

# Bruk av EDB-modeller som beslutningsverktøy. Eksempel fra Columbia River i USA

Av Hans Olav Ibrekk

Hans Olav Ibrekk er ansatt som forsker ved  
Norsk institutt for vannforskning (NIVA).

## 1. Sammendrag

Denne artikkelen er basert på forfatterens «Master of Science»-avhandling ved University of Washington (Ibrekk).

EDB-modeller har fått økt bruk som beslutningsverktøy de senere årene. Det er mange forhold som vanskeliggjør bruk av EDB-modeller i en beslutningssituasjon; beslutningstakerne er uvant med EDB, dialogen mellom beslutningstaker og modellerer er for dårlig, manglende dokumentasjon av de modellene som finnes, og modellutvikling skjer oftest i forskningssammenheng og ikke i brukssammenheng. Siktemålet med denne studien er å undersøke hvorvidt bruk av modeller i forvaltningen av Columbia River strir med de samme problemene som er påpekt i flere studier.

Columbia River er USA's tredje største vassdrag med et nedbørfelt som er dobbelt så stort som Norges landareal. Det er mange etater med forvaltningsansvar, og alle disse har utviklet sine egne EDB-modeller. EDB-modeller brukes til simulering og optimalisering av kraftproduksjonen i distriktet. I tillegg er det utviklet et sett av modeller som er mer beslutningsorientert.

Denne analysen viser at det er mange problemer forbundet med bruk av EDB-modeller innenfor Columbia River, spesielt gjelder dette ut fra beslutningstakernes behov. Konklusjonen fra tilsvarende studier gjennomført i USA, blir bekräftet av denne studien.

## 2. Innledning

Bruk av EDB-baserte modeller i beslutningssammenheng har økt enormt de siste årene. Utviklingen innen computerteknologi og programvare har gjort dette mulig. Så langt er det utviklet flest modeller innen drift av vassdrag og modeller som fremskaffer grunnlagsmateriale for beslutninger. Beslutningsmodeller som hjelper beslutningstakerne til å klarlegge sine preferanser er nå under innføring innenfor de fleste områder. Det er innlysende at en økt satsing på innføring av beslutningsmodeller fører til problemer. I USA er det gjennomført flere studier som har påpekt en del av de problemene som vil oppstå og hvordan disse best kan løses (Holcomb, Office of Technology Assessment (OTA) og Loucks et al.).

Alle disse undersøkelsene konkluderer med at det knytter seg mange begrensninger til effektiv modellbruk innen offentlig forvaltning. De viktigste av disse er:

- Beslutningstakerne er uvant med EDB-baserte modeller og er redde for å bruke dem. De frykter at deres makt vil bli redusert.
- Bruken av modeller er mest avansert innen områder som krever relativt enkle midler. Når systemene som behandles blir større, mer komplekse, og antallet brukerinteresser øker, blir samarbeidet mellom modellutviklere, beslutningstakere og interessegrupper vanskeligere.
- De mest vellykkede brukerne av modeller synes å være modellutviklerne selv.
- Generelt er modelldokumentasjonen for dårlig.
- Modellutviklingen skjer ofte i forskningssammenheng og ikke i en direkte brukssituasjon. Modellene blir derfor ofte lite eget som beslutningsstøtteverktøy.
- Samarbeidet mellom beslutningstakere og modellutviklere er for dårlig. Beslutningstakerne er ikke i stand til å definere sine behov eksplisitt.

Formålet med denne undersøkelsen var å se nærmere på hvordan modeller brukes som beslutningsverktøy, og hvilke forhold som må være tilstede for at modellbruken skal bli vellykket. Det ble tatt utgangspunkt i resultatene fra de undersøkelsene som er nevnt overfor.

Siktemålet var å se nærmere på om disse konklusjonene fortsatt er gyldige. Columbia River i USA ble brukt som eksempelområde.

