundlag
- Krav om at tilbuddet indeholder beskrivelser af de forskellige trin i protokollen

- Beskrivelser af hvordan opgaven faseinddeles med angivelse af milepæle, hvor der skal gennemføres et review af de foreløbige resultater, og hvor der opnås enighed om detaljer til indholdet i næste fase.
- Krav til rapportering.

### 23.2.2 Milepæle

Der er fire tidspunkter i et opgaveforløb, hvor det ofte kan være fornuftigt at indlægge milepæle og lave status. Det drejer sig om:

#### *Milepæl 1: Review af hydrogeologisk tolkningsmodel*

Her skal der på baggrund af oplæg fra rådgiveren opnås enighed om følgende:

- Godkendelse af den hydrogeologiske tolkningsmodel
- Forslag til hvilken modelkode der skal anvendes
- Forslag til hvilke data der skal benyttes i model opsætningen, herunder eventuelt behov for yderligere felldata
- Foreløbige angivelser af nøjagtighedskrav i modelleringen

#### *Milepæl 2: Review af modelopsætning og nøjagtighedskrav*

Efter at modellen er sat op og der typisk er gennemført en enkelt modelkørsel skal der på baggrund af oplæg fra rådgiveren opnås enighed om følgende:

- Godkendelse af model opsætningen
- Godkendelse af nøjagtighedskrav i modelleringen
- Forslag til kalibreringsprocedure
- Forslag til valideringsprocedure
- Forslag til usikkerhedsanalyser

#### *Milepæl 3: Review af kalibrering og validering*

Her skal der på baggrund af oplæg fra rådgiveren opnås enighed om følgende:

- Godkendelse af model kalibreringen
- Godkendelse af modelvalideringen
- Forslag til modelsimuleringer til praktisk anvendelse
- Forslag til overdragelse af projektresultater (slutrapport, modeldata, mv.)

#### *Milepæl 4: Review af modelsimuleringer og usikkerhedsanalyser*

Her skal der på baggrund af oplæg fra rådgiveren opnås enighed om følgende:

- Godkendelse af de afsluttende modelsimuleringer
- Godkendelse af usikkerhedsanalyser
- Godkendelse af overdragelsen af projektresultaterne til slutbrugeren

De vigtigste af de fire milepæle er ofte milepæl 1 og 3.

### 23.2.3 Gennemførelse af reviews

Det er vigtigt at reviews i forbindelse med milepælene formaliseres. Oplæggene fra rådgiveren i forbindelse med de forskellige milepæle kan med fordel formuleres som udkast til de forskellige kapitler i modelrapporten (jf. afsnit 20.2). Som et minimum bør oplæggene fra rådgiveren være skriftlige, og der bør laves beslutningsreferater fra de afsluttende møder. I mange tilfælde kan det være en god ide at indrage eksterne personer som reviewere. Det gælder især ved vurderingen af kvaliteten af modelleringsarbejdet. Det kan fx ske ved, at forvalteren har en "husrådgiver" som bisidder.

Middlemis (2000) skelner mellem følgende typer reviews:

- *Model appraisal*, dvs. en gennemgang af modelrapporten af en fagperson, som ikke nødvendigvis er modellør.
- *Peer review*, dvs. et review gennemført af ”ligemænd” hvilket vil sige af uafhængige modellører.
- *Model audit*, som udover en gennemgang af en modelrapport omfatter en audit også en gennemgang af samtlige modelsetupfiler, simuleringer og output af en erfaren modellør.
- *Post audit*, dvs. en vurdering af tidligere prediktioner på et tidspunkt, hvor der er fremskaffet flere data, fx nogle år senere.

En appraisal er mindre modelteknisk end et peer review, som omvendt ikke er lige så omfattende som en modelaudit. I Middlemis (2000) er der udarbejdet tjeklister for model appraisal og peer review, incl. score-lister der beskriver modellens samlede performance.

Tabel 23.1 giver en anbefaling af hvilke typer reviews, der kan være brug for i forskellige situationer.

