

Videreudvikling af matematisk vandressourcemodelsystem

December 2000

Videreudvikling af matematisk vandressourcemodelsystem

Agern Allé 11
2970 Hørsholm

December 2000

Tlf: 4516 9200
Fax: 4516 9292
Afd. fax: 4516 9292
E-mail: dhi@dhi.dk
Web: www.dhi.dk

Klient		Klientens repræsentant			
Erhvervsfremme Styrelsen		Hans Jørgen Henriksen, GEUS			
Projekt		Projekt nr.			
Videreudvikling af matematisk vandressourcemodelsystem		8104, 8136, 8105, 8106, 8107			
Forfattere		Dato			
Anders Refsgaard Jesper Skovdal Christiansen Michael Juul Petersen Oluf Z. Jessen		December 2000			
		Godkendt af Anders Refsgaard Afdelingsleder, HMD			
0	Slutrapport	ANR, JSC, MJP, OZJ	ANR	ANR	31-12-00
Revision	Beskrivelse	Udført	Kontrolleret	Godkendt	Dato
Nøgleord		Klassifikation			
vandressourcemodel, geologisk editor, skalaproblemer, densitetsmodel		<input checked="" type="checkbox"/> Åben <input type="checkbox"/> Intern <input type="checkbox"/> Tilhører klienten			

Distribution		Antal kopier
GEUS	Hans Jørgen Henriksen	10
DHI	ANR, MJP, OZJ, LKN, Biblioteket	5



INDHOLDSFORTEGNELSE

1	BAGGRUND.....	1
2	UDVIKLINGSTILTAG	2
3	MARKEDSMULIGHEDER.....	4



1 **BAGGRUND**

GEUS indledte i 1995 et arbejde under projekttitlen "National Vandressourcemodel" med det overordnede formål at udvikle og etablere en landsdækkende vandressourcemodel som grundlag for vurdering af den samlede tilgængelige vandressource. Arbejdet med etablering og kalibrering af modellen er fortsat siden og er endnu ikke afsluttet.

En vigtig del af den nationale vandressourcemodel er det numeriske modelgrundlag, som tidligt i projektforsløbet aftaltes at skulle udgøres af DHI's integrerede, hydrologiske modelsystem MIKE SHE. For at kunne få det fulde udbytte af dette i forbindelse med et meget regionalt studie blev der formuleret et udviklingsprojekt støttet af Erhvervsfremme Styrelsen med titlen: "Videreudvikling af matematisk vandressourcemodelsystem". Dette indeholdt fire udviklingstiltag, som tilsammen skulle forbedre grundlaget for etableringen af den Nationale Vandressourcemodel. Disse udviklingstiltag har overskrifterne "Geologisk Editor", "Databaser", "Densitetsstrømning" og "Skalering", idet langt den største indsats er anvendt til den første aktivitet nemlig udvikling af et geologisk fortolknings- og redigeringsredskab.

Modelsystemet MIKE SHE er en beregningsmodel, som ud fra målelige størrelser som nedbør, fordampning, geologiske forhold, grundvandshydrauliske parametre og meget mere, blandt andet kan beregne grundvandsdannelse tidslige og stedlige variation, grundvandsstrømninger og afstrømninger i vandløb. Modelsystemet er som sådan et relevant redskab i forbindelse med etableringen af en national forståelse for vandressorens størrelse og tilgængelighed. Ligeledes kan modellen anvendes til beregning af konsekvenser af forskellige påvirkninger af vandressourcen så som klimaforandringer og ændret indvindingsstruktur.

