

**Förstudie
RIFA – Simulator
River Flood and Accident Simulator**

Elforsk Rapport 98:25

Johan Östberg, Per Vidar Halsnes

**Förstudie
RIFA – Simulator
River Flood and Accident Simulator**

Elforsk Rapport 98:25

Johan Östberg, Per Vidar Halsnes



RIFA – Simulator

River Flood and Accident - Simulator

*En förstudie
med kravspecifikation till ett simuleringsprogram för träning av tillbud vid vattenreglering*

Uppdragsgivare:
ENERGIFORSYNINGENS FELLESORGANISASJON – **EnFO**
SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS – **ELFORSK** – AB

Projektförare:

 **BERGENSHALVØENS
KOMMUNALE KRAFTSELSKAP DA**

VATTENFALL HYDROPOWER AB

November 1998

Innehållsförteckning

Inledning.....	2
1. Bakgrund	3
1.1 Bakgrund	3
2. Mål och målgrupp.....	3
2.1 Mål	3
2.2 Målgrupp	4
2.3 Exempel på träningssituationer	5
2.4 Motsvarande simulatorer	5
3. Utveckling och finansiering.....	6
3.1 Finansieringsplan	6
3.2 Upplärning och träning	7
3.3 Äganderätt	7
3.4 Projektorganisation	8
3.5 Tidsplan	8
4. Kravspecifikation.....	8
4.1 Målet med kravspecifikationen	8
4.2 Krav på användarvänlighet	9
4.3 Skärmbilder	9
4.4 Krav för uppbyggnad	11
4.5 Val av modellvattendrag	11
4.6 Hydrologiska beräkningar	12
4.7 Hydrauliska beräkningar	12
4.8 Rambetingelser för en simulering	13
4.9 Evaluering	14
5. Uppbyggnad av simuleringsprogrammet.....	14
5.1 Moduluppbyggnad	14
5.2 Element som ingår i systemnivå	15
5.2.1 Tillrinning	15
5.2.2 Älv	16
5.2.3 Dammanläggning	16
5.2.4 Kraftstation	17
5.2.5 Bebyggelse och infrastruktur	17
5.2.6 Myndigheter	17
5.2.7 Allmänhet och press	18
5.2.8 Resurs (manskaper, material)	18
5.2.9 Samband	19
5.2.10 Dokumentation och information	19
5.2.11 Andra regulanter i älven	19
6. Definitioner.....	20
7. Referenslista	21



Simulator för vattendragsolyckor

Ett förprojekt i samarbete mellan

Svenska Elföretagens forsknings- och utveckling – Elforsk AB och Energiforsynings
Fellesorganisasjon - ENFO

Inledning

De senaste åren har det blivit en ökad uppmärksamhet på säkerheten längs våra vattendrag och kraftbolagen och andra regulanter i vattendragen håller kontinuerliga övningar där det tränas beredskap vid högflödes- och olyckssituationer knutna till regleringsanläggningen. Det har lagts stora resurser på att skapa realistiska övningar och många företag inser nu hur resurskrävande det är att bygga upp övningar med goda övningsexempel. I det sammanhanget behövs det kostnadseffektiva hjälpmedel för användning vid vattendragsövningar.

EnFO har tillsammans med Elforsk i Sverige velat kartlägga möjligheterna att utveckla en övningssimulator för vattendragsövningar. Förprojektet som startade hösten 1997, har resulterat i en skiss till hur projektet kan realiseras och det har utarbetats en kravspecifikation för ett simuleringsprogram. Ett övningsprogram kallat RIFA-simulator (River Flood and Accident – simulator) är tänkt att utvecklas som ett multimedia PC-program med låg användartröskel.

Detta skall bli ett program för beredskapsträning där användaren tränas i att värdera kritiska situationer i ett vattendrag samtidigt som det skall tas beslut om resursanvändning, manövrering och kommunikation.

Ett simuleringsprogram skall inte ersätta alla vattendragsövningar, men vara ett komplement till de större beredskapsövningarna. Med ett sådant program kan flera i organisationen tränas, och för mindre organisationer skulle det ge ett mycket bredare träningsupplägg än genom egna övningar. Programmet skall kunna användas för träning ensam eller i gruppen eller som stödfunktion vid träning av beredskapsorganisationen. Simulatoren utvecklas för beredskapsövningar och inte som ett driftverktyg.

Ett interaktivt träningsprogram ställer hela tiden krav på att användaren engagerar sig. Erfarenheten visar att detta är en mycket effektiv metod för upplärning och träning av personal, och interaktiva träningsprogram tas ständigt i bruk inom flera områden.

Här vill vi skapa ett simuleringsprogram där det läggs stor vikt på att komma användaren till mötes med ett pedagogiskt anpassat träningsprogram. Det är av mindre betydelse att programmet skall ge de matematiskt rätta svaren på vattenföringen och vattenmängden i den vattendragsmodell som ligger till grund för övningen. RIFA-simulatoren skall lära oss något om sammanhangen mellan alla de "riktiga" svaren som vi redan får från flödesberäkningar, fallprofilsberäkningar, dammbrottsberäkningar och riskutvärderingar.

1. Bakgrund

1.1 Bakgrund

Både på svensk och norsk sida har det länge varit diskussioner om att göra ett övningsverktyg för användning vid vattendragsövningar. Det hålls kontinuerliga beredskapsövningar hos kraftbolag och andra organisationer för att bli bättre på att tackla olyckor och oväntade situationer som kan uppstå i eller runt en regleringsanläggning. Dessa övningar tränar i stor utsträckning beredskapsorganisationen och samspelet mellan organisation och utomstående aktörer. I mindre grad blir detta en övning i att tackla de problem som uppstår under en verklig händelse. Underlaget för en övning kan bli omfattande och det är mycket resurskrävande att göra ett övningsupplägg där organisationen får träna på möjliga händelser och ett sannolikt händelseförlopp. Ett annat problem är att vid en traditionell övning får bara en liten grupp i organisationen träna sig i att fatta beslut i kritiska händelser, medan kravet under en verklig händelse är att fler delar av organisationen har förståelse för situationen och skall vara i stånd till att ta de riktiga besluten och handla lokalt.

Efter diskussioner mellan EnFO i Norge och Elforsk i Sverige startades det sommaren 1997 ett förprojekt för att se möjligheterna för att utveckla en övningssimulator. Det upprättades en projektgrupp på norska sidan med följande deltagare:

Per Vidar Halsnes, BKK
Eivind Torblaa, EnFO
Dan Lindquist, GLB
Jan Henry Eikevik, Statkraft SF

I Sverige har arbetet initierats av Lars hammar på ELFORSK AB. Arbetet har utförts av Vattenfall Hydropower AB med Johan Östberg som projektledare och övriga medverkande har varit Claes-Olof Brandesten, Stefan Berntsson och Mikael Sundby .

Utöver denna rapport har projektgruppen utarbetat ett förslag till detaljerad kravspecifikation. Den innehåller formler, felsituationer och skisser till modeller som skall vara grunden för byggandet av en simulator. Denna tillägsrapport kan fås från EnFo/Elforsk.

2. Mål och målgrupp

2.1 Mål

Det övergripande målet för att utveckla ett simuleringsprogram är bättre beredskap för vattendragsolyckor. Målsättningen kan vidare formuleras med flera underrubriker som bättre beskriver vad vi menar att en bättre säkerhet är beroende av.

Mål: Bättre beredskap mot vattendragsoolyckor

- Förståelse för dynamiken i vattendrag
Upplärning och träning i:
 - Att hämta information på rätt ställe
 - Informationstolkning
 - Konsekvensutvärdering
 - Beslutsfattande
- Behov av kommunikation
Upplärning och träning i:
 - Beredskapsorganisation
 - Samband
 - Kontakt med tredje person (inkl. allmänheten)
- Kännedom om sekundära händelser som kan uppstå i och runt ett vattendrag
Göra användarna bekanta med:
 - Dokumentation
 - Erfarenhetsmaterial
- Erfarenhet med att arbeta under stress
 - Prov
 - Uppgifter

2.2 Målgrupp

Målgruppen för en träningssimulator är:

- Driftcentralpersonal och driftpersonal i vattenkraftindustrin, vattenregleringsföretag, vattenkraftverk och andra vattendragregulanter.
- Beredskapsansvariga hos kommuner, länsstyrelser och statliga myndigheter

Huvudmålgruppen är kraftverksbranschen i Norge och Sverige. I Norge är det ca 100 kraftbolag som har kraftproduktion, och varje bolag har ofta regleringar i flera vattendrag. Dessutom finns det många mindre vattendragregleringar använda av industri och kommuner.

I Sverige finns 9 stora älvar (med biflöden) och därutöver några 10-tal relativt stora vattendrag där beredskap för höga flöden är viktig för vattenkraftbranschen. Genom att det finns flera ägare och ett regleringsföretag per vattendrag så blir antalet aktörer som kan ha intresse av en simulator i Sverige runt 50.

Vi ser framför oss att simuleringsprogrammet används till årliga kurser/upplärning av berördpersonal, men programmet kan inte ersätta de stora beredskapsövningarna där det är behov av att samöva med flera grupper. Programmet kan dock reducera behovet av de ”stora” vattendragsoövningarna.

Vid utveckling av ett enkelt träningsverktyg ska man kunna träna flera beslutstagare i organisationen, och programmet utvecklas med en stark interaktiv profil och för användning på vanlig PC. Aktuella användare kan lätt anpassa träningen efter eget behov.

2.3 Exempel på träningssituationer

Det är många typer av scenarier som kan användas för träning i ett vattendrag. Simulatoren skall vid varje körning utgå från ett basscenario (inflöde, tillgängliga resurser m.m.) och välja felhändelser med hjälp av styrande villkor och slumpen. Vid en övning ska inte användaren veta vilken situation som kommer att uppstå, men utvecklingen ska vara avhängig av att användaren agerande under övningen. Varje övning får en kombination av händelser som användaren får ta ställning till, och han ska sitta som överordnad beslutstagare.

Exempel på en kombination av händelser i en träningssituation kan vara:

- Flöde i vattendraget
- Fara för dammbrott
- Utveckling av dammbrott
- Skada på regleringsanläggningen
- Fel på kraftlinjer med tillhörande spänningsbortfall och problem med reglering av luckor m.m.
- Vattenståndshöjning med påföljande skador på bebyggelse, vägar m.m.
- Användning av begränsade resurser under en vattendragsolycka
- Handha kommunikation med myndigheter under en olyckssituation
- Handha kommunikation med allmänhet under en olyckssituation

För att avgränsa simulatorprogrammet kommer fel på elektrisk utrustning och nät att behandlas schematiskt i simulatoren. För övning av fel i elektriska nät och system finns andra simulatorer både i Sverige och Norge.

2.4 Motsvarande simulatorer

Som en del av förprojektet har det undersökts om det finns motsvarande simulatorer på marknaden som kan utnyttjas eller vidarutvecklas för vårt ändamål. Vi har varit i kontakt med företag som utvecklat liknande programvaror för liknande tillämpningar men vi har inte funnit något simuleringsprogram som lätt kan användas för en simulator av den typ vi studerar.

Det har emellertid utvecklats simulatorer för en rad användningsområden som kan liknas vid vattenkraftbranschen. Exempelvis finns omfattande simulatorer för kärnkraftverk. Där ställs stränga krav på övningar och säkerhet, och för ett kärnkraftverk byggs det ofta upp en komplett kopia av kontrollrummet där de flesta processerna simuleras i detalj. Eftersom det ställs höga krav på överensstämmelse med verkligheten så måste dessa simulatorer ofta skräddarsys för varje anläggning. Kostnaden hamnar då i storleksordning 50 miljoner kronor.

VATTENFALL HYDROPOWER AB

RIFA-Simulator

Det har även utvecklats en antal simulatorer för offshore-industrin i Norge där både processen och omkringshändelser övas. Det har till exempel byggts ett träningscenter för övning av ett antal olyckshändelser till havs vid Nutec i Bergen. Personer med olika funktioner (operatör, plattformschef, fartygskapten, helikopterpilot, polis, räddningsledare osv) övar samtidigt "mot" varandra samtidigt som simulatören beräknar händelseförloppets utveckling. Detta ger en realistisk övningsituation och tränar flera olika befattningshavre samtidigt. Övningen är dock mycket resurskrävande.

Svenska kraftnät har tagit fram en simulator för att träna personalen på att hantera störningar i kraftnätet. Den kan antingen användas för förståelseträning eller rollträning. Vid förståelseträning övas principiell funktion hos nätet. Föreläsningar och interaktiva övningar blandas och övningarna görs ofta på labbnät. Vid rollträningen tränas operatören på hur han skall agera i en viss situation. Ofta tränar flera personer samtidigt. De har då olika roller och kommunicerar med varandra via ett internt telefonnät. En ungefärlig kostnad för att bygga upp denna simulator var 10 till 15 miljoner kronor.

Det finns även fler simulatorer för simulering av fel i elnät.

Det arbetas även med att bygga upp en kraftverkssimulator vid Finnsnes i Troms där flera samarbetande kraftföretag har gått samman om att utveckla en simulator som skall användas som träningsverktyg för kraftverkspersonal. Huvudvikten läggs här vid en elektriska delen av kraftstationen, nät och transformatorer och hur de fungerar ihop när det uppstår ett fel. Simulatören skall även användas för att se hur olika komponenter fungerar tillsammans.

I Sverige vid Jokkmokk Training Center finns ett övningsaggregat vid Porjus kraftverk som används för att öva driftpersonal i att köra ett kraftverk.

I förprojektet har vi också funderat kring om den planerade simulatören kan knytas mot några aktuella beräkningsprogram som används vid utvärderingen av säkerheten i vattendrag. Som exempel kan nämnas Vassdragssimulatören, Dambrk, Mike11 eller program som kraftverk använder för driftplanering t. ex. det Norska programmet ID (Integrererte Driftcentraler). Vi finner emellertid inte något enskilt program som på ett enkelt sätt kan utvecklas för att fylla våra behov. Vi söker ett handlingsstyrt simuleringsprogram som sätter användaren i centrum och vi har inte funnit något program som fyller denna funktion. Det utesluter inte möjligheten att existerande program kan knytas samman med en träningsimulator.

3. Utveckling och finansiering

3.1 Finansieringsplan

För att kunna utveckla ett simuleringsprogram har vi antagit en kostnadsram på 5 Mkr. Därtill ytterligare medel för försäljning och underhållning av programmet. Programmet ska utvecklas i både svensk och norsk version, och det skall finnas möjlighet att göra versioner på andra språk, t.ex. på engelska.

VATTENFALL HYDROPOWER AB

RIFA-Simulator

Utvecklingen av programmet planläggs vidare som ett EnFO/Elforsk projekt finansierat av svenska och norska myndigheter tillsammans med kraftverksbranschen i de båda länderna. På det sättet kan vi få en produkt som för ett överkomligt pris ska kunna tas i bruk av alla aktuella användare på marknaden.

Sammantaget ser då finansieringsförslaget ut så här:

Myndigheter i Norge:	1.25 Mkr
Branschen i Norge	1.25 Mkr
Myndigheter i Sverige	1.25 Mkr
<u>Branschen i Sverige</u>	<u>1.25 Mkr</u>
Totalt	5.0 Mkr

I huvudprojektet kommer utvecklingen att göras av ett eller flera företag på uppdrag av kraftindustrin. Det bör efterfrågas att ett av dessa företagen kan stå för försäljning, underhåll och vidareutveckling av programmet. Målet är att försäljningsintäkterna ska täcka utgifterna med försäljning, underhåll och vidareutveckling av simuleringsprogrammet.

Vi ser ett program framför oss som kommer att kosta mellan 20 och 50 tusen kronor i inköp. Det levereras på en CD-skiva och inga övriga installationskostnader skall krävas.

3.2 Upplärning och träning

Som utgångspunkt ska programmet säljas nyckelfärdigt för användning på egen PC eller eget datanät. Med programmet följer en bruksanvisning som gör det möjligt för kunden att själv komma igång med användningen av programmet.

Vid lansering av simuleringsprogrammet ser vi framför oss tillfällen med korta upplärningskurser som kan hjälpa kunden i gång med programmet. Det skall också finnas ett företag där kunden kan köpa hjälp för att ta programmet i aktivt bruk i det egna bolaget, både vid uppstart och vid senare användning av programmet.

Om programmet tas i bruk av de flera kraftproducenter och regleringsföretag, kommer detta i sig skapa en miljö för utbyte av erfarenheter. Det behöver då inte etableras någon omfattande extern funktion som stöttar användarna av programmet.

3.3 Äganderätt

En RIFA-simulator (River Flood and Accident – Simulator) som bekostas av kraftindustrin ägs av denna och den äger rätten till inom projektet utvecklad källkod. Används färdigutvecklad teknik och programvara för simulatören skrivs licensavtal för detta.

VATTENFALL HYDROPOWER AB

RIFA-Simulator

Uppbyggnaden av RIFA-simulator görs av ett eller flera företag som väljs ut efter ett anbudsförfarande. I avtalet om att utveckla simulatören ingår en uppgörelse om underhåll, försäljning och viss vidareutveckling av version 1 av simulatören när den är färdig. Avtalet skrivs på förslagsvis 3 till 5 år. Finansieringen av underhåll och försäljning skall ske med försäljningsintäkterna. Kraftindustrins åtagande att finansiera en del av ett eventuellt underskott i försäljnings- och underhållsarbetet skall vara begränsade och regleras i avtal. Ett sådant åtagande kopplas i så fall till del av vinster i motsvarande mån. Större vidareutvecklingsarbeten avtalas separat.

Uppdragstagaren/na som utvecklat och underhållit RIFA-simulator får rättigheter att använda den inom simulatorprojektet i utvecklade tekniken för andra tillämpningar mot ersättning. Hur detta skall hanteras regleras i grundavtalet.

Vid avtalstidens utgång äger kraftindustrin rätten att ta in anbud från andra aktörer på underhåll för en ny period. Hänsyn måste då tas till eventuella licensavtal för extern programvara som används till simulatören.

3.4 Projektorganisation

Det är inte fastlagt slutgiltig projektorganisation som skall användas vid genomförandet av projektet. Från EnFO:s sida är det emellertid klart med personer som sagt sig villiga att sitta i styrgruppen för projektet. Ansvar på svensk sida ligger lämpligen på ELFORSK:s vattengrupp. Både styrgruppen och projektgruppen kommer att bestå av deltagare från både svensk och norsk sida.

3.5 Tidsplan

Projektet kommer att starta så snart finansieringen är säkrad. Förhoppningsvis kan uppstart ske vid årsskiftet 1998/99 och utvecklingstiden fram till färdig säljbar produkt är satt till 1.5 år.

I förstudien har vi varit i kontakt med flera företag både på svensk och norsk sida som kan vara aktuella för att delta i utvecklingen av programmet. Förstudien kommer att bli användbart som en anbudsunderlag mot aktuella uppdragstagare.

4. Kravspecifikation

4.1 Målet med kravspecifikationen

Denna rapport försöker att förklara, precisera och systematisera de funktionella kraven på ett simuleringsprogram. Rapporten kan innehålla krav och önskemål som inte går att förena, men i projektet har det varit en konflikt mellan önskemål och vad som är realistiskt. För att inte utesluta spännande funktioner har vi försökt att ha höga krav i målen, men det är möjligt att en del av dessa önskemål får vänta till en senare vidareutveckling av programmet.

Kravspecifikationen har inte till uppgift att beskriva simuleringsprogrammet utifrån en bestämd datateknisk synvinkel. Förprojektet har inte knutit detta projekt mot någon konkret datalösning. Projektgruppen hade inte heller kompetens till att utarbeta en full datateknisk kravspecifikation.

4.2 Krav på användarvänlighet

Programmet bör kunna köras under Windows och ska ha hög grad av interaktivitet. Användaren ska kunna förflytta sig i programmet och svara på frågor genom att "klicka" på dialogrutor.

Det ska läggas vikt på att symbolanvändandet på skärmen någorlunda motsvarar symbolanvändandet som annars är inarbetat i branschen, exempelvis skärmbilder som används i driftcentraler.

Programmet skall anpassas så det är användbart på flera språk. I den här omgången skall en norsk och en svensk version tillverkas parallellt. I version 2 är det aktuellt att göra en engelskspråkig version.

Vid utveckling av programmet ska det också tas hänsyn till att norsk och svensk sida har en något olika begrepp som är inarbetat i fackspråket. Ord och begrepp kan därför inte översättas direkt.

Det förutsätts att programmet utvecklas för användning av multimedia. Det ska kunna läggas in ljud, animationer, bilder och videoklipp som illustrationer under simuleringen. Det förutsätts att användaren får tillgång till 2D-presentation för översiktsbilder och möjligen någon 3D-presentation för speciella objekt.

Även om användning av bilder och video kommer att bli begränsat i första utgåvan av programmet, skall kunden ha möjligheter att utvidga urvalet av illustrationer genom att lägga in bilder och videoklipp från den egna anläggningen. Det gör det lättare att identifiera sig med händelserna under simuleringen för de anställda i det egna företaget.

4.3 Skärmbilder

Programmet ska ge användaren tillgång till en mängd översiktsbilder och detaljbilder som kan ge känsla för hur övningsmodellen är uppbyggd. Exempel på skärmbilder kan vara:

VATTENFALL HYDROPOWER AB**RIFA-Simulator**

- Översigtsbild över övningsområdet t.ex. karta med vägar, bebyggelse etc. Detta kan byggas upp som en digital karta där användaren kan välja vilka funktioner (illustrationer) som skall visas. Här kan man också visa öppna och stängda vägar.
- Från översigtskartan skall användaren kunna peka och klicka på de olika objekten så att vi får upp bilder för:
 - Tillrinningsområde
 - Älv
 - älvsträcka
 - förenklad älvsträcka
 - magasin
 - Dammanläggning (inkl. data och regleringsmöjlighet) för
 - rulllucka
 - glidlucka
 - segmentlucka
 - sektionslucka
 - gummilucka
 - överströmningsdamm
 - betongdamm
 - fyllnadsdamm
 - Kraftstation med underbilder (inkl. data och regleringsmöjligheter) för
 - tilloppstunnel
 - tubgata
 - avstängningsventil (kulventil)
 - turbin
 - nedströms sugrörlucka
 - nödströmsaggregat
 - länsypump
 - Bebyggelse och infrastruktur
 - Myndigheter (översikt som visar organisationen av myndighet)
 - länsstyrelse
 - polis
 - räddningstjänst
 - sjukvård
 - kommuner
 - Resursöversikt med underbilder (inkl. data och lokalisering) för
 - Driftpersonal/inhyrd arbetskraft
 - lastbilar
 - mobilkranar
 - grävmaskiner
 - elaggregat
 - pumpar
 - helikopter

4.4 Krav för uppbyggnad

Programmet skall byggas upp av moduler så att det lätt kan utvecklas och ändras efter att första versionen är lanserad. På det sättet skall gå det lätt att utveckla programmet med nya scenarier och lägga in nya element i senare versioner.

En moduluppbyggnad skall också ge kunden möjligheter till att utveckla modeller som anpassas till egna vattendrag och regleringar. Detta skall kunna göras genom att välja standardmoduler som kan knytas samman fritt med möjligheter att ändra parametrarna, namngivning, larmvärden osv. i de olika modulerna. Kunden skall också ha möjlighet att knyta egna bilder och videoklipp till programmet. Kostnader med anpassning av programmet i dessa fall betalas av kunden själv.

För de flesta kunderna skall användning av programmet, utan egen anpassning, vara tillfredsställande.

4.5 Val av modellvattendrag

Det skall byggas upp tre modellvattendrag till användning i programmet. Användaren väljer vilken modell han önskar att träna på vid uppstart av programmet. Förslag på modellvattendrag är:

- Enkel modell som kan vara en första övning i upplärningen. Här läggs bara en modul av varje typ (tillrinningsområde, magasin, lucka, damm, kraftstation osv.) så att användaren får en god inblick i hur programmet fungerar. För en del användare i mindre organisationer bör det här modellvattendraget vara tillfredsställande som träningsobjekt.
- Högfjällsvattendrag. Detta skall avspegla ett typiskt brett (vestlandsk) vattendrag med kort reaktionstid från nederbörd till flödessituation. Modellen byggs upp av flera parallella moduler (flera tillrinningsområden, magasin, kraftstationer osv.) så att användaren får ett komplicerat vattendrag att öva på. Mycket av dynamiken i denna modell avgörs av magasinens storlek och placering, och i mindre grad av älvsträckorna som bara är snabba transportetapper mellan de olika magasinerna.
- Låglandsvattendrag. Detta skall avspegla ett låglandsvattendrag med längre reaktionstid från nederbörd till flöde. Uppdraget här ligger i att åskådliggöra de höga nivåer som kan uppkomma genom att det höga flödet orsakar stora fallförluster längs älven. Nivå och magasinering längs älvsträckan beskrivs översiktligt i en fallprofilsmodul i den första versionen av simulatoren. I en senare version kan dessa beräkningar göras med ett hydrauliskt beräkningsprogram.

4.6 Hydrologiska beräkningar

Programmet skall ha funktioner som ger användaren en god illustration av hur nederbördsintensiteten påverkar avrinningen från de olika tillrinningsområdena i modellvattendraget. Här kan man, till exempel, använda de matematiska funktioner som används för kar-modellen som finns beskrivet i NVE:s rapport 2-83 *Hydrologisk modell för flomberegningar*.

Det skall som alternativ till detta kunna läggas in en eller flera tillrinningshydrografer för tillrinningsområdet. Det är även värdefullt om programmet kan modifiera inflödet slumpmässigt, inom vissa gränser, för att göra scenarierna mer varierande.

Programmet bör även få ett gränssnitt som kan läsa utdata från ett hydrologiskt beräkningsprogram som t. ex. HBV modellen. Detta program körs antingen interaktivt från simulatören eller också används resultaten från separata körningar. Se i den detaljerade kravspecifikationen.

Det är viktigt att användaren kan hämta ut korttidsprognoser för nederbörd och "historiska" data för mätning av nederbörd de sista timmarna eller dagarna så att den som övar ser sambandet mellan nederbörd och avrinning.

Programmet bör också kunna beräkna tillskott av vatten från snösmältning som en funktion av snömagasin och lufttemperatur.

4.7 Hydrauliska beräkningar

Programmet skall innehålla kända hydrauliska formler. Detta gör det möjligt för kunden att, på ett översiktligt sätt, ändra parametrar om modellerna skall ändras. Ett förslag till enkel beskrivning finns den detaljerade kravspecifikationen som nämns i kapitel 1.1.

Programmet bör på ett översiktligt sätt visa hur ett högt flöde påverkar vattenståndet längs en älv och i ett grunt magasin. Det bör även beskriva gångtiden och magasineringen mellan två dammar på en lång och flack älvsträcka. Användaren måste kunna följa hur vattnet stiger för några punkter på älvsträckan och avbördningskurvor kan läggas in som visar sambandet mellan vattenföring och vattenstånd. Programmet kan ge larm när vissa förutbestämda nivåer passeras.

Det bör tas hänsyn till att det är speciellt krävande att beräkna flöden längs långa och grunda älvsträckor och stora flöden genom små magasin. Därför definieras ett gränssnitt så att det vid en senare vidareutveckling går att koppla ett hydrauliskt beräkningsprogram till simulatören. Detta program körs interaktivt från simulatören och beräknar nivå och flöde för varje tidsteg längs de aktuella älvsträckorna. Som indata behövs tappningar och inflöden. Styrning av programmet görs så att det endast beräknar nivå och flödesändringarna under det aktuella tidsintervallet och sedan väntar på körorder för nästa intervall.

I det hydrauliska programmet byggs en modell av älvsträckan upp utifrån geometrisk data och

denna kalibreras mot kända fallprofiler. De användare som vill beräkna nivå och flöde löpande bygger upp, eller anpassar existerande, hydrauliska modeller för sitt vattendrag till programmet.

4.8 Rambetingelser för en simulering

Användaren eller en instruktör skall inför start av en simulering kunna sätta några enkla startbetingelser som påverkar den senare utvecklingen av simuleringen. När simuleringen startat styr användaren av programmet. Parametrarna som väljs vid uppstart kan vara:

- vattenföring och magasinsvattenstånd i de olika modulerna vid start av simuleringen
- val av meteorologiska förhållanden som skall påverka under simuleringen (nederbörd, lufttemperatur)
- uppge årstid (bestämmer snödjup), dag/natt, tidpunkt vid start
- sätta status för luckor, kraftstationer osv vid start
- ta med eller slopa diverse funktioner under simuleringen (inverkar på svårighetsgrad)

Alternativ till val av startparametrar kan vara ett fast "default"-värde för varje objekt vid uppstart.

Tidsskalering

Programmet skall kunna köpas med starkt komprimerad tid, d.v.s. att en flödessituation som normalt tar flera dagar skall kunna övas inom loppet av några timmar. Tidsskalningen skall kunna väljas vid uppstart och ev. kunna korrigeras under tiden.