**Tabel 23.1** Behov for forskellige typer af review i forskellige situationer

	Screening	Overslagsberegninger	Detailberegninger ("Hi fi")	
			Planlægningsstudie/lavrisiko	Grundlag for ekspropriation/højrisiko
Milepæl 1 Hydrogeologisk tolkningsmodel (MOST-Trin 2 Fig. 1.2)	Model appraisal af samlet opgave	Model appraisal	Peer review	Peer review
Milepæl 2 Modelopsætning og nøjagtighedskrav (MOST-Trin 3 Fig. 1.2)		Intet	Peer review	Peer review
Milepæl 3 Kalibrering og validering (MOST-Trin 4 Fig. 1.2)		Peer review	Peer review	Model audit
Milepæl 4 Modelsimuleringer (MOST-Trin 5 Fig. 1.2)		Intet	Peer review	Model audit

### 23.3 KVALITETSSIKRINGSVÆRKTØJET MOST

Et softwarebaseret støtteværktøj (Modelling Support Tool – MoST) til kvalitetssikring af modelleringprocessen er udviklet inden for rammerne af et EU forskningsprojekt ”Harmonising Quality Assurance in model based catchment and river basin management (HarmoniQuA)” (Refsgaard et al., 2005, Schoilten et al., 2005). Projektgruppen bestod af et konsortium af 12 forskningsinstitutioner fra 10 forskellige lande, ledet af Huub Scholten fra Wageningen University (NL). GEUS havde ansvaret for udvikling af de generelle kvalitetssikringsretningslinier samt for detailbeskrivelserne på grundvandsområdet. Mere information kan findes på [www.harmoniqua.org](http://www.harmoniqua.org), hvorfra MoST frit kan downloades.

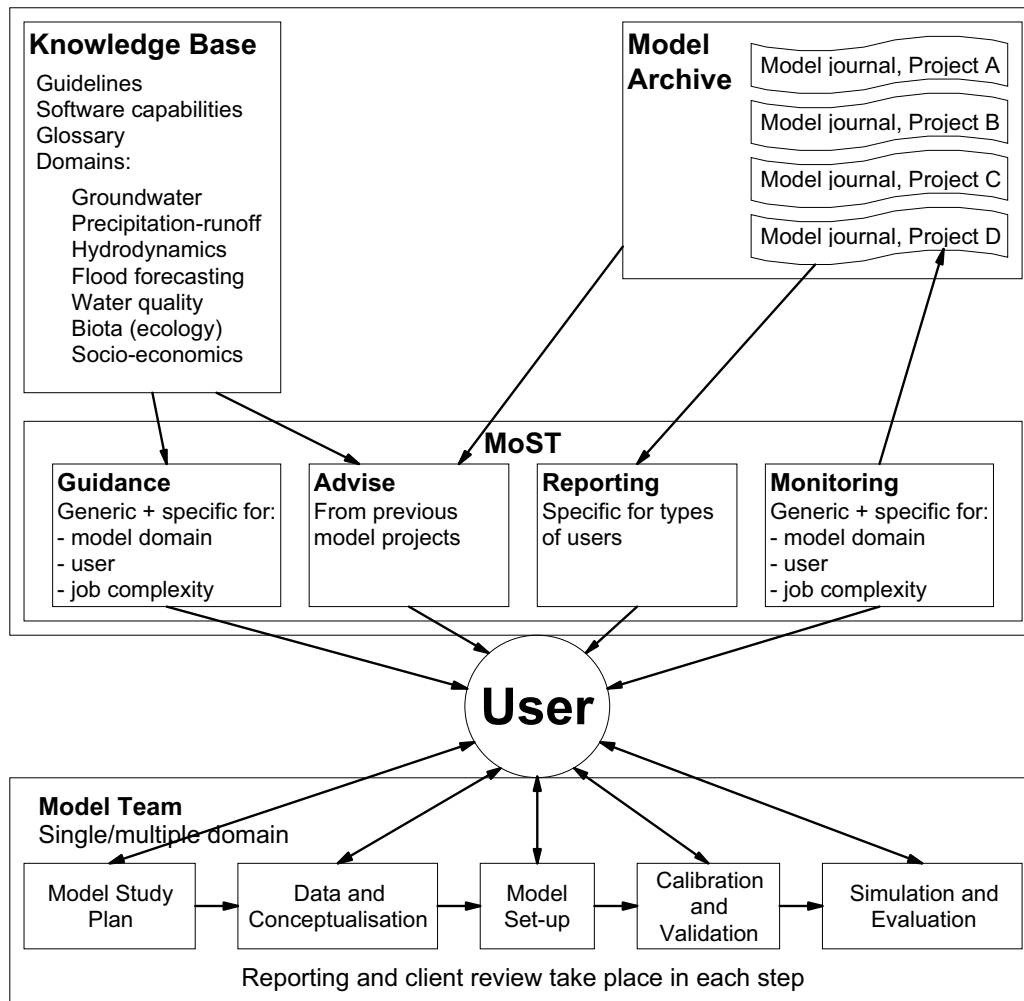
Hovedelementerne i HarmoniQuA er illustreret skematisk i figur 23.1. De to vigtigste elementer er en vidensbase (Knowledge Base) og et software støtteværktøj (MoST). Vidensbasen består af retningslinier for god modelleringspraksis og en gennemarbejdet og konsistent terminologi (glossary). Der findes et sæt generelle retningslinier og et supplement for hvert af syv modelleringsdomæner (grundvand, nedbør-afstrømning, hydrodynamisk, overfladevandskvalitet, flood forecasting, økologi og socio-økonomi). I retningslinierne skelnes der mellem forskellige brugere og deres respektive ansvar, ligesom retningslinierne differentieres, så omfanget af opgaverne kan gøres afhængig af modelleringsopgavens kompleksitet. Modelleringsprocessen følger protokollen i