Under projektforsløbet er de enkelte udviklingsaktiviteter blevet diskuteret mellem GEUS og DHI, ligesom der er foretaget mange relaterede projektaktiviteter på DHI, som har bidraget positivt til projektets gennemførelse. Vægtningen af de forskellige udviklingstiltag er ligeledes aftalt løbende gennem projektet. Som et eksempel kan det nævnes, at det oprindelige modelsystem MIKE SHE indeholdt en "simpel" beskrivelse af vandløbsafstrømning, og på et tidspunkt i projektforsløbet blev det aftalt, at der skulle anvendes en anden og langt mere kompliceret og nøjagtig og også mere fremtidssikret beskrivelse af vandløbsafstrømning baseret på vandløbsmodellen MIKE 11. Dette fik en del konsekvenser for udviklingstiltagene i den afsluttende fase af projektet.

Dette er den afsluttende rapport for projektsamarbejdet, som har forløbet i perioden 1996-2000. Denne rapport opsummerer udbyttet af det årelange samarbejde mellem de to institutioner omkring dels opstillingen af Danmarksmodellen og dels udviklingen af støtteværktøjer til modelopstilling og resultatbehandling. Til de enkelte udviklingspunkter knytter der sig desuden en detaljeret beskrivelse, som er vedlagt som bilag.



2 UDVIKLINGSTILTAG

Der er som nævnt blevet udviklet en del på selve beregningskomponenterne i MIKE SHE, ligesom der er udviklet redskaber under og sideløbende med projektet, som har haft en gunstig virkning på GEUS' arbejde med etableringen af den nationale vandressourcemodel.

Udvikling af Geologisk Editor

Af GIS-baserede hjælperedskaber er der som et direkte arbejde mod udviklingskomponenten "Geologisk editor" udviklet produktet *GeoEditor* til digital geologisk fortolkning. *GeoEditor* giver et godt overblik over geologiske forhold i et område og anvendes til at etablere en geologisk forståelse – en såkaldt model - for det undersøgte område. *GeoEditor* kan endvidere indarbejde sekundær information i form af geofysiske målinger foretaget ved forskellige metoder f.eks. slæbegeol eller TEM. Desuden kan forskellige grafiske temaer importeres og danne baggrund for en fortolkning baseret på tidligere ud tegnede fortolkninger. Der kan foretages en inddeling af boringer efter mange forskellige kriterier, f.eks. alle boringer, hvor der er truffet et sandlag tykkere end 5 m. Dette gør det enkelt at kategorisere sine boringer og kun arbejde med de væsentligste af disse.

I forhold til det oprindelige formål med denne del af udviklingsprojektet er dette opfyldt. Der er i det oprindelige formål specifikt nævnt, at modulet skulle kunne foretage geostatistiske bearbejdnings af rådata, men udviklingen af denne aktivitet er efter fælles overenskomst mellem GEUS og DHI ikke blevet prioriteret.

Læs videre i appendiks A og B eller på internet under <http://vandmodel.dk/mike-she.htm>.

Udvikling af øvrige GIS-baserede værktøjer - interfaceprogrammer

Den oprindelige udviklingskontrakt omhandlede udvikling af et "modul med interfaceprogrammer til andre eksisterende databaser" med forskellig information omkring klima, arealanvendelse osv. Denne aktivitet har fået en drejning mod udvikling af generelt anvendelige GIS-værktøjer, dels fordi mange data fra forskellige databaser kan rekvireres som GIS-temaer, dels fordi GIS forenkler databearbejdningen og resultatpræsentationen og giver et godt overblik i det daglige arbejde. Generelt er der fokuseret på at udvikle såkaldte extensions til GIS-programmet ArcView, som er internationalt anerkendt som det meget velegnet i vandressourceforvaltningen. Konkret er der udviklet 3 moduler; MIKE SHE Converter, UZ-editor og oppumpningseditor.

- MIKE SHE converter kan konvertere mellem forskellige simple formater, MIKE SHE modellens inputformater og ArcView shape filformat. Dette gør det meget anvendeligt som et redskab til håndtering af forskellige data og konvertere disse mellem GIS og MIKE SHE.
- UZ-editor kan på en meget overskuelig måde håndtere hydrauliske og geologiske karakteristika for etablering af en model for den umættede zone. Dette arbejde er ofte vanskeligt for typiske modellører, som har begrænset kendskab til denne del af det hydrologiske kredsløb.



- Oppumpningseditor er udviklet i en meget foreløbig version, men intensionen er, at brugeren skal kunne editere oppumpningsdata direkte i et GIS-miljø, således at referencen mellem tidsvarierende oppumpninger og deres placering i modelområdet kan overskues.

Der er som sådan ikke udviklet interfaceprogrammer til konkrete databaser, men fokuseret mere på at få nogle generelt anvendelige værktøjer udviklet. Derved er problemstillinger omkring ophavsrettigheder o.l. undgået, og modulet er som sådan mere fremtidssikret som et hjælperedskab i det daglige arbejde.

Læs videre i appendiks C, D, E og F eller internet <http://vandmodel.dk/mike-she.htm>.

Udvikling af beregningskomponenter

Udviklinger, som vedrører selve beregningskomponenterne i MIKE SHE, har været et *densitetsmodul* til beregning af densitetsbetinget strømning i grundvandszonen, en *integreret stationær løser* for modelsystemet, forbedret *kobling* mellem grundvandskomponenten og overfladekomponenten, et *rutningsmodul* til vandløbsmodellen MIKE 11 og forskellige forbedringer af MIKE SHE's *partikelbanemodel*.

Af disse udviklinger refererer *densitetsmodulet* direkte til det i udviklingskontrakten nævnte "modul for salt-/ferskvands interface beregning i grundvandszonen". Modulet er baseret på et velafprøvet modelsystem udviklet af den amerikanske geologiske undersøgelse (USGS) kaldet HST3D. Dette modelsystem er direkte koblet ind i MIKE SHE og kan anvende samme data og resultater kan præsenteres i systemet. Modulet kan i en 3-dimensional grundvandsstrømning beregne interfacen mellem salt- og ferskvand, hvilket foreksempel kan forekomme i kystnære grundvandsmagasiner, som udnyttes til vandindvinding. Modulet opfylder som sådan udviklingskontrakten, men er kun testet i begrænset omfang og endnu ikke modnet til et salgbart produkt.

De øvrige udviklingstiltag har været nødvendige for gennemførelsen af etableringen af den nationale vandressourcemodel, og er som sådan aftalt løbende mellem GEUS og DHI.

Læs videre i appendiks G, H og I eller internet <http://vandmodel.dk/mike-she.htm>.

Udviklingstiltag i forbindelse med op- og nedskalering

Udviklingskontrakten beskriver udviklingen af "et modul til transformation af parameterværdier mellem forskellige skalaer", og denne komponent har indeholdt forskellige aktiviteter. Der er som et fælles mål med et EU-finansieret projekt kaldet UNCERSDSS (*uncertainty projektet*) undersøgt datatilgængeligheden i og anvendeligheden af regionale Europæiske databaser i forbindelse med regional modellering af nitratudvaskning, ligesom skalaafhængigheden på både strømningsberegninger og beregninger af nitratudvaskning er undersøgt. Der er ligeledes i dette projekt undersøgt effekter på strømningsberegninger af forskellige størrelser af beregningsnet.

Til undersøgelse af skalaeffekter i forbindelse med beregningen af udvekslingen mellem grundvand og vandløb er udviklet en "prototype" af en *finite element grundvandsløser*. Det har dog vist sig, dette arbejde ikke umiddelbart har ført til en endelig løsning i for-



hold til den oprindelige formulering i udviklingskontrakten. Udviklingskomponenten har ikke fået tilstrækkelig fokus i forhold til andre mere presserende udviklingstiltag.

Læs videre i appendiks J og K eller internet <http://vandmodel.dk/mike-she.htm>.