Som alternativ till en fast tidsskalning skall användaren kunna välja flytande tidsbegrepp där programmet hoppar från händelse till händelse. Detta kan verka mer "drivande" på simuleringen samtidigt som den bromsas när användaren behöver mer tid för att genomföra en operation/manövrering.

Styrda och slumpmässiga händelser

Det byggs upp scenarier som styr simulatoren under en simulering. För att få programmet att uppföra sig olika från en simulering till en annan så ändrar operatörens handlande och slumpen scenariet under simuleringen. Alla objekten får flera felfunktioner som styrs av slumpen (Random-funktion). Några felfunktioner ger användaren direkta svarsmeddelanden medan andra felfunktioner upptäcks vid följdfel.

Felfunktioner kan till exempel vara att nederbörden blir större än uppgivet i prognosen, luckor som inte öppnas, vattenståndsmätning som faller ut osv.

Vid uppstart kommer instruktören att kunna gå in i programmet och ändra grad av sannolikhet för att visst fel uppstår. På grund av detta kan profilen i följande exempel påverkas.

4.9 *Evaluering*

Programmet ska journalföra alla val som operatören gör så att övningen kan evalueras tillsammans med en instruktör i efterhand.

Programmet skall också själv utvärdera övningen genom någon form av poäng till användaren. Detta sker t.ex. när användaren får välja mellan olika svarsalternativ, användarens förmåga att reagera på alarm som initieras av programmet och användarens förmåga till att finna de riktiga lösningarna under övningen.

5. Uppbyggnad av simuleringsprogrammet

5.1 *Moduluppbyggnad*

I simulatören byggs det upp en modell av den älvsträcka som skall simuleras. Där modelleras vattenvägar med regleranordningar och till detta knyts reglering, samband, bebyggelse, samhällen o.s.v.

En modell byggs upp av moduler som beskriver olika funktioner. Med hjälp av modulerna kan många olika modeller byggas upp och i grundversionen byggs tre modellvattendrag upp. Användare kan senare bygga modeller av de egna vattendragen med hjälp av grundmodulerna.

För övning med simulatören används antingen något av modellvattendragen eller också byggs skräddarsydda vattendragsmodeller upp som passar den personal som skall tränas och som stämmer överens med deras arbetssituation och med de vattendrag de arbetar.

I nedanstående tabell ges en översikt över vilka element som är tänkta att ingå i uppbyggnaden av en övningsmodell. Vi har delat upp den i systemnivå med underliggande delsystemnivåer efter vilken funktion de har i modellen.

VATTENFALL HYDROPOWER AB

RIFA-Simulator

Systemnivå	Nederbøds- område	Älv	Dammanläggning	Kraftstation	Bebyggelse och infrastruktur	Myndigheter
Nummer	01	02	03	04	05	06
Delsystem 1	KAR- modellen	Magasin	Segmentlucka	Vattenväg	Byggnad	Kommun
	Tillrinnings- kurva	Älvsträckning	Sektorlucka	Kulventil	Samhälle	Länsstyrelse
			Gummilucka	Turbin	Väg	Polisen
			Glidlucka	Sugrörlucka	Bro	Räddningstjänsten
			Rulllucka	Generator		Hälsövärdsmyndig heten
			Överströmnings- damm	Stationstrans- formator		SMHI
			Betongdamm	Nödström		
			Fyllnadsdamm	Pump		
	01-xx	02-xx	03-xx	04-xx	05-xx	06-xx
Delsystem 2	01-xx-yy		Vattenövervakning- system	Smörjolje- system		
Komponentnivå Nummer	01-xx-yy-zz		Vattenståndsmätning	Oljepump		

Systemnivå	Allmänhet	Resurser (manskap, material)	Samband	Dokument och information	Andra regulanter i älven ¹¹
Nummer	07	08	09	10	
Delsystemnivå 1	Grannar	Montörer	Vägrafik	Företasinformation	Andra kraftföretag
	Pressen	Bud	Telefon	Myndighetsinformation	Regleringsföretag
		Lastbilar	Mobiltelefon	Väderleksrapport	Andra driftcentraler
		Mobilkran	Radio	Tillrinningsprognos	
		Grävmaskin	Internet	Meteorologisk station	
		Elgenerator	Bud	Flödesmätstation	
		Pumpar			
		Helikopter			
Nummer	07-xx	08-xx	09-xx	10-xx	11-xx
Delsystem 2 Nummer					
Komponentnivå Nummer					

5.2 Element som ingår i systemnivå

För att få till den önskade moduluppbyggnaden som är beskriven i kapitel 4.3.1 byggs vattendragsmodellen först upp av moduler på systemnivå. Därefter delas dessa in i mindre moduler efter behov. I de senare kapitlen blir begreppet ”modul” använt både på systemnivå och på lägre nivåer.

5.2.1 Tillrinning

Denna modul skall beskriva tillrinningen till älven. Det kan ske på två sätt.

1. En modell överför nederbörd och snösmältning till avrinning som är tillrinning till nedanför liggande älv eller magasin. För att beskriva tillrinningsområdet kan det läggas in data för area, avrinningskonstanter som ingår i en avrinningsformel och som medelvärde för tillrinningsområdet. Som avrinningsformel kan ”karmodellen” användas vilken

används vid flödesberäkningar. Medelhöjden i tillrinningsområdet inverkar på snötäcke och snösmältningen. Indata som är nödvändiga under en körning är nederbörd och lufttemperatur. Detta är data som ges som indata och de kan eventuellt varieras slumpmässigt. Modellen kan sättas samman med flera tillrinningsområden som ger inflöde för olika platser längs älven.

2. Tillrinningsserier beräknade med ett hydrologiskt beräkningsprogram som t. ex HBV-modellen läses av simulatorn. Dessa kan modifieras (något) genom slumpmässig ökning eller minskning av flödet. Modellen kan sättas samman med flera tillrinningsområden som ger inflöde för olika platser längs älven.

5.2.2 Älv

Älvmodellen står för transporten av vattnet från tillrinningsområdet till dammanläggningen eller kraftstationen. Älvmodellen delas i 3 delsystem.

- Det första är ett "vanligt" magasin. Här räknas på fördröjning i magasinet och med vattennivåer som är lika för hela magasinet. Magasinsnivån påverkas både av vattenföringen som kommer in i magasinet och av tappningen från magasinet.
- Det andra delsystemet är en älv med fallförluster. Här ges nivå vid några platser för några punkter med nivå-flödeskurvor. En ungefärlig magasinering beräknas för sträckan och med den nivåändring vid nedströmsdammen som orsakas av olika in och utflöde. Här förutsätts att regleringsmöjligheterna är små under högflöde och att nivå ges då någorlunda stabila förhållanden hunnit inträda efter en reglering.
- Det tredje delsystemet för att beskriva en älvsträcka är en beskrivning av en brant älvsträcka där magasineringen är så liten och inte spelar någon roll. Här fördröjs flödet med gångtiden på sträckan. Eftersom magasineringen är liten så tar det en kort tid innan flödet är stationärt på sträckan så det är tiden för flödet att nå fram som är viktig.

För att beskriva det andra delsystemet, ett låglandsvattendrag med stora fallförluster vid höga flöden, bra bör en hydraulisk beräkningsmodell köras interaktivt från simulatorn. Denna beräknar då nivåer och flöden längs älven ur tillrinningar och tappningar. Programmet förbereds för att koppla till ett hydrauliskt beräkningsprogram i ett senare utvecklingssteg.

5.2.3 Dammanläggning

Under dammanläggningen finner vi en hel rad komponenter som ingår i en vanlig regleringsanläggning. Det är luckor och dammar av olika typer. Även om dammen och luckorna har olika funktioner kommer båda vara tätt knutna mot uppströms älvsträckning eller magasin och vanligtvis är luckor och dammar sammanbyggda så att det är naturligt att se dem som en enhet på översta systemnivån.

Det läggs in olika typer av luckor såsom segmentlucka, sektorlucka och gummilucka så att det kan göras ett antal felmeddelanden som kan anpassas till varje lucktyp. Användaren av programmet ska kunna reglera alla luckor fritt då programmet inte själv väljer att det uppstår ett fel.

Det läggs in 2 typer av dammar som är typiska efter våra förhållanden. Det är betongdamm, och fyllnadsdamm som var och en anpassas ett eget antal felmeddelanden. Dessa dammar har ingen regleringsfunktion utom vid dammbrott. Felmeddelanden för dammen orsakas av vattenståndet uppströms eller av felhändelser.

Både luckor och dammar får vattenstånd i uppströms älv/magasin som indata. Kapaciteten på luckor och alarm på kritiska nivåer på dammen beräknas mot med vattennivån uppströms. På samma sätt påverkar tappningen vattennivån uppströms.

5.2.4 Kraftstation

En kraftstation i denna simulator har 2 funktioner.

1. Den är ett reglerorgan i vattendraget jämsides luckorna, Det primära är att se på vilken inverkan körning eller stopp har på vattennivåer. Programmet går inte in på djupet i de elektriska eller mekaniska systemens funktion.
2. För det andra är den en del av infrastrukturen i samhället och den kan liksom andra byggnader skadas av de höga vattenståndet och hänsyn måste tas till detta vid regleringen.

Kraftstationen består också av flera delsystem, detta görs för att ge användaren realistiska felmeddelanden och händelser liknande de som kan uppstå i en verklig situation. Delsystem som kan ingå är vattenväg (tryckvakt/turbinrör), kulventil (uppströms), turbin, sugrörslucka, generator och kraftstationstransformator.

5.2.5 Bebyggelse och infrastruktur

På olika ställen längs vattendraget läggs byggnader, institutioner, byar, vägar, broar m.m. in. De kan ge "felmeddelanden" vid högt vattenstånd i en älv eller insjö. Det knyts meddelanden till dessa objekt som aktiveras av antingen vattennivåer/vattenföringar eller som dyker upp tillfälligt. Användaren av programmet måste då ta hänsyn till den infrastruktur som ligger vid vattendraget och sörja för information, prognoser om vattenstånd, meddelanden, evakuering osv. när situationen är kräver detta.

5.2.6 Myndigheter

Kanske det viktigaste och mest synliga under en vattendragshändelse är regulantens förmåga att kommunicera med myndigheter och externa aktörer. Om regleringsanordningarna manövreras felaktigt under en krissituation kan detta ofta ges en rimlig förklaring, men informationen till en myndighet i en krissituation kommer att bli offentlig och kan leda till stor uppståndelse. Detta är grunden till att denna del alltid blir "stressad" vid traditionella övningar.

I vårt program är det en utmaning att få det här delen att fungera då det är svårt att ha intelligenta samtal med en PC, och på detta område ser vi ingen bättre lösning än de traditionella stora övningarna med externa deltagare. Vi har därför valt en något enklare

lösning där användaren med kontrollfrågor eller att man på eget initiativ sänder meddelanden till olika myndigheter. Evalueringsfunktionen i programmet kontrollerar då om meddelanden är skickade eller om riktigt svarsalternativ är valt.

Exempelvis kan användaren få upp ett meddelande från driftcentralen om att ett ålderdomshem riskerar att bli översvämmat på grund av hög nivå i älven. Användaren kan då som alternativ välja mellan att underrätta polisen, kommunen, räddningstjänsten eller att skicka ut ett pressmeddelande. Evalueringsfunktionen premierar då det rätta valet.

I tabellen i kapitel 5.1 är det skissat vilka myndigheter som är aktuella, men situationen blir mer komplex då vattendraget ofta går igenom flera kommuner med olika polisdistrikt. Användaren får då först välja ut vilken kommun eller polismyndighet som skall underrättas.

5.2.7 Allmänhet och press

Den här gruppen kommer i samma kategori som myndigheterna som det är beskrivet i föregående kapitel. Allmänheten och pressen skall primärt komma in som en stressfaktor så som den kommer att göra vid verkliga händelser. Användaren får välja svarsalternativ eftersom mer eller mindre intelligenta frågor dyker upp på skärmen. Här får användaren testas i om han kan svara riktigt och hövligt.

Det här är en funktion i programmet som ska kunna varieras eller "slås av" så det inte verkar förvirrande på nybörjare.

5.2.8 Resurs (manskap, material)

Simuleringen byggs runt två typer av hjälpmedel som användaren skall använda sig av för att styra regleringen i modellvattendraget. Det första är direkt reglering av anläggningen som användaren kan göra via "fjärrstyrningskommandon". Det andra är att det "sänds" ut personal till anläggningar som skall manövreras manuellt.

Användaren av programmet tilldelas ett antal resurser (montörer, bud, lastbilar, grävmaskiner m.m.) som skall disponeras på ett förnuftigt sätt under simuleringen. Användaren skall välja mellan och prioritera resurserna på ett riktigt sätt, och evalueringsfunktionen i programmet ska kunna belöna riktiga prioriteringar.

Exempelvis kan driftpersonal sändas ut om fjärrstyrningen till en station eller lucka är bruten. Tiden de behöver till dammen beror av avståndet. Om programmet finner att vägen är stängd så kommer inte montörerna fram.

Det kan läggas in att resurserna är spridda så att användaren får söka på flera ställen för att leta efter lediga resurser. Resurser och manskap ska också kunna hämtas tillbaka för att skickas till ett objekt med högre prioritet om detta skulle vara nödvändigt. Detta görs om de olika objekten viktas olika, och evalueringsfunktionen ska bedöma användarens val.

5.2.9 Samband

Programmet skall ta hänsyn till om det är olika typer av samband som används hos användarna. Användaren måste därför kunna ”välja” mellan telefon, mobiltelefon, internt samband o.s.v. och även hämta telefonnummer från de inlagda informationssidorna, se 5.2.10 om dokumentation. Vilket samband som är operativt för varje objekt bestäms av ett tillfälligt val ute på varje objekt. Användaren får speciellt se upp med att de olika systemet har begränsad batteri-back-up när strömmen är borta.

Vid olika tidpunkter kan vägförbindelsen till objektet blockeras (översvämmas) så att det inte är möjligt att få fram montörer till luckor och dammar. Tanken är att tillverka en enkel funktion för vägar där objekten har uppgivit avstånd från driftgruppens stationeringsort och om vägen är öppen eller stängd. Om vägen är stängd kan man avgöra genom en enkel funktion som öppnar och stänger vägar fler gånger under övningen.

5.2.10 Dokumentation och information

Det görs en databas med nödvändiga upplysningar om myndigheter, bolag, manövreringsinstruktioner och manövreringsinstruktioner som användaren behöver för att reglera vattendraget. Exempelvis kan programmet hindra reglering av luckor innan manövreringsinstruktionen är läst.

I databasen kan användaren även få tillgång till väderleksprognos, upplysningar från väderstationer, tillrinningsprognoser och andra hjälpfunktioner som kan vara aktuella i en sådan situation.

5.2.11 Andra regulanter i älven

I denna modul beskrivs andra regulanter i älven. Det är andra kraftföretag, driftcentraler och regleringsföretaget. Från dessa kan användaren hämta information och ta emot och sända meddelanden till.

6 Definitioner

Användare	Den som använder programmet
Betongdamm	Damm byggd av betong och ofta utformad som en gravitationsdamm, lamell eller bågdam.
DG	Dämningsgräns = högsta tillåtna vattenstånd.
Dimensionerade flöde	Ett dimensionerat flöde för regleringsanläggningen Bestäms i Sverige enligt Flödeskommitténs riktlinjer.
Driftcentral	Central varifrån ett antal kraftverk styrs
Fyllnadsdamm	Damm byggd av lös massa (stenfyllnadsdamm eller jordfyllnadsdamm)
Klass-1 flöde	”beräknat maximalt flöde” är den högsta möjliga uppträdande flödet Beräknas i Sverige enligt Flödeskommitténs riktlinjer.
Maximal nivå	beräknat maximalt vattenstånd vid klass-1 flöde
Murdam	Damm som huvudsakligen är byggd av murad sten, men ofta med betongförstärkning på vattensidan och på dammkrönet. Detta är en äldre dammtyp.
Regulant	Ett företag som äger/driver en vattenreglering (damm, kraftverk, lucka m.m.) i ett vattendrag
SG	Sänkningsgräns = lägsta tillåtna vattenstånd.
Simulator	system för upplärning och provning som efterliknar verkligheten.
Vattendragsolyckor	olyckor som följer av fel i regleringsutrustningen i vattendrag, eller på grund av yttre påverkan som ras, erosion, flöde eller oväder.
Vattenregleringsföretag	Sammanlutning av alla regulanter i ett vattendrag.

7. Referenslista

NVE rapport 2-83. "Hydrologisk modell for flomberegninger" 1983.

Rapport från Christian Michelsen Research. "Trener for landbasert, taktisk beredskapsopplæring. Detaljert funksjonell spesifikasjon." (CMR-94-A40004) 1994.

OECD HALDEN REACTOR PROJECT . "Development of simulator. Configuration tool" (HRW-464) 1996.

Vattenfall Hydropower. "Förstudie: Interaktiv älvmodell för träning av extrema driftsituationer" (4147-001) 1997.

Svenska Kraftnät. "ARISTO - Advanced Real-time Interactive Simulator for Training and Operation. Product description" 1997.

ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGSGRUPP OCH UTVECKLINGSGRUPP - ELFORSK - AB

Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31

Telefon: 08-677 25 30, Telefax: 08-677 25 35

Internet <http://www.kvf.se/elforsk>