figur 1.2 med fem hovedtrin (steps), som hver er inddelt i et antal opgaver (tasks). De fem hovedtrin er vist nederst på figur 23.1. Hvert trin afsluttes med en dialogprocess mellem klient og rådgiver (reporting og reviews), svarende til milepæle. I retningslinierne beskrives for hver opgave, hvilke aktiviteter der bør gennemføres, hvilke metoder der fx kan benyttes samt hvem der har ansvaret for at det skal ske. HarmoniQuA retningslinierne opererer med differentierede niveauer, således at en hel del af de viste opgaver og aktiviteter efter behov kan udelades i konkrete opgaver.

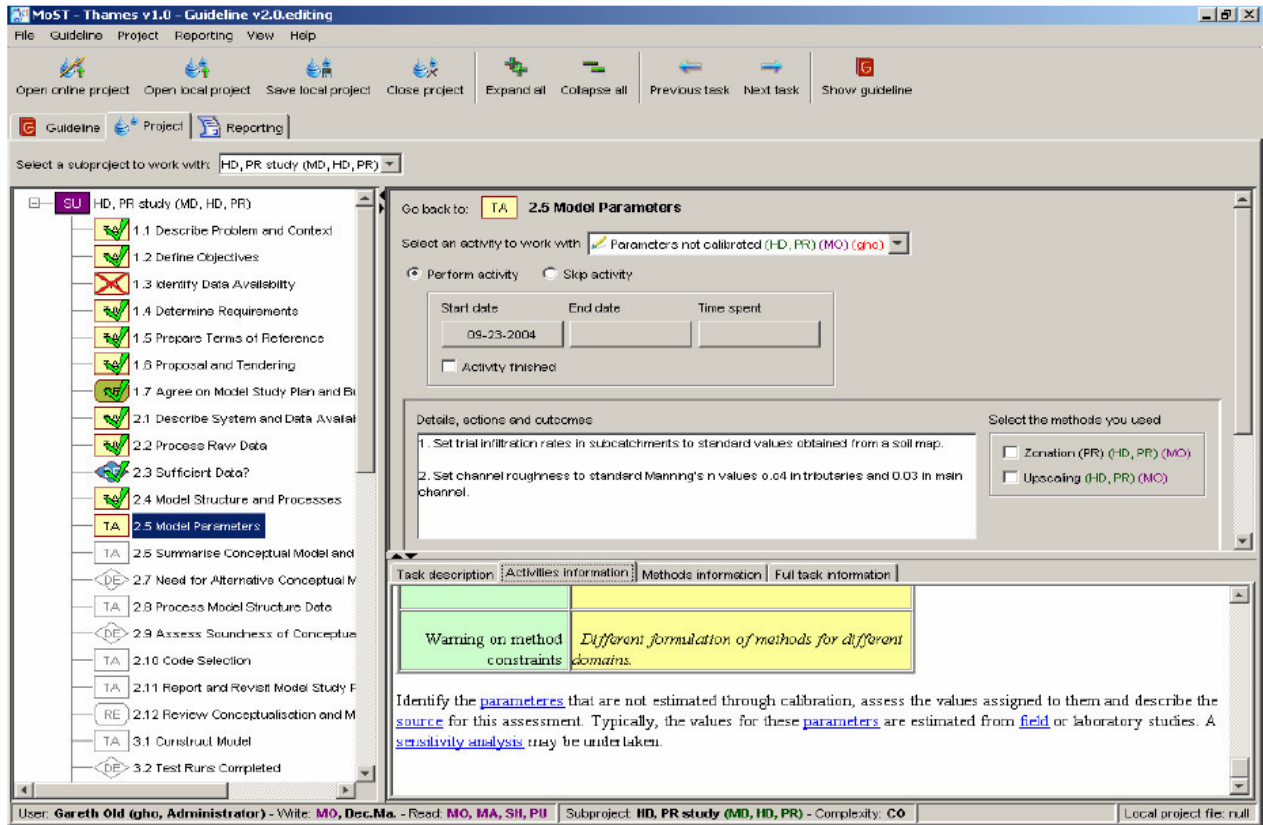
MoST er udviklet i et Windows miljø. De væsentligste typer af funktionalitet er:

- 'Guidance' der viser retningslinierne på skærm (eller print) filtreret efter en bruger- og opgaveprofil, så kun det der er relevant for den enkelte bruger i et konkret projekt vises.
- 'Monitoring' der hjælper med at holde styr på hvor langt man er i modelleringsopgaven og kan benyttes til at overvåge om alle parter nu også har løst deres del af opgaven. Monitoring fungerer som en logging af hele processen, hvor man kan vedlægge vigtige dokumenter såsom parameterfiler og mødereferater.
- 'Reporting' der er i stand til at producere en rapport over en gennemført modelleringsopgave.
- 'Advisor' der er tænkt som et værktøj der kan søge i gamle modelleringsopgaver og hurtigt hjælpe med at finde ud af hvad man gjorde i lignende situationer i tidligere opgaver.

Figur 23.2 viser et skærmbillede fra MoST.



Figur 23.1 Oversigt over HarmoniQuA struktur med Knowledge Base (vidensbase) og MoST (støtteværktøj).



Figur 23.2 Skærbillede fra HarmoniQuA's MoST

### 23.4 OMKOSTNINGER VED KVALITETSSIKRING

På kort sigt er der selvfølgelig omkostninger forbundet med at lave kvalitetssikringsprocedurer som beskrevet ovenfor. Inddragelse af en husrådgiver som bisidder koster måske 5% ekstra i forhold til selve rådgiverkontrakten. Samtidig vil det formelle system med milepæle med tilhørende rapportering og møder koste nogle ressourcer. Endelig vil et kvalitetsløft med mere omhu (mere intern kvalitetcheck hos rådgiveren) og yderligere aktiviteter som fx systematiske usikkerhedsvurderinger koste nogle ekstra ressourcer. Efter vores skøn vil en modelleringsopgave typisk blive 20-50% dyrere, hvis ovenstående forslag følges. Til gengæld er vi af den klare overbevisning, at resultaterne bliver meget mere troværdige og værdifulde, og at pengene derfor på lidt længere sigt er givet særdeles godt ud. Når modellering bruges som grundlag for udarbejdelse af indsatsplaner ved grundvandszonering med tilhørende muligheder for ekspropriative indgreb, er en formel kvalitetssikringsprocedure på linie med ovenstående en absolut forudsætning.

### 23.5 REFERENCER

Middlemis H (2000) Murray-Darling Basin Commission. Groundwater flow modelling guideline. Aquaterra Consulting Pty Ltd., South Perth. Western Australia. Project no. 125.

Refsgaard JC, Henriksen HJ, Harrar WG, 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.

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