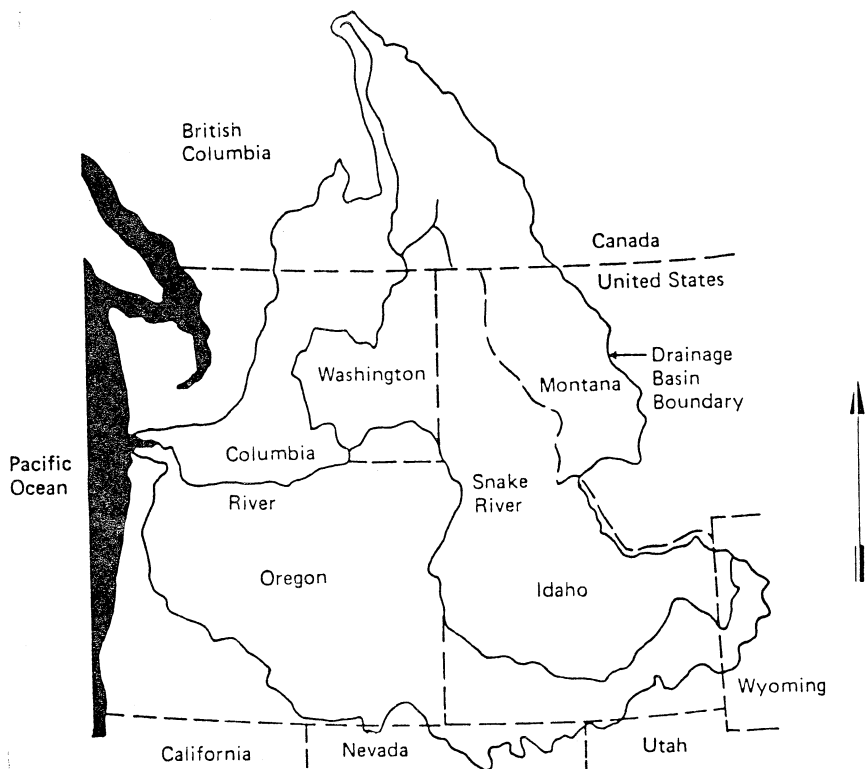
### 3. Columbia River

Columbia River er USA's tredje største vassdrag. Nedbørfeltet er 670.810 km<sup>2</sup>, og 15% av nedbørfeltet ligger i Canada. Nedbørfeltet omfatter deler av følgende stater; Washington, Oregon, Idaho, Montana, Wyoming, Utah og Nevada. Columbia River's lengde er hele 1955 km.

Gjennom større reguleringstiltak, kraftutbygging og irrigasjon, er vannføringsmønsteret endret betydelig. Gjennomsnittlig vannføring ved utløpet (Dalles) er 6686 m<sup>3</sup>/s (272800 cfs). Innenfor nedbørfeltet er det 58 kraftverksdammer med en total reguleringsgrad på 40%. I tillegg til disse er det 78 andre flerbbruksprosjekter som også inkluderer en viss regulering for kraftverksformål.

Midlere års elektrisitetsproduksjon innenfor nedbørfeltet er 164 TWh. Den totale installasjon i Columbia River er på 298 TWh. Fastkraftproduksjonen er 123 TWh. Det er kraftoverskudd i regionen. Overskuddskraften selges til California, spesielt om sommeren da USA's mest folkerike stat har størst elforbruk (air-condition).

Columbia River's nedbørfelt ligger i et semi-arid klima. Store vannmengder brukes til irrigasjon. I dag er drøyt 8 millioner acres irrigert i hele nedbørfeltet, derav 500.000 acres med utgangspunkt i Grand



Figur 1. Columbia River's nedbørfelt.

Coulee Dam. Det er planer om å utbygge nye vanningssystemer slik at ytterligere 500.000 acres kan nyttes til jordbruksformål (Eastern Washington).

Som en kuriositet kan det nevnes at det har eksistert planer om å overføre Columbia River til California for å sikre vanntilførselen til denne staten.

Columbia River var før kraftutbyggingen startet en meget god fiskeelv. Det ble årlig fisket mellom 15 og 20 millioner kg laks. På grunn

av kraftutbyggingen (det er ikke vesentlige forurensningsproblemer) så er fangsten nå nede i ca. 10 millioner kg. Forbedring av fisket er sett på som en av de viktigste oppgavene. Det foregår nå betydelige arbeider for å legge forholdene til rette for en økt fiskeproduksjon. Hensynet til lokale indianerstammer spiller en vesentlig rolle i dette arbeidet da de har rett på 50% av all fisken.

Innenfor nedbørfeltet til Columbia River er flomproblematikken helt

sentralt. Flere dammer er bygget for flomkontroll med kraftproduksjon som et biprodukt. Det foregår også et intensivt friluftsliv langs Columbia River. Tilrettelegging for en friluftsmessig utnyttelse av elva er ansett meget viktig.

#### 4. Forvaltningssituasjonen

Columbia River er i norsk målestokk et enormt vassdrag. Forvaltningsstrukturen er svært kompleks. Det er et utall av etater og organisasjoner som har forvaltningsansvar. Situasjonen er så kompleks at det er nesten umulig å skaffe seg en full oversikt over hvilke etater som har ansvar for hva. Tidligere var den politiske kontrollen med aktivitetene i nedbørfeltet svært liten. Etterhvert kom det klart frem et behov for en sterkere politisk samordning gjennom at «The Northwest Power Act» ble vedtatt av Kongressen i 1980. Denne loven endret «Bonneville Power Administration»'s (BPA) mandat og innførte et overordnet planleggingsråd (BPA er et føderalt selskap med ansvar for salg av kraft fra føderale kraftverk). «The Northwest Power Planning Council (NPPC)» ble opprettet i 1981, og fikk tillagt et overordnet ansvar for utnyttning av vannressursene i området. I NPPC deltar to representanter fra hver av statene Montana, Idaho, Oregon og Washington.

NPPC's mandat er som følger:

- utarbeide en 20-års kraftforsyningsplan for regionen som skal sikre regionen nok kraft (North-

west Conservation and Electric Power Plan).

- utarbeide en fiske og vilt plan for å beskytte disse ressursene mot de negative effektene av kraftutbygging (Fish and Wildlife Program).
- oppmuntre til økt medvirkning fra organisasjoner og almenheten i planleggingsprosessen.

«The Pacific Northwest Coordination Agreement» er en bindende avtale mellom de viktigste kraftproducentene i regionen, føderale myndigheter og Canada (vedtatt i 1965). Den setter rammer for hvordan kraftressursene i Columbia River-systemet skal utvikles. BPA overvåker avtalen på vegne av den amerikanske stat.

«The Bonneville Power Administration» (BPA) ble opprettet for å ta seg av salg av kraft generert ved Bonneville Dam. I dag markedsfører og selger BPA kraft fra 30 føderale kraftverk i Columbia River. BPA er ansvarlig for bygging og vedlikehold av kraftoverføringsledninger. BPA er også ansvarlig gjennomføringsetat for de tiltak som NPPC foreslår. Dette innebærer at BPA har et betydelig ansvar for gjennomføringen av tiltak i forbindelse med NPPC's «Power Plan» og «Fish and Wildlife Program».

I tillegg til BPA og NPPC er det også mange flere etater med betydelig forvaltningsansvar innen nedbørfeltet. Bare de etatene som har utviklet og bruker større EDB-modeller vil bli presentert her.

«The U.S. Army Corps of Engineers» er ansvarlig for større sivile

prosjekter etter autorisasjon fra Kongressen som omfatter navigasjon, flomkontroll, forbygning, erosjonssikring og kraftutbygging. «The Corps» har forvaltningsansvaret for USA's navigerbare vassdrag.

«The U.S. Bureau of Reclamation» som er en del av «The Department of Interior» har hovedansvaret for vannprosjekter (føderale vannforsyningsprosjekter, irrigasjonsanlegg etc.), design, bygging og drift av prosjekter som er vedtatt av Kongressen.

«The Northwest Power Pool» (NPP) er en sammenslutning av kraftselskaper. NPP har en samordnende funksjon som sikrer at alle kraftselskaper kan forsyne sine områder, planlegge vedlikeholdsarbeider slik at elforsyningen er sikret, kontrollere hele el-systemet i regionen, og representere sine medlemmer på nasjonalt nivå.

«The Pacific Northwest Utilities Conference Committee» (PNUCC) er en organisasjon som representerer de tre største kjøperne (offentlige kraftselskap, private kraftselskap og industri) av elkraft fra BPA. PNUCC ble opprettet for å danne en slagkraftig organisasjon mot BPA. Organisasjonen tar seg av den langsiktige planleggingen for kraftverkene, og ser på hvilke konsekvenser føderale vedtak får for kraftselskapene. PNUCC er også en serviceetat for medlemmene og de utfører til dels større analyser av kraftsituasjonen i området. De har mellom annet et betydelig ansvar for utarbeidelsen av forbruksprognoser.

## 5. EDB-modeller som brukes

Innenfor nedbørfeltet er det mange EDB modeller som brukes. Hver etat har utarbeidet og bruker sine egne modeller til sine spesifikke formål. I Tabell 1 er en oversikt over noen av de viktigste EDB-modellene vist.

Tabell 1 gir ikke en fullstendig oversikt over alle EDB-modellene som brukes. I tillegg til de kraftproduksjonsmodellene (simulering og optimalisering) som er presentert i tabellen, brukes også en rekke rene hydrologiske modeller og modeller som har mer karakter av planleggingsmodeller. I denne framstillingen vil jeg legge størst vekt på de sistnevnte modellene. Av disse vil jeg resenterer kort «The System Analysis Model» (SAM) og «The Decision Model» (DM).

### Beslutningsmodeller

SAM er en modell som utfører en probabilitisk simulering av regionens kraftforsyningssystem. Analysen er basert på Monte Carlo-metoden. SAM simulerer manøvreringen av kraftverksdammer og andre energikilder (hovedsakelig oljekraftverk og kjernekraft) slik at forbruket kan møtes til enhver tid. SAM tar hensyn til usikkerhet knyttet til elektrisitetsforbruket, avrenning og operasjon av kjernekraftverk. Basert på disse usikkerhetene fordeles SAM elproduksjonsressursene på de ulike kildene for å få den mest økonomiske kombinasjonen av elkilder som tilfredsstiller behovet. SAM simulerer kjøringen av vann-

Tabell 1. *Oversikt over de viktigste kraftproduksjons-modellene som brukes i Columbia River (Etter Palmer).*

Model (1)	Purpose (2)	Developer/user (3)	Use (4)
PNCA seasonal regulation program (HYDREG)	Monthly regional hydro simulation	M. S. Schultz/ NWPP	Coordination agreement studies
Hydroelectric power planning program (HYDRO)	Monthly regional hydro simulation	H. Kasai/BPA	West group forecast regulations, rate studies, marketing studies
Hydro system seasonal regulation program (HYSSR)	Monthly regional hydro simulation	COE/COE	Multipurpose water use studies
WSU Snake-Columbia Basin simulation model	Monthly regional hydro simulation	Hanson, Millham/WSU	Multipurpose water use studies
Stanford composite potential energy model	Monthly regional hydro simulation	Rosing, Garza/ BPA	Optimization of operating policy
COE pondage program	Hourly regional hydro simulation	R. Shepard/ COE	Generation expansion studies
BPA pondage program	Hourly regional hydro simulation	COE-BPA/BPA	Operations, marketing
Loss of load probability analysis (LOLP)	Loss of load analysis	M. S. Schultz/ NWPP, BPA	PNCA reserve requirements
PP&L reliability model	Multi-index analysis	Boeing Computer Services/PP&L	Reliability of PP&L system
Energy reserve planning model (ERPM)	Energy resource insufficiency analysis	Schultz, Duncan, Lewis/ NWPP, BPA	West group forecast
BPA's one-reservoir model	System reliability	Dean, Polos/ BPA	System reliability studies

Source: Pacific Northwest Utilities Conference Committee

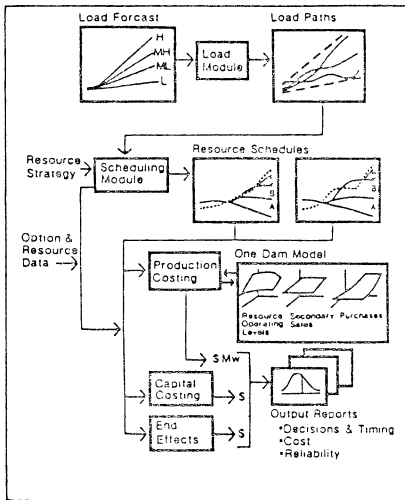
kraftverk innenfor regionen for en 20-års periode.

SAM er utviklet av BPA, NPPC og PNUCC i fellesskap. SAM har blitt brukt i forbindelse med utarbeidelsen av NPPC's 20-års energiplan. I tillegg har SAM blitt brukt for å sammenligne kostnadene mellom kullkraft og kjernekraft og dessuten en vurdering av kostnadene ved å fullføre to kjernekraftverk som er halvferdige (Washington Public Power Supply System (WPPSS)).

«The Decision Model» (DM) ble utviklet for å hjelpe NPPC å karakterisere forbruksusikkerheter. Prognoser for forbruk av elektrisitet var et stort diskusjonstema og for å vurdere usikkerhetene knyttet til disse ble DM laget. DM ble utarbeidet av NPPC, PNUCC og BPA i fellesskap. NPPC-medlemmene deltok aktivt i utviklingen av programmet.

De viktigste egenskapene ved DM er at den gir muligheter for å vurdere risikoen med hensyn til el-

forsyningen for gitte utviklingsalternativer. Ved bruk av modeller er det mulig å få en oversikt over risikoen som er knyttet til hvert enkelt planalternativ. Den hjelper planleggerne og beslutningstakerne med å velge den ressursstrategien som gir best muligheter for å håndtere risikoen som er innebygget. I Figur 2 er en forenklet systemoversikt for modellen vist.



Figur 2. Flyteskjema for «The Decision Model» (NPPC).

### Simuleringsmodeller for vannkraft

Det brukes en rekke simuleringsmodeller i forvaltningen av vannkraftressursene i vassdraget. Forskjellen mellom de enkelte modellene er i første rekke tidsintervallet som brukes. I dag brukes tre månedlige simuleringsmodeller. Disse modellene er svært like, men brukes av ulike institusjoner. Modellene er

deterministiske simuleringsmodeller som bruker månedlige tidsskritt for å simulere en samordnet styring av alle vannkraftmagasinene i elven, slik at kraftproduksjonen blir optimalisert under hensyntagen til andre brukerintereser.

Disse modellene er:

- HYDREG; «Seasonal Regulation Program» som brukes av NPP.
- HYDRO; «Hydroelectric Power Planning Program» som brukes av BPA.
- HYSSR; «Hydro System Seasonal Regulation Program» som brukes av «Corps of Engineers».

Det vil føre for langt å gå nærmere inn på disse modellene. Eventuelt interesserte anbefales å lese rapporten som denne artikkelen baserer seg på.

Hver av etatene som har utviklet modellene bruker sine egne. Bruksfrekvensen varierer mye, til tider kjøres modellene hver dag. Fastkraftmengden for neste år finnes ved å ta observert tilsig de siste 50 år. I dag brukes tilsig for perioden 1929 til 1978. Som en kuriositet kan det nevnes at det tar nesten 10 år å oppdatere tilsigsdataene. Med utgangspunkt i denne simuleringen finner man den laveste kraftmengde ved å se på de ugunstigste tilsigsforhold og magasininnhold pr. 30. juni. Det er i dag lite samarbeid mellom institusjonene om oppdatering og videreutvikling av modellene. Modellene er generelt svært like. Den mest markerte forskjellen

går på antall kraftverksprosjekter som er inkludert i modellen. Flere av prosjektene i Snake River (sideelv fra Idaho) er ikke med i modellene, spesielt gjelder dette prosjekter i øvre del av Snake River. Modellene gir stort sett de samme svarene. Det er svært liten forskjell mellom simuleringresultatene. NPPC bruker BPA's modell (HYDRO) som input til sine modeller (SAM og DM).

I tillegg til månedlige modeller brukes også en rekke simulering-modeller basert på en times tids-skritt. Disse er hovedsakelig utarbeidet av «The Corps». De viktigste resultatene fra disse modellene er hydrauliske aspekter ved kraftverkene som simuleres for en ukes periode.

I tillegg til de mer kraftorienterte modellene er nå flere andre modelltyper under utvikling. Av disse vil jeg spesielt fremheve fiskemodeller. NPPC har utviklet «The Columbia River Basin Fishery Planning Model». Denne modellen modelerer hele livssyklusen til laks. Hensikten med programmet er å komme fram til tiltak som kan bedre fiskeproduksjonen i vassdraget. På en måte er denne modellen bare en modell som systematiserer eksisterende viten.

I kraftmodellene behandles andre brukerinteresser som restriksjoner i modellsammenheng. Det er ikke laget integrerte modeller som kan se på alle forhold samtidig. En slik større datamodell som skal kombinere simuleringmodellene og fiskemodellene, er nå under utvik-

ling av Resources for the Future (RFF) i Washington D.C. på oppdrag fra BPA.

## **6. Analyse av hvordan modellene brukes i beslutningssammenheng**

Generelt kan en si at de modellene som brukes i planlegging og drift av Columbia River er svært sektororientert. Integrerte modeller som kan behandle flere brukerinteresser samtidig er ikke utviklet så langt.

Modellene som brukes i dag er utviklet i første rekke som driftsplanleggingsverktøy og ikke som et overordnet planleggingsverktøy. Beslutningstakere utenom institusjonen selv, har ikke i vesentlig grad hatt anledning til å stille premisser for modellutviklingen. Dette fører til store vanskeligheter for de politisk oppnevnte beslutningstakerne (NPPC i første rekke). De er prisgitt informasjon fra «teknokratene».

Bruken av EDB-modeller som hjelpemiddel i forvaltningen av Columbia River synes å være mest avansert innenfor de områder som krever relativt enkle driftsmodeller. Simuleringsmodellene som brukes i dag kan klassifiseres som deskriptive driftsmodeller. Bruken av disse synes å være vellykket, og de er akseptert av alle forvaltningsetatene.

Etter at NPPC ble opprettet, kom det fram et klart behov for mer komplekse modeller som også trekker inn andre brukerinteresser mer aktivt. De eksisterende modellene var vanskelig å bruke for NPPC da modellene som brukes ikke var egnet til å analysere hele regionens



kraftsituasjon og vurdere hvilken innvirkning usikkerheter i forbruksprognosene vil ha. Disse spørsmålene var helt avgjørende for NPPC's planleggingsaktiviteter. Medlemmene i NPPC deltok aktivt i modellutviklingsarbeidet gjennom å sette premissene for hvilke spørsmål de ønsket besvart av modellen. Det var en betydelig interaksjon mellom modellutviklere, interessegrupper og beslutningstakere i utviklingsarbeidet i motsetning til de andre modellene som brukes i dag. Disse er utviklet helt og fullt av ekspertene selv. Slik sett er situasjonen i Columbia River identisk med de forholdene som ble påpekt av OTA's og Holcomb's studie.

Som i Norge er de fleste modellene utviklet for å dekke kraftinteressenes behov. Andre brukerinteresser er behandlet som restriksjoner i modellene. De «myke» interessene har hatt få eller ingen muligheter til å fremme sine syn gjennom bruk av EDB-baserte modeller. Holdningen til modeller i ulike miljøer er forskjellig. De «svake» interessene dominert av naturvitenskapelige organisasjoner, er mer kritisk til modeller enn de mer teknisk orienterte miljøene. Dette gir seg utslag i at de teknisk orienterte miljøene får større gjennomslagskraft gjennom deres bruk av modeller.

Fiskeinteressenes utgangspunkt for modellutvikling er å utarbeide enkle modeller som har som siktemål å utnytte eksisterende informasjon og kunnskap mest mulig. Gjennom en slik framgangsmåte har de vært i stand til å identifisere områder hvor det er nødvendig med

forskning. Utvikling av større integrerte modeller har ikke vært prioritert innen fiskemiljøene.

Innenfor et område av Columbia Rivers størrelse, innsamles en mengde data av mange ulike etater. Et av hovedproblemene er at etatene ikke bruker de samme data i sine vurderinger og modellkjøringer. NPPC innså dette og satte igang utarbeidelse av to databaser, «Salmon and Steelhead Data Base» og «Hydropower Assessment Study». Data fra alle relevante etater ble samlet inn og lagt inn på en felles database. Dette sikrer rask innhenting av data og at alle data blir tilgjengelig.

Beslutningstakerne har stort sett ikke vært involvert i modellutviklingen. Det er flere årsaker til dette; kunnskapsmessige, funksjonsperiode, redsel for å bli fratatt makt, vanskeligheter med å forstå faguttrykk og tyde utskriftene, osv. For å utvikle EDB-modeller som beslutningstakerne har bruk for, er det nødvendig at de trekkes inn i utviklingsarbeidet så tidlig som mulig. Beslutningstakerne må definere rammene for modellarbeidet, definere hva de ønsker at modellene skal gjøre, i hvilken beslutningssammenheng skal modellene brukes, hvordan skal resultatene presenteres, hvor mye ressurser kan avsettes til utviklingsarbeidet og vil administrasjonen kunne bruke modellene etterpå. Alle disse spørsmålene må avklares før et modellutviklingsarbeide oppstartes.

Et stort problem ved bruk av EDB-modeller er manglende dokumentasjon. Modellene som brukes

i forvaltningen av Columbia River er svært dårlig dokumentert. Dette er et gjennomgående problem også andre steder. Ved manglende dokumentasjon blir samarbeidet mellom bruker og utvikler meget vanskelig. Dessuten er de fleste modellene så vanskelig å bruke, for flere av modellene som brukes i dag kreves opptil 2-års erfaring, at det er nesten umulig for andre enn erfarne operatører å bruke modellene. På grunn av denne høye terskelen til modellbruk, blir også forståelsen av modeller dårlig. Gjennomgående produserer EDB-modellene kilometerlange utskrifter som er umulig å tolke uten detaljerte kunnskaper. Dette forsterker inntrykket av at modellene er en «black-box». Grafisk presentasjon av resultatene er nødvendig for at modellene skal bli akseptert av andre enn ekspertene.

## 7. Konklusjon

Gjennomgangen av hvordan EDB-modeller brukes i forvaltningen av Columbia River, viser helt klart at det er mange forhold som resulterer i at EDB-modeller ikke fungerer slik de er tiltenkt. Bruk av EDB-modeller i planlegging blir vanskeliggjort på grunn av en rekke forhold som er påvist overfor. De problemene som OTA's og Holcomb's studie poengterte, er fullt gyldige for forvaltningen av Columbia River. Det blir nå satt i gang arbeid for å prøve å bøte på en del av disse problemene, men de har en lang veg å gå.

Hvilken lærdom kan så trekkes ut av dette? Etter min vurdering sliter

vi med de samme problemene her i Norge. Driftsmodellene er velutviklet, mens utvikling av planleggingsmodeller er i sin begynnelse. Det synes som om planleggingsmodellene/beslutningsmodeller har vanskeligheter med å bli akseptert. Noen av årsakene til dette er at modellene utvikles av forskningsinstitusjoner og konsulenter som ikke er i direkte inngrep med beslutningstakerne. Det synes som om det er modellutviklerne selv som har mest nytte av arbeidet, mens den egentlige målgruppen for arbeidet, beslutningstakerne, er altfor lite involvert.

Det er klart at det er meget vanskelig å utvikle EDB-modeller som kan brukes og forstås av beslutningstakerne, men skal modeller bli et egnet beslutningsverktøy, er det helt nødvendig at beslutningstakerne aktivt deltar i modellutviklingsarbeidet.

## 8. Etterord

Denne artikkelen er et sammen- drag av forfatterens «Master of Science»-avhandling ved University of Washington, Seattle, USA. Det rettes en takk til professorene Brian W. Mar, Richard N. Palmer og Kai N. Lee for god hjelp.

Oppholdet ved University of Washington ble finansiert av «The Valle Scandinavian Exchange Program», Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd (NTNF) og Norsk institutt for vannforskning. Det rettes en takk til alle disse.

## LITTERATUR

- Holcomb Research Institute, 1976: «Environmental Modeling and Decision Making. The United States Experience». Praeger Publishers, New York.
- Ibrekk, H. O., 1987: «Water Resources Computer Models as Management and Decision Making Devices. Case-study: Columbia River». Non-thesis project Environmental Engineering and Science, University of Washington. NIVA-rapport E-87731.
- Loucks, D. P., Kindler, J., and Fedra, K., 1985: «Interactive Water Resources Modeling and Model Use: An Overview». Water Resources Research, Vol. 21, No. 2, February 1985.
- Northwest Power Planning Council, 1986: «Northwest Conservation and Electric Power Plan. Volume I and II». Portland, Oregon.
- Office of Technology Assessment, 1982: «Use of Models for Water Resources Management, Planning, and Policy». OTA-0-159, Washington D.C., August 1982.
- Palmer, R. N. and Cohan, J. L., 1986: «Complexity in Columbia River Systems Modeling». Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 112, No. 4, October 1986.