Udvikling af øvrige redskaber

Andre hjælperedskaber, som direkte eller indirekte er udviklet under dette arbejde, men som under alle omstændigheder har været enten nødvendige for arbejdet eller en stor hjælp, har været et meget avanceret *vandbalanceprogram* samt et program til beregning af forskellige *statistiske afvigelser* mellem modelberegninger og målinger. Derudover er der udviklet et program til opstilling af en anden type geologi end den sædvanlige, *GeoDbase*.

Læs videre i appendiks L, M og N eller internet <http://vandmodel.dk/mike-she.htm>.

3 MARKEDSMULIGHEDER

De gennemførte udviklingstiltag har sikret en fornuftig gennemførelse af etableringen af den Nationale Vandressourcemodel. Derudover er bl.a. GeoEditor og UZ-editor blevet afprøvet og testet af GEUS i forbindelse med konkrete projekter på en mindre skala. GeoEditor er således blevet testet for en række områder på Sjælland, Fyn og i Jylland og UZ-editor er testet for et område i Sønderjylland.

Det har derved vist sig at de udviklede moduler er anvendelige og har et stort potentiale i forbindelse med den zonerings af grundvandsressourcen, der skal gennemføres i de kommende år med en tilhørende modellering af de forskellige indsatsområder.

Samtidig har den haft følgende markedsmæssige betydning:

- DHI har bibeholdt sin verdensførende position med hensyn til anvendelse og salg af software til integreret vandressourceforvaltning. Dette gælder både de udviklingstiltag, som var beskrevet i den oprindelige udviklingskontrakt, og de øvrige udviklingstiltag, som er gennemført i perioden støttet af synergier i nærværende projekt.
- GeoEditor er overført til en del danske amter og rådgivere, og anerkendes som et fornuftigt redskab i forbindelse med analyse af geologiske og geofysiske data. Produktet er markedsført internationalt, hvor der er et stigende behov for indsamling, bearbejdning og fortolkning af geologiske data. Begrænsningen i udbredelsen af produktet i Danmark ligger i dens tilknytning til et relativt avanceret og dyrt GIS produkt (ArcView), idet en række potentielle kunder anvender et billigere GIS produkt (MapInfo). Der er dog tilsyneladende stadig flere, som går over til ArcView, hvilket øger markedsmulighederne.
- De generelle GIS interface programmer har stor markedsmæssig betydning; uden kobling til GIS er der ingen fremtidige brugere af modelsystemet i vandressourceforvaltningen! Produktet er siden dets produktmodning en fast bestanddel af modelpakken, når den bliver solgt.



- Der er potentielt et store markedsmæssige muligheder med densitetsmodulet; efterspørgslen internationalt efter rådgivningsydelse, som indeholder en komplet vurdering af vandressourcen specielt i kystområder, hvor grundvandsressourcen er begrænset og sårbar, er stigende. Som et modul, der efterfølgende kan anvende alle de samme data, som den integrerede vandressourcemodel, er der med udviklingen af densitetsmodulet skabt grundlag for anvendelser indenfor nye markedsområder.
- Undersøgelserne omkring skalaeffekter af forskellige parametre har ført til en større forståelse for problematikken. Der er ikke udviklet egentlige moduler, som med rette kan siges at have nogen markedsmæssig betydning.

DHI vil i de følgende år – blandt andet på basis af de udviklingstiltag, som er gennemført under nærværende udviklingskontrakt – fortsætte udviklingen af modelværktøj til vandressourceforvaltning. Fokus i den kommende tid vil være dels på at udvikle meget brugervenlige interfaces til de eksisterende modelsystemer, dels på at udvikle en helt ny arkitektur i modelkoderne baseret på objektorienteret programmering. Dette bevirker at koderne kan kobles sammen med andre koder eller dele af andre koder, ekstene brugere kan udvikle og tilkoble deres egne rutiner og den daglige brug og vedligeholdelse bliver væsentlig mere fleksibel og effektiv.