

**MARGINALVÄRDES
BESTÄMNING**

**Bestämning av
marginalvärden för
körning och
kraftutbyten**

**Rapport utarbetad på uppdrag av
samkörningsnämndens
kraftutbyteskommitté**

April 1971

SAMMANFATTNING

En arbetsgrupp som tillsattes av SKNK fick i uppdrag att studera problemen förknippade med marginalvärdesbestämning.

Arbetet lades upp som en förutsättningslös analys av problemet att utifrån kraftföretagens målsättningsstruktur och data om kraftsystemet beräkna vattenvärdeskurvor samt bestämma marginalvärden för samkörningen.

Föreliggande PM är uppdelat i tre kapitel.

- A. Ett allmänt kapitel om vattenvärdesberäkningen i nuvarande kraftbalansmodeller, vattenvärdets innebörd samt bestämning av marginalvärde utifrån vattenvärdet.
- B. Ett kapitel där Vattenfalls program för långtidsbalanser jämföres med kraftbalansprogrammet KR 63.
- C. Ett kapitel om prisbildning, bestämning av marginalvärde med utgångspunkt från de båda modellerna samt något om orsakerna till avsteg ifrån de beräknade marginalvärdena.

Här följer en kort sammanfattning av nämnda kapitel.

A. Allmänt

Utnyttjade kraftbalansmodeller

I dag användes i huvudsak två olika kraftbalansmodeller inom landet. Den ena, KR 63, användes av de flesta privata kraftföretagen för bestämning av vattenvärden och marginalvärden för samkörningen. Den andra är Vattenfalls enanläggningsmodell vilken användes enbart av Vattenfall i samma syfte.

Båda dessa modeller använder värdet på bortransonerad energi för att (inom vissa möjliga gränser) styra leveranssäkerheten. Vidare eftersträvar båda modellerna körning på i möjligaste mån konstant vattenvärde under året för att därigenom kunna nå bästa driftekonomi.

Värdet av de planer som beräknas med dessa kraftbalansmodeller beror på

- a) hur väl optimeringsfilosofin stämmer med företagets målsättning
- b) hur väl modellen lyckats representera kraftsystemet
- c) hur goda prognoser man lyckas åstadkomma.

Vid tolkningen och användningen av resultaten från dessa kraftbalansberäkningar är det viktigt att känna till

- a) hur företagets målsättning tolkas i den operativa verksamheten jämfört med hur den beaktas i optimeringsfilosofin
- b) kraftsystemets verkliga konfiguration jämfört med representationen i kraftbalansmodellen
- c) kvaliteten på prognoserna jämfört med den förbättrade information man har vid beslutsfattandet.

Vattenvärde och marginalvärde

Vattenvärdet är det marginella värde vartill vattenkraftproduktionen skall värderas i jämförelse med i systemet alternativa produktionsmöjligheter i syfte att uppnå bästa förväntade ekonomiska resultat. Vattenvärdet har bestämts med utgångspunkt från värdet på spillkraft, till vattenkraften alternativa produktionsmöjligheter samt värdet på bortransonerad energi.

Ett kraftsystems vattenvärde avspeglar direkt kraftsituationen. Vid varje kraftsituation finns en viss risk för såväl kraftbalansspill som kraftbrist. Vid mycket låga vattenvärden är den förra helt dominerande och vid mycket höga värden den senare. Hela tiden avspeglar vattenvärdet kraftsystemets marginella produktionskostnad vid fri körning i vattenkraft.

Kraftsystemets marginalvärde, utifrån vilket tillfälliga kraftutbyten göres upp, baseras direkt på vattenvärdet efter hänsynstagande till om vattenkraftkörningen är full eller ej, effektbalanser m.m. Oberoende av hur stort marginalvärdet är bör ett företag alltid delta i kraftutbyten som leder till en utjämning av marginalvärdena inom den samkörande gruppen. Detta i två syften. Dels kan på detta sätt de samlade produktionsresurserna utnyttjas ekonomiskt optimalt, dels utjämnas den momentana risken för kraftbrist eller kraftbalansspill hos de samkörande företagen.

B. Jämförelse mellan de båda programmen

Inget försök görs här att kvalitetsmässigt värdera de båda programmen i förhållande till varandra. Man skall hålla i minnet att de båda programmen är anpassade till sina resp. system och således innehåller olika approximationer på viss nivå.

Vid jämförelse mellan programmen konstateras att de uppvisar olikheter på såväl väsentliga som mindre väsentliga punkter. Det torde härav kunna fastslås att bestämningen av vattenvärde och marginalvärde ej sker på likartat sätt. I en gemensam uppställning jämföres de båda programmen punkt för punkt och utpekas de olikheter som framkommit.

Att draga några generella slutsatser är omöjligt emedan programmen skall användas på så olika typer av kraftsystem. Det är vidare omöjligt att utan omfattande beräkningar bestämma det kvantitativa värdet av olika faktorer. Från fall till fall torde emellertid den detaljerade redovisningen av de båda programmen och deras olikheter vara av visst intresse.

C. Bestämning av marginalvärde

Målsättning vid samkörning

Målsättningen för samkörningen kan anses vara att genom kraftutbyten dels utnyttja det totala produktionssystemet på ett ekonomiskt optimalt sätt samt dels fördela riskerna mellan kraftföretagen vad avser spill och kraftbrist.

Motiven för att etablera en samkörning samt målsättningen för denna samkörning härrör från de ingående företagen och får ses som en produkt av dessa företags målsättningar. För företagen gäller att under vissa restriktioner maximera vinsten.

Genom att alltid sträva mot ett för företagen gemensamt marginalvärde eftersträvar man att uppfylla samkörningens målsättning. De optimala kvantiteterna tillfällig kraft i en samkörning bestäms av de aktuella marginalvärdena och dessas beroende av utbytta kraftbelopp. Vilken vinstfördelningsmetod som användes är egalt för systemet i sin helhet dock ej för de inblandade företagen.

De väsentliga kraven på en vinstfördelningsmetod är att den ej verkar hindrande på att samkörningens målsättning skall kunna uppnås och att en rättvis vinstfördelning mellan företagen uppnås.

Det förtjänar påpekas att, då kraftsystemet innehåller reglerbar vattenkraft vilket här är fallet, utgör de beräknade vattenvärdeskurvorna de på basis av tillgänglig information sannolikt bästa styrkurvorna. De ger i långa loppet den mest ekonomiska driften. De marginalvärden som bestäms och kraftutbyten som sker är på samma sätt de på basis av tillgänglig information sannolikt bästa utbytena som i långa loppet ger bästa möjliga vinst. Kraftutbyten som kommer till stånd kan dock på längre sikt visa sig vara direkt förlustbringande för endera företaget och totalekonomiskt sett.

Marginalvärdets roll vid bristsituation

I en bristsituation avspeglar marginalvärdet risken för att kraftbrist uppstår och utgör här ett beslutsunderlag för eventuella beslut om åtgärder. Eftersom lastreduktion måste planeras och styras måste den sättas in redan i ett skede då sannolikheten för att den kommer att vara behövlig är väsentligt mindre än 100 %. (Kraftbalansmodellerna ransonerar under ideala förhållanden först när det är med 100 % nödvändigt och med den effekt som är erforderlig.)

Under tiden lastreduktion pågår är det dyraste ianspråktaga skiktet ransonerings-skiktet. Detta är emellertid fritt reglerbart endast på lång sikt. På kort sikt kan detta betraktas som en fast tillgång och kraftsystemets fysikaliska momentana marginalvärde bestäms på vanligt sätt. Vattenvärdet avspeglar då fortfarande risken för ransonerung vid ohämmad last och kan nu tjäna som indikator på effekten av den vidtagna lastreduktionen och ev. tjäna som beslutsunderlag vid ställningstagande till avblåsning av åtgärderna.

Under pågående lastreduktion torde normalt speciella direktiv gälla för kraftsystemens drift och samkörning och marginalvärdena saknar relevans som styrparametrar härför.

Bestämning av marginalvärde med utgångspunkt från de båda modellerna

I två avsnitt redogöres för marginalvärdesbestämningen dels med utgångspunkt från Vattenfalls modell dels från KR 63. Dessa kommenteras ej i denna sammanfattning.

Deklarerat marginalvärde kontra beräknat d:o

Med beräknat marginalvärde avses det marginalvärde som strikt grundar sig på aktuella fakta om kraftsystemet samt från ansvarigt håll tidigare beslutad avvägning mellan säkerhet och ekonomi. Med deklarerat marginalvärde avses det marginalvärde som man är beredd att basera kraftutbyten på.

Varje avvikelse mellan beräknat och deklarerat marginalvärde utgör ett hinder för optimal samkörning sett utifrån totalsystemets synvinkel.

Som tidigare framgått är de deltagande företagens målsättningar grundläggande och de angivna syftena med samkörningen mer att betrakta som resultat av dessa målsättningar. Det är därför helt naturligt att det praktiska handlandet (som primärt styrs av företagsmålsättningarna) i samkörningssammanhang ofta råkar i konflikt med samkörningens syften från totalsystemets synpunkt sett.

Ur företagens målsättningskomplex, där de företagsekonomiska aspekterna väger mycket tungt, härleds företagets taktik. De beräknade marginalvärdena är här saklig information om kraftsystemet. Om det härvid framkommer att en samkörning baserad på de beräknade marginalvärdena ej i nöjaktig omfattning tillfredsställer företagsmålsättningarna deklarerar ett annat marginalvärde. På detta marginalvärde är man beredd att basera kraftutbyten vilka man anser är i linje med den aktuella taktiken.

Följderna av manipulation med det beräknade marginalvärdet

Det beräknade marginalvärdet baserar sig som tidigare framhållits på all relevant information om kraftsystemet, alltså även sådan som ej kunnat beaktas i vattenvärdesberäkningen (Se A.4.1).

Varje manipulation med det beräknade marginalvärdet i syfte att tillfredsställa de företagsekonomiska intressena leder till att samkörningen ej fungerar på rätt sätt totalekonomiskt sett.

Det bör starkt understrykas att sådan manipulation av det beräknade marginalvärdet (enl. ovanstående definition) endast tillfälligtvis kan resultera i vinst för företaget. Körning av kraftsystemet och kraftutbyten med andra system baserade på det beräknade marginalvärdet leder sannolikhetsmässigt till det bästa ekonomiska utfallet (Se A.4.3).

När manipulationer av beräknade marginalvärdet förekommer är samkörningsavtalet ej mer än ett avtal om att man är beredd att göra kraftaffärer. Vidare gör man då sken av att fördela vinsten efter en given regel vilken emellertid är satt ur spel emedan förutsättningarna för dess tillämpning ej är uppfyllda.

Rent generellt gäller att samkörningen försvåras av

- 1) Spekulation i kortsiktig vinst.
- 2) Misstankar om motpartens marginalvärde.
- 3) Spekulation i prisutvecklingen på sikt.
- 4) Önskemål om att köra säkrare än vad beräkningarna visar.

Vid mycket höga marginalvärden har man att räkna med en väsentligt skärpt konfliktsituation mellan ett företags ekonomimål och säkerhetsmål. Här bör en samkörning i första hand leda till en utjämning av bristriskerna mellan företagen. Om så ej sker innebär detta att, i de fall lastreducerande åtgärder måste vidtagas i totalsystemet, det kan uppstå svårigheter att under kort tid hos överskotts företagen producera och hos bristföretagen taga hand om utbyten som då bör komma till stånd. I de fall situationen ej leder till lastreducering har överskotts företagen fått stå för energireserven åt bristföretagen.

Vid höga marginalvärden kan även följande orsaker försvåra samkörningen.

- 5) Ovilja att sälja från en redan svag balans.
- 6) Räntabiliteten i fara om beräknade priser tillämpas.
- 7) Ovilja att via priset deklarerera sin bristsituation.
- 8) Marginalvärdet hålles nere emedan en höjning skulle fördyra redan pågående utbyten.

Stockholm den 26.3.1971

Lars Wiklund (sammank.)

Sven Hansson

Göran Lindström

Lennart Modén

Per Persson

BESTÄMNING AV MARGINALVÄRDEN FÖR KÖRNING OCH KRAFTUTBYTEN

Innehållsförteckning

- A. ALLMÄNT
- A.1 Bakgrund till rapporten
 - 1.1 Allmänt
 - 1.2 Utgångspunkter för gruppens arbete
- A.2 Operativa verksamhetens behov av information
 - 2.1 Företagets målsättning
 - 2.2 Fakta om kraftsystemet
- A.3 Vattenvärdesberäkning och vattenvärdets innebörd i idag använda kraftbalansmodeller
 - 3.1 Använda modeller
 - 3.2 Vattenvärdesberäkningen
 - 3.3 Vattenvärdets innebörd
 - 3.3.1 Låga vattenvärden
 - 3.3.2 Normala vattenvärden
 - 3.3.3 Höga vattenvärden
- A.4 Bestämning av marginalvärdet med utgångspunkt från vattenvärdet
 - 4.1 Förutsättningar
 - 4.2 Vikten av god information (inkl. målsättningen) och kännedom om kraftbalansmodellen
 - 4.3 Marginalvärdet som indikering på situationen och som styrparameter för driften och samkörningen
 - 4.3.1 Inom marginalvärdesintervallet noll - billigaste värmekraftproduktion
 - 4.3.2 Inom marginalvärdesintervallet billigaste - dyraste värmekraftproduktion
 - 4.3.3 Inom marginalvärdesintervallet dyraste värmekraftproduktion - ransoneringspris
 - 4.3.4 Slutsatser
 - 4.4 Marginalvärde för kraftutbyte
- A.5 Tidshorisonten för beslut om kraftutbyten
 - Flerstegs beslutsprocess
 - 5.1 Långsiktiga utbyten
 - 5.2 Kortsiktiga utbyten
 - 5.3 Momentana utbyten

B. JÄMFÖRELSE MELLAN DE BÅDA MODELLERNA

B.1 Allmänt om de båda modellerna

B.2 Tidigare jämförelse. (Rapport av den 30.3.67.)

- 2.1 Representation
- 2.2 Strategiberäkningen (Vattenvärden)
- 2.3 Leveranssäkerhet
- 2.4 Marginalvärden

B.3 Jämförelse av väsentliga faktorer

- 3.1 Tidsindelning
- 3.2 Belastning
- 3.3 Vattenkraft
- 3.4 Kompletteringskraft
- 3.5 Leveranssäkerhet
- 3.6 Preparering av data för optimeringen
- 3.7 Optimering
- 3.8 Simulering

C. RESULTATENS ANVÄNDNING VID SAMKÖRNING

C.1 Allmänt om prisbildning vid samkörning

- 1.1 Förutsättningar för samkörning
- 1.2 Målsättning för samkörningen
- 1.3 Optimalt utbytesbelopp. Vinstfördelning
 - 1.3.1 Allmänt
 - 1.3.2 Utbytesbelopp
 - 1.3.3 Vinstfördelning
 - 1.3.4 Att byta kraft är en flerstegsprocess
 - 1.3.5 Begränsningar i prissättningen
 - 1.3.6 Marginalvärdet vid bristsituation

C.2 Bestämning av marginalvärdet med utgångspunkt från Vattenfalls modell

- 2.1 Sammanfattning
- 2.2 Beräkning av vattenvärdeskurvor
- 2.3 Kontroll av vattenvärdesberäkningens förutsättningar
 - 2.3.1 Optimeringsfilosofi
 - 2.3.2 Representation
 - 2.3.3 Prognoser
- 2.4 Bestämning av aktuell strategi
- 2.5 Detaljplanering
 - 2.5.1 Olika planeringssteg

- 2.5.2 Vattenkraftens gränsproduktionskostnad
- 2.5.3 Bestämning av beräknat marginalvärde
- 2.5.4 Beräknat marginalvärde vid olika utbytespunkter

C.3 Bestämning av marginalvärde med utgångspunkt från KR63

- 3.1 Sammanfattning
- 3.2 Beräkning av vattenvärdeskurvor
- 3.3 Kontroll av vattenvärdesberäkningens förutsättningar
 - 3.3.1 Optimeringsfilosofi
 - 3.3.2 Representation
 - 3.3.3 Prognoser
- 3.4 Bestämning av aktuell strategi
- 3.5 Detaljplanering
 - 3.5.1 Olika planeringssteg
 - 3.5.2 Vattenkraftens gränsproduktionskostnad
 - 3.5.3 Bestämning av beräknat marginalvärde
 - 3.5.4 Beräknat marginalvärde vid olika utbytespunkter

C.4 Deklarerat marginalvärde kontra beräknat d:o

- 4.1 Förutsättningar för att kunna uppfylla samkörningens syften
- 4.2 De företagsekonomiska målsättningarnas betydelse
- 4.3 Följderna av manipulation med det beräknade marginalvärdet
 - 4.3.1 Vid låga och normala marginalvärden
 - 4.3.2 Vid höga marginalvärden

VATTENVÄRDESBERÄKNINGEN I DE BÅDA PROGRAMMEN
(APPENDIX 1 o. 2)

1. Representation av kraftsystemet

- 1.1 Tidsindelning
- 1.2 Belastning
- 1.3 Vattenkraft
- 1.4 Kompletteringskraft
- 1.5 Leveranssäkerhetsparametrar

2. Datapreparering

3. Optimeringen

- 3.1 Givet
- 3.2 Sökt
- 3.3 Beräkningsprincip
- 3.4 Rutin för bestämning av vattenvärdet vid visst magasin
- 3.5 Balansen en vecka

4. Simulering

A. ALLMÄNT

A.1 Bakgrund till rapporten

A.1.1 Allmänt

En arbetsgrupp har tillsatts av SKNK för att studera orsakerna till varför kraftföretagen tidvis har problem med att bestämma sina marginalvärden vilket kan vara en orsak till att samkörningen inom landet inte fungerar som den borde göra.

SKNK gav gruppen det konkreta uppdraget att studera optimeringsmetoderna i de båda mest använda datamaskinsprogrammen KR63 och SV-programmet vilka används vid bestämning av marginalvärdena.

Vid en förutsättningslös granskning av problemet att bestämma marginalvärdet framgår dock att själva optimeringsmetoderna som sådana endast är integrerade delar i ett större system, ett informations- och beslutssystem. Gruppen föreslog att få driva arbetet som en analys av detta system vilket bifölls av SKNK.

I fig. 1 visas hur olika faktorer samverkar i ett system medelst vilket beslut fattas angående driften av ett kraftsystem.

A.1.2 Utgångspunkter för gruppens arbete

1. Målsättningen med samkörningen mellan SKN-företagen är bl.a. att genom köp och försäljning av tillfällig kraft dels minska de totala driftkostnaderna dels fördela riskerna för kraftbalansspill och kraftbrist. För att detta skall fungera måste varje företags marginalvärde kunna bestämmas med tillfredsställande noggrannhet.
2. Vattenfall har en egen kraftbalansmodell och de övriga företagen använder huvudsakligen KR63. I en rapport av den 30 mars 1967 redovisas en jämförelse mellan dessa båda program vilken 1966 initierades av SKNA och SKNK. Denna rapport kommer att utgöra en utgångspunkt för den nu aktuella rapporten.
3. Ur samkörningssynpunkt är det av vital betydelse att det marginalvärde ett företag beslutar sig för att deklarerat (8 i fig. 1) verkligen är det värde som vid rådande förhållanden leder till att målsättningen på bästa sätt uppfylles. Som grund för detta beslut ligger i första hand en beräknad plan som bl.a. ger besked om marginalvärdet (7 i fig. 1).

Värdet av denna plan som underlag för beslut beror på

- a) hur väl optimeringsfilosofin stämmer med företagets målsättning (1 i fig. 1)
- b) hur väl modellen lyckas representera kraftsystemet (3 i fig. 1)
- c) hur goda prognoser man kan åstadkomma (5 i fig. 1).

Tolkningen av planen inför beslutsfattandet måste göras mot bakgrund av

- a) hur företagets målsättning beaktas i den praktiska verksamheten jämfört med hur den beaktas i optimeringsmodellen (2 kontra 1 i fig. 1)
- b) hur kraftsystemet i verkligheten ser ut jämfört med hur det har representerats i modellen (4 kontra 3 i fig. 1). Det är väsentligt att arbeta med relevant information på samma nivå, alltså varken för dålig information eller för problemet onödigt information skall lämnas.
- c) hur mycket bättre information man har vid tidpunkten för beslutsfattandet än vad man hade vid uppgörandet av prognoserna vid planeringen (6 kontra 5 i fig. 1).

För att planen skall vara ett så bra beslutsunderlag som möjligt bör 1 och 2, 3 och 4 samt 5 och 6 i fig. 1 överensstämma så bra som möjligt.

4. Företagens totala målsättning är en nyckelfråga i detta sammanhang. Målsättningen skall bl.a. inrymma de minimikrav som uppställs av SKN, SKNA och SKNK.
5. Svårigheterna för Kraftföretagen att bestämma marginalvärdet orsakas av att man från planeringen får alltför bristfälligt beslutsunderlag (7 i fig. 1) eller att man saknar regler för att rätt tolka detta resultat. För att utreda i vad mån 7 i fig. 1 är ett bra beslutsunderlag för 8 bör alla bakomliggande faktorer penetreras.

A.2 Operativa verksamhetens behov av information

Informationen kan uppdelas i huvudsakligen 2 typer nämligen s.k. direktiv information som utgöres av företagets målsättning vilken tjäna som riktlinjer för verksamheten samt operativ information vilken utgöres av fakta om kraftsystemet även inkluderande planer. (Se fig. 1.)

A.2.1 Företagets målsättning

Denna omfattar normalt delmålen

1. Att tillgodose abonnenternas efterfrågan på kraft.
2. Att uppnå bästa ekonomiska resultat under överblickbar period.
3. Att verka för uppfyllande av samkörningens målsättning.

Målsättningens två huvudpunkter leveranssäkerhet och ekonomi står i ett motsatsförhållande till varandra. Denna konfliktsituation har olika betydelse under olika situationer. Den är mycket påtaglig under bristsituationer, den är liten vid normala kraftsituationer och praktiskt taget försumbar vid god krafttillgång.

Allmänt gäller att säkerhetskravet har prioritet framför ekonomikravet.

Den tredje punkten, samkörning, kan komma i motsatsförhållande till de båda övriga. I en bristsituation kan t.ex. samkörning hämmas av punkt 1 (inget företag vill försämma sin leveranssäkerhet när ingen garanti finns för ev. nödvändigt återköp till normala priser). Motsatsförhållandet mellan 2 och 3 kan bestå i företagsekonomiska spekulationer beträffande kommande prisutvecklingar.

A.2.2 Fakta om kraftsystemet

1. Kraftsystemets aktuella konfiguration.
2. Aktuella parametrar och färska prognoser.
3. Operativ plan.
Kraftbalansstudier på den för verksamheten närmast aktuella perioden, (operativ planering) innebär i regel dels bestämning av en strategi för systemets handhavande (vattenvärden) dels en detaljstudie av hur systemet skulle hanteras om denna strategi tillämpades under vissa betingelser t.ex. olika vattenår (simulering).

Ju bättre kunskap man har om systemet, dess karakteristikor och funktion från nu och framåt desto bättre ekonomiskt resultat kan uppnås inom given säkerhetsram. Man kan gå närmare systemets begränsningar om man har dem väl kartlagda.

God kunskap om systemet erhålles bl.a. genom kraftbalansstudier. Genom systemets ständiga utveckling kan tidigare vunnen praktisk erfarenhet ej direkt utgöra grund för handhavandet av det aktuella systemet.

A.3 Vattenvärdesberäkning och vattenvärdets innebörd i idag använda kraftbalansmodeller

A.3.1 Använda modeller

I dag användes i huvudsak 2 st olika kraftbalansmodeller inom landet. Den ena, KR63-2B, användes av de allra flesta privata kraftföretagen för bestämning av strategi för samkörningssammanhang. Den andra är Vattenfalls en- anläggningsmodell vilken f.n. användes enbart av Vattenfall i samma syfte.

Båda dessa modeller använder värdet på bortransonerad energi för att (inom vissa möjliga gränser) styra leveranssäkerheten. Vidare eftersträvar båda modellerna körning på i möjligaste mån konstant vattenvärde under året för att därigenom kunna nå bästa driftekonomi.

A.3.2 Vattenvärdesberäkningen

Marginalvärdet baseras till stor del på ett beräknat s.k. vattenvärde. Vattenvärdet bestäms som funktion av tiden och magasininnehållet under i princip ett à två år framåt. För givna data på systemet såsom lastprognoser, tillgänglighetsprognoser, tillrinningsprognoser m.m. beräknas detta vattenvärde som har innebörden gränsvärde på i vattenmagasinen lagrad vattenkraftenergi. Vattenvärdeskurvorna är de styrkurvor som bestämmer strategin för kraftsystemets drift och de måste vara beräknade på så sätt att målsättningen för kraftsystemets drift uppfylles då de användes som styrkurvor. Nu använda kraftbalansmodeller tar sikte på följande målsättning för driften av kraftsystem.

Oberoende av hur förhistorien har varit gäller för kommande period att totala produktionen skall ske på sådant sätt att inom ramen för föreskriven leveranssäkerhet, som definieras via ransoneringskostnaden, summan av under perioden erlagda kostnader och under perioden minskat lagervärde skall vara så liten som möjligt. Eftersom detta utfall i stor utsträckning påverkas av parametrar vars värden under perioden man ej i förväg känner, måste vissa antaganden göras vid bestämningen av den körning som förväntas uppfylla ovanstående målsättning. De osäkra parametrarna är i huvudsak belastningsprognosen, produktionsapparatens tillgänglighet samt kommande tillrinning. De två första faktorerna belastning och tillgänglighet beskrives genom prognoserade värden.

Tillrinningen för den kommande perioden representeras av ett statistiskt urval om 30 st värden uppmätta för den aktuella tidsperioden under 30 gångna år. En beräkning av körningen under den aktuella perioden göres med de gjorda prognoserna samt med vart och ett av de 30 statistiska tillrinningsvärdena. Från ett givet magasinläge bestäms för varje tillrinningsvärde den körning som uppfyller den nämnda ekonomiska målsättningen. Detta innebär konkret att under perioden konstant värde på dyraste producerade MWh skall eftersträvas. 30 st sådana värden bestäms och vart och ett av dessa tilldelas det sannolikhetstal som motsvarande tillrinning värderas till eller i detta fall $1/30$. Genom hopvägning av alla dessa värden och sannolikhetstal erhålles det vattenvärde som utgör värdet av lagrad vattenkraftenergi vid periodens början och vid givet magasinläge. Strategin är nu den att värmekraft skall under perioden tillsättas upp till detta värde. Härigenom blir, oberoende av hur förhistorien varit och mot bakgrund av gällande prognoser på belastning och tillgänglighet, det förväntade ekonomiska utfallet det bästa möjliga. I händelse av kraftbrist värderas bortransonerad energi med en rörlig kostnad uttryckt i kr/MWh bortransonerad energi vilken påföres som en kostnad. Normalt anses all ransonerings ske efter en och samma kostnad.

I vattenvärdesberäkningen indelas året i ett antal perioder och vattenvärdet beräknas i periodskarvarna. Det vattenvärde som avläses vid början av en period har bestämts under förutsättningen att vilket som helst av de 30 tillrinningsvärdena kan inträffa och att under perioden därefter återigen vilket som helst av denna periods värden kan inträffa o.s.v. framåt i tiden.

A.3.3. Vattenvärdets innebörd

Vattenvärdet uttrycker som funktion av tiden och magasinläget det lagrade vattnets gränsvärde i kr/MWh. Värdet kan variera mellan 0 och ransoneringspriset. Värdet på lagrad vattenkraftenergi har bestämts med utgångspunkt från värdet på spillkraft, värdet av till vattenkraften alternativa produktionsmöjligheter samt värdet av bortransonerad primalastenergi.

Vattenvärdet är det värde vartill vattenkraftproduktionen skall värderas i jämförelse med i systemet alternativa produktionsmöjligheter i syfte att uppnå bästa förväntade ekonomiska resultat. I detta värde har hänsyn tagits till riskerna för kraftbalansspill samt kraftbrist. I nuvarande modeller utnyttjas f.n. normalt ej möjligheten att ur förhistorien draga slutsatser angående kommande tillrinningsutveckling.

För att täcka den prognoserade belastningen med given produktionsapparat (inklusive prognoserad tillgänglighet) skall, då inga speciella utsagor kan göras angående kommande tillrinningsutveckling, värmekraft köras upp till en produktionskostnad lika med vattenvärdet varefter resten av belastningen täckes av vattenkraft. Genom att köra systemet på detta sätt uppnås det förväntade bästa ekonomiska resultatet. Enligt vattenvärdesberäkningens målsättning blir resultatet en körning på i möjligaste mån konstant vattenvärde.

Vattenvärdet kan anses ligga inom något av tre intervall.

A.3.3.1 Låga vattenvärden begränsas av noll och priset på billigaste värmekraftproduktion. Ur energibalanssynpunkt fritt reglerbar värmekraft är här nedreglerad till noll och priset på lagrad vattenkraftenergi avspeglar en större eller mindre risk för kraftbalansspill. Inom detta intervall är värmekraftproduktionen och därmed den reellt mätbara rörliga produktionskostnaden bestämd genom gränslägeskörningen. Variationer i vattenvärdet avspeglar variationer i risken för kraftbalansspill. Före spillskiktet kan ett antal sekundärliveransskikt förekomma.

A.3.3.2 Normala vattenvärden begränsas av kostnaderna för billigaste resp. dyraste värmekraftproduktion. Inom detta intervall är värmekraftproduktionen ur energibalanssynpunkt fritt reglerbar och därmed den reellt mätbara rörliga produktionskostnaden fritt varierbar. Bästa ekonomiska resultat under en längre period uppnås om man kan hålla gränsproduktionskostnaden konstant samtidigt som vattenkraften utnyttjas optimalt med hänsyn till riskerna för spill resp. brist. Om hela tiden all värmekraft med produktionskostnad lägre än vattenvärdet tillsättes och alla möjligheter till försäljning till kostnader över samt inköp under vattenvärdet utnyttjas är sannolikheten störst för att denna målsättning skall uppnås.

A.3.3.3 Höga vattenvärden begränsas av kostnaden för dyraste värmekraftproduktion och ransoneringspriset. Ur energibalanssynpunkt fritt reglerbar värmekraft är här uppreglerad till max och priset på lagrad vattenkraftenergi avspeglar en större eller mindre risk för kraftransonering. Inom detta intervall är värmekraftproduktionen och därmed den reellt mätbara rörliga produktionskostnaden bestämd genom gränslägeskörningen. Till denna produktionskostnad kommer en potentiell kostnad, ransoneringskostnaden, som med viss sannolikhet kan bli en verklig kostnad för systemet. Sannolikheten för att denna ransoneringskostnad tillkommer står i viss relation till vattenvärdet inom detta intervall. Variationer i vattenvärdet avspeglar här att sannolikheten för ransonering varierar.

A.4 Bestämning av marginalvärdet med utgångspunkt från vattenvärdet

A.4.1 Förutsättningar

Vid användandet av vattenvärdet i ovanstående syfte är det väsentligt att

- A. Veta innebörden av och förutsättningarna för det framräknade vattenvärdet.
- B. Kontrollera denna innebörd mot målsättning med och förutsättningar för den aktuella driften.
- C. Studera vattenvärdenas tillämpning under vissa betingelser (simulering).
- D. Ur all ovanstående information bestämma ett marginalvärde för närmaste tiden.

A innebär att optimeringsfilosofin i vattenvärdesberäkningen skall vara känd. Vidare skall man känna till hur kraftbalansmodellen representerar det aktuella kraftsystemet samt vilka data som använts på olika parametrar.

B innebär att optimeringsfilosofin jämföres med den aktuella målsättningen för kraftsystemets drift, kraftbalansmodellens bild av systemet jämföres med systemet samt kraftbalansens data på i första hand belastning, tillgänglighet och tillrinning jämföres med de för ögonblicket mest sannolika data.

C För att förse beslutsproblemet med ytterligare beslutsunderlag göres normalt efter varje vattenvärdesberäkning en simulering av kraftsystemets drift då de beräknade vattenvärdena strikt tillämpas samt vissa speciella förutsättningar råder. I regel innebär dessa att ifrån det aktuella magasinsläget köra kraftsystemet under en viss period och med kontinuerlig magasinsutveckling för vart och ett av de 30 vattenår som användes vid vattenvärdesberäkningen. De vid denna beräkning använda prognoserna på belastning och tillgänglighet användes även. Under dessa speciella förutsättningar kan alltså konsekvenserna av att följa den beräknade strategin studeras.

D innebär att utgående ifrån det beräknade vattenvärdet, simuleringen och den förskaste informationen angående data bestämma ett aktuellt marginalvärde. Då man vid detta beslutsproblem insamlat alla dessa fakta (A, B och C ovan) bedöms i huvudsak följande:

1. Huruvida man med tillfredsställande sannolikhet kan upprätthålla målsättningens leveranssäkerhet genom att följa den framräknade strategin.
2. Huruvida det kan anses sannolikt att den framräknade strategin kan innebära en strävan efter att minimera de totala driftkostnaderna.
3. Huruvida flexibiliteten hos produktionsapparaten (trögheten mot förändringar) kan begränsa möjligheterna att utifrån aktuell fysikalisk körning lägga om denna i enlighet med den beräknade strategin och detta inom till buds stående tid.

Om i detta sammanhang kan styrkas att målsättningen ej uppfylles på rätt sätt med den beräknade strategin (antingen detta beror på optimeringsfilosofin eller på möjligheterna att rätt representera kraftsystemet och dess data) erhålles marginalvärdet med utgångspunkt från vattenvärdet varvid korrekationer görs i sådan riktning att man sannolikt får en bättre måluppfyllelse. På samma sätt kan vissa korrekationer vara nödvändiga p.g.a. systemets bristande flexibilitet.

Ovanstående förutsätter fri körning av vattenkraften. Om så ej skulle vara fallet saknar vattenvärdet relevans och marginalvärdet bestäms direkt av gränskostnaden för de åtgärder som måste tillgripas på grund av tvångssituationen.

Efter kartläggning av den aktuella situationen har strategin för företaget som isolerat system i princip fastlagts. Utifrån denna strategi bestäms förutsättningarna för kraftutbyten med samkörande företag.

A.4.2 Vikten av god information (inkl. målsättningen) och kännedom om kraftbalansmodellen

Förutsättningarna inför bestämningen av marginalvärdet kan vara högst varierande.

1. Den aktuella målsättningen rörande driften av kraftsystemet präglas mer eller mindre av målkonflikter och olämplig avvägning mellan olika delmål.
2. Den aktuella driftsituationen och utvecklingstendenserna kartlägges och leder till uppfattningar vilkas sanningshalt är större eller mindre.
3. Strategiberäkningen beaktar gällande målsättning bra eller dåligt. Modellen beaktar alla faktorer som påverkar vattenvärdet bra eller dåligt. Vid beräkningen använda data stämmer bra eller dåligt med de sannolikt mest troliga värdena.
4. Kunskaperna om strategiberäkningen, dess målsättning och förutsättningar är bra eller dåliga.

Förutsättningarna för att marginalvärdet, som beskriver kraftföretagets aktuella driftstrategi och som ligger till grund för kraftutbyten, skall kunna ges en meningsfull innebörd är att förhållandena är goda avseende punkt 1-4 ovan. Om det råder missförhållanden avseende en eller flera av punkterna kan det uppstå problem i samband med bestämning och tillämpning av marginalvärdet.

A.4.3 Marginalvärdet som indikering på situationen och som styrparameter för driften och samkörningen

Marginalvärdet uttrycker värdet av sist producerade MWh då det förväntade ekonomiska utfallet är bästa möjliga vid en strävan att upprätthålla en viss leveranssäkerhet. Värdet indikerar hur produktionsapparaten sannolikt kommer att behöva utnyttjas samt ger viss anvisning om sannolikheterna för kraftbalansspill och kraftbrist.

Vid de flesta driftlägen finns en viss sannolikhet för både kraftbalansspill och kraftbrist. Emellertid gäller vid driftlägen med marginalvärdet under värdet av billigaste värmekraftproduktion att sannolikheten för brist är helt försumbar vid sidan av sannolikheten för kraftbalansspill. Omvändningen gäller om marginalvärdet överstiger värdet av dyraste värmekrafttillgång.

Genom kraftutbyten med samkörande företag är det ekonomiskt motiverat att inköpa kraft till egna systemet till priser som är lägre än det egna marginalvärdet emedan härigenom dyrare egen produktion kan ersättas. På motsvarande sätt är det ekonomiskt motiverat att sälja kraft från egna systemet till priser över det egna marginalvärdet emedan outnyttjade produktionsresurser kan utnyttjas och ge viss vinst. De vinster som på detta sätt göres momentant utgör över hela perioden sett endast sannolika vinster. Marginalvärdet utsäger vad som sannolikt innebär det bästa ekonomiska utfallet för perioden men den kommande utvecklingen kan mycket väl innebära att ett utbyte liksom en momentan strategi i allmänhet senare kan visa sig innebära förlust.

Beroende på i vilket intervall marginalvärdet befinner sig kan vissa praktiska aspekter läggas på innebörden av kraftutbyten. Rent allmänt innebär alla kraftutbyten, som påverkar möjligheterna för energiproduktion under resten av den betraktade perioden, förändringar av sannolikheterna för kraftbalansspill och kraftbrist i större eller mindre grad.

A.4.3.1 Inom marginalvärdesintervallet noll - billigaste värmekraftproduktion är sannolikheten för kraftbrist försumbar men det finns en potentiell risk för att vattenkraftenergi måste spillas bort. Utöver inkoppling av vissa speciella sekundabelastningsobjekt som t.ex. elpannor finns inga möjligheter att minska risken för spill genom åtgärder i det egna systemet. Målsättningen bör vara att minska risken för spill genom försäljning till företag med högre marginalvärden.

A.4.3.2 Inom marginalvärdesintervallet billigaste - dyraste värmekraftproduktion har man att räkna med en relativt god avvägning mellan sannolikheten för kraftbalansspill och kraftbrist. Vid undre gränsen dominerar den förra och vid övre gränsen den senare. Inom detta område kan åtgärder vidtagas i det egna systemet som påverkar marginalvärdesutvecklingen samt sannolikheterna för kraftbalansspill och kraftbrist.

Målsättningen inom detta marginalvärdesintervall bör vara att eftersträva kraftutbyten i två syften. Dels kan man härigenom minska de rörliga kostnaderna för de samkörande genom en bättre utnyttjning av de billigare produktionsresurserna. Dels får man en utjämning av sannolikheterna för kraftbalansspill och kraftbrist mellan de samkörande företagen.

A.4.3.3 Inom marginalvärdesintervallet dyraste värmekraftproduktion - ransoneringskostnad är sannolikheten för kraftbalansspill försumbar men det finns en potentiell risk för att energibrist uppstår. Denna risk är större ju högre marginalvärdet är. Utöver bortkoppling av avkopplingsbar last finns inga möjligheter att minska risken för kraftbrist genom åtgärder i det egna systemet. Målsättningen bör vara att minska risken för kraftbrist genom att få till stånd kraftköp från samkörande kraftföretag. Om situationen är sådan att de samkörande kraftföretagens samlade system har ett marginalvärde överstigande dyraste värmekraftproduktion skall man eftersträva kraftutbyten som leder till att samtliga deltagande företag når samma marginalvärde och att därmed riskerna för kraftbrist utjämnas.

A.4.3.4 Slutsatserna av ovanstående praktiska resonemang blir att oberoende av hur stort marginalvärdet är bör ett företag alltid delta i kraftutbyten som leder till en utjämning av marginalvärdena inom den samkörande gruppen.

Detta i två syften. Dels kan på detta sätt de samlade produktionsresurserna utnyttjas på mest ekonomiska sätt (utnyttjning av i första hand den billigaste produktionen samt minska sannolikheten för kraftbalansspill), dels utjämnas den momentana risken för kraftbrist hos de samkörande företagen genom att de gemensamma energireserverna fördelas (om samma ransoneringskostnad användes).

A.4.4 Beräknat marginalvärde för kraftutbyte

Med beräknat marginalvärde avses marginalvärde som strikt grundar sig på aktuella fakta om kraftsystemet samt från ansvarigt håll beslutad avvägning mellan säkerhet och ekonomi.

Teoretiskt sett är det här fråga om samma marginalvärde som beskrivits tidigare. Tre aspekter gör sig emellertid gällande när det blir fråga om priser för utbyten.

1. Sedan marginalvärdet deklarerats och mittenpriset i en tänkt affär beräknats överväges huruvida den vinst som blir följden av denna affär kan anses tillräcklig i förhållande till osäkerheten i det beräknade marginalvärdet samt de administrationskostnader som är förknippade med affären.

Det förtjänar dock påpekas att det är olämpligt att i onödan gardera sig mot fel i det beräknade marginalvärdet. Detta medför endast att man härigenom avstår från sannolika vinster för att undvika mindre sannolika förluster.

2. Priselasticitet hos marginalvärdet. Denna vill uttrycka hur företagets marginalvärde varierar med inköpt energi resp. försold energi. Priselasticiteten ger alltså en ytterligare information angående företagets utrymme för kraftbyten i ena och andra riktningen.
3. Variationer i det momentana marginalvärdet betingade av effektbalansen (en sak som lätt förbises vid utvärdering av beräkningsresultat). Marginalvärdet i stort beskriver företagets energibalanssituation.

Den fullständiga bilden av ett företags status då det gäller kraftutbyten beskrives således av

- a) marginalvärdet som avspeglar företagets strategi utan kraftutbyten
- b) tröskelvärde hos vinsten av ett utbyte betingade av osäkerhet i marginalvärdet samt administrationskostnader.
- c) priselasticitet vid köp och vid försäljning som beskriver företagets utrymme för kraftutbyten i båda riktningarna
- d) variationer i momentana marginalvärdet betingade av effektbalansen

För att motiverade kraftutbyten ej i onödan skall hindras gäller det att ovanstående korrigeringar av marginalvärdet är så realistiska som möjligt.

A.5 Tidshorisonten för beslut om kraftutbyten. Flerstegs beslutsprocess

Vid samkörning mellan kraftföretagen erhålles maximal vinst samt bästa möjliga fördelning av riskerna om kraftutbyten kommer till stånd i sådan omfattning att alla företagen hamnar på samma marginalvärde. Härvid förutsättes att det finns metoder som möjliggör en korrekt beräkning av dessa marginalvärden samt att utbytesbeloppens storlek kan uppskattas. Beträffande möjligheterna att korrekt bestämma marginalvärdet framgår dessa av denna rapport.

Kraftbeloppens storlek är svåra att uppskatta. Normalt sker utbytena i riktning mot gemensamt marginalvärde i form av en flerstegsprocess. Vid en samplanering av utbyten är det dock möjligt att beräkningsmässigt bestämma lämplig storlek hos ett utbyte.

A.5.1 Långsiktiga utbyten

Första steget utgöres av den långsiktiga bestämningen av marginalvärdet för energi som avses i denna rapport där vattenvärdet i princip bestäms för ett år framåt och marginalvärdet kan simuleras fram för lika lång tid varvid vissa speciella händelseutvecklingar förutsättes. På basis av dessa studier bestäms kraftutbyten för vecka eller längre period. Den operativa planering som avses i denna rapport lämnar underlag för dessa kraftaffärer.

Det är föga sannolikt att de härigenom överenskomna utbytena leder till så små skillnader i marginalvärde att det ej skulle vara motiverat med ytterligare utbyten när den aktuella driftperioden löper. Detta beroende på dels svårigheten att bestämma storleken av ett utbyte emedan kraftsystemens priselasticiteter är dåligt kartlagda. Dels beror det även på att förutsättningarna för den långsiktiga strategiberäkningen ändras vartefter tiden framskrider.

A.5.2 Kortsiktiga utbyten

På basis av kortsiktig operativ planering (dygnsplanering, timplanering) kan slutsatser dragas huruvida de långsiktiga kraftaffärerna har lett till att marginalvärdena utjämnats tillräckligt eller ej. Sannolikt har de under föregående stycke angivna orsakerna medfört att det finns motiv för ytterligare utbyten i form av utbyte för dygn eller timmar. Syftet är här att mot bakgrund av den färskare och betydligt mera detaljerade informationen om kraftsystemen försöka nå fram till ett något så när gemensamt marginalvärde. Motivet för detta är främst att försöka göra de sista ekonomiska vinsterna man kan komma åt på planeringsstadiet. Dessa utbyten betyder ringa för utjämnning av spill- och ransoneringsrisk.

A.5.3 Momentana utbyten

I föregående stycke omnämnda utbyten är de sista som planeras.

Eftersom driften av ett kraftsystem i reell tid i praktiken aldrig kan ske enligt planerna p.g.a. ändrade förutsättningar kommer kraftsystemen i verkligheten ej att köra på samma marginalvärden även om den kortsiktiga planeringen tar sikte på detta. Det kommer alltså att vara ekonomiskt motiverat att göra ytterligare utbyten utöver de kortsiktiga och om vilka beslut måste fattas i reell tid vilket är omöjligt att göra via överenskommelser på normalt sätt.

P.g.a. belastningarnas snabba variation, ändringar i produktionens tillgänglighet, frekvensregleringen m.m. uppkommer momentana ofrivilliga utbyten mellan Vattenfall och övriga samkörande företag, s.k. O-kraft.

Dessa ofrivilliga utbyten prissättes i dag enligt regeln att ett visst belopp i effekt och energi åsättes samma pris som ett alternativt kortsiktigt utbyte skulle åsatts, samma i båda riktningarna. Uttag från Vattenfall utöver detta belopp åsättes ett något högre värde. Analogt ges inmatningar över ett visst belopp lägre värde. Dessa prisdifferentieringar skall avspegla variationen i Vattenfalls marginalvärde då O-kraften balanseras av ändringar i produktionen. Genom kontinuerlig anpassning av dels grundpriset (i regel T-kraftpriset) och tillägg och avdrag skall prissättningen hela tiden anpassas till den aktuella situationen. Oberoende av kraftbalanssituationen i stort kommer ovanstående pris-effektkurva i princip att fungera som en styrkurva som begränsar O-kraften och stimulerar kortsiktiga utbyten.

Planer finns på en frekvensberoende prissättning för O-kraften. Syftet med denna skulle vara att få en prissättning som är beroende av kraftbalanssituationen. Eftersom Vattenfall ansvarar för att hålla nätets frekvens och tidsavvikelse gäller det att hela tiden eftersträva frekvensen 50 Hz med eller utan korrektion för aktuell tidsavvikelse (ΔF) om framkörning eller backning av tiden pågår. Om frekvensen är $50 + \Delta F$ innebär detta att den verkliga produktionen inom landet i stort sett överensstämmer med den planerade produktionen och härav följer att kraftsystemets marginalvärde (gemensamt för alla företag om alla utbyten bestämts korrekt) håller sig kring det beräknade. O-kraften bör i detta fall prissättas enligt detta värde.

Om frekvensen understiger eller överstiger $50 + \Delta F$ råder under- resp. överproduktion i systemet och målet för Vattenfall är att korrigeras detta. Vid underproduktion värderas O-kraftpriset upp så att ett uttag från Vattenfall betalas med ett pris som beaktar de ökande marginalkostnaderna för att återställa frekvensen. Samtidigt stimuleras inmatning till Vattenfall till priser upp till nämnda marginalvärden. Vid överproduktion gäller på analogt vis att kostnad för uttag sänkes samtidigt som inmatning till Vattenfall stimuleras att minska genom att de betalas mindre.

Denna frekvensberoende O-kraftprissättning kan bli det sista ledet i processen att nå fram till en ekonomiskt optimal utnyttjning av den samlade produktionsapparaten. Förutsatt att styrkurvan O-kraftpris/frekvensavvikelse kan bestämmas erhålles ett instrument som i reell tid direkt kan användas av kraftföretagen för att nå bästa ekonomiska utnyttjning av det totala kraftsystemet.

B. Jämförelse mellan de båda modellerna

Vattenfalls kraftbalansprogram för långtidsbalanser finns beskriven i Appendix 1 och kraftbalansprogrammet KR63 i Appendix 2.

Nedanstående jämförelse bygger på dessa båda beskrivningar.

B.1 Allmänt om de båda modellerna

Båda modellerna representerar kraftsystemet genom belastning, vattenkraft och kompletteringskraft vilket kan utgöras av värmekraft, sekundarkraftleveranser och köp och försäljning av tillfällig kraft.

Båda modellerna bestämmer driftstrategin med målsättningen att minimera driftkostnaderna även med hänsyn tagen till kostnaden för kraftbrist. Strategins leveranssäkerhet kan inom vissa gränser styras genom variation av kostnaden för kraftbrist. I KR63 finns dessutom möjligheten att använda den s.k. minimizonmetoden där leveranssäkerheten bestäms genom en ur statistiskt material beräknad minimizon i magasinet. Denna senare metod användes normalt dock ej för bestämning av strategi för samkörningsändamål.

Båda modellerna beräknar strategin i form av vattenvärden i ett summagasin. I Vattenfalls modell är vattenvärdet gränskostnaden för lagrat vatten i elektrisk energi vid en medelproduktionsekvivalent hos vattenkraften medan i KR63 vattenvärdet är gränskostnaden för lagrat vatten i naturenergi vilken kostnad skall multipliceras med vattenkraftens L -kurvor för att kostnaden för producerad vattenkraftenergi skall erhållas.

Då det gäller representationen av kraftsystemet görs approximationer i båda programmen. Approximationerna som är nödvändiga av beräkningstekniska skäl, görs på olika sätt beroende på bl.a. de olika förutsättningar som föreligger p.g.a. produktionsapparatens olika uppbyggnad. Så t.ex. har man i KR63 ansett sig böra representera korttidsregleringen mera detaljerat än i Vattenfalls modell medan Vattenfall lagt ner mera arbete på spillkorrigeringen o.s.v.

B.2 Tidigare jämförelse (Rapport av den 30.3.67)

Denna jämförelse initierades av såväl SKNA som SKNK. Avsikten var att bedöma dels huruvida leveranssäkerheten beaktades på ett likvärdigt sätt i de båda programmen samt dels huruvida de i programmen framräknade marginalvärdena kan ligga till grund för kraftutbyten.

Sedan denna jämförelse slutförts har emellertid i programmet KR63 rutinen för beräkning av vattenvärdena i summagasinet ändrats varför resultatet av denna jämförelse ej gäller för den nu använda programversionen. Eftersom strategiberäkningen ändrats påverkas såväl marginalvärdena som leveranssäkerhet. Senare har jämförande beräkningar gjorts mellan de båda KR63-versionerna på flera olika kraftsystem. Slutsatserna blev att inga nämnvärda olikheter kunde iakttagas vid jämförelse av resultaten.

Här görs en kort sammanfattning av resultatet av föregående jämförelse som alltså beträffande vattenvärdesberäkningen avser tidigare version av KR63 vilken dock enligt ovan ej torde skilja sig på något avgörande sätt ifrån den nya.

B.2.1 Representation

Graden av realism vad gäller kraftsystemens representation i de båda modellerna bedömes vara jämförbar så länge programmen användes på de kraftsystem de avsetts för.

B.2.2 Strategiberäkningen (Vattenvärden)

Skillnaderna bedömes omöjliga att utvärdera på teoretisk väg. Fiktiva kraftsystem definierades vilka kunde representeras exakt i de båda modellerna. En serie jämförande beräkningar gjordes på sådana system. Härvid användes även två olika tillrinningsserier varvid inverkan av valet av vattenårsserie kunde studeras. Dessutom beräknades kraftbalanser där optimering och simulering skedde på samma resp. olika vattenårsserier.

Resultatet blev att de genomsnittliga ekonomiska utfallen av simuleringar på de beräknade strategierna blev mycket lika i de båda programmen.

Det konstaterades vidare att, på basis av de få exempel som räknades med optimering och simulering på olika årsserier, detta förhållande ej hade något avgörande inflytande på resultaten i någondera av programmen.

B.2.3 Leveranssäkerhet

Det konstaterades (fortfarande på basis av testkörningen med exakt lika representation i de båda modellerna) en mycket god överensstämmelse mellan programmens resultat vad avser ransoneringsfrekvens och -energi. Skillnaden mellan magasinsutvecklingskurvorna var i detta sammanhang mycket obetydlig. En rent numerisk jämförelse gav alltså till resultat att programmen var fullt jämförbara vid leveranssäkerhetsbedömningar.

B.2.4 Marginalvärden

Vid jämförelse av prisutvecklingarna beräknade på, för de båda programmen, normalt sätt befanns, på basis av testkörningarna med exakt lika representation i de båda modellerna, att utvecklingarna under alla typår avvek på ett entydigt sätt. KR63:s marginalvärden visade en kraftigare ökning under driftåret än SV:s och en större svängning i priset från vecka till vecka. Beträffande magasinsutvecklingarna konstaterades att magasinerna i de båda programmen följdes åt med mycket små avvikelser.

Det konstaterades att simuleringen skedde efter två olika strategier. Härav följer att, under stora delar av året, kraftutbyten skulle komma till stånd mellan systemen om de kördes enligt strategierna men eftersom systemen var identiska kunde inga vinster göras genom några kraftutbyten.

Sammanfattningsvis kunde av undersökningen fastslås att programmen icke alltid beräknade marginalvärdena likartat. Emellertid ansågs att de beräknade marginalvärdena normalt kunde ligga till grund för kraftutbyten. Man får hålla i minnet att de båda programmen är anpassade till sina resp. system och således innehåller olika approximationer på viss nivå. Detta förhållande ansågs kunna medföra större fel än de här konstaterade skillnaderna.

B.3 Jämförelse av väsentliga faktorer

De båda modellerna beskrives relativt utförligt i appendix 1 och 2.

Här nedan jämföres programmen mycket kortfattat och punkt för punkt enligt den uppställning appendixen följer.

B.3.1 Tidsindelning

- SV: Modellen behandlar 104 intervall fördelade på ett helt antal år. Normalt användes 104 veckor avseende 2 år. Vid optimering och summasimulering kan beräkningsperiodens början förläggas till vilken tidpunkt som helst på året varvid normalt aktuell tidpunkt på året väljes.
- Alla förhållanden 2 år framåt från aktuell tidpunkt beaktas normalt vid strategiberäkningen.
 - Summasimulering göres alltid för 52 veckor framåt från aktuell tidpunkt.
 - Varje vecka indelas i dag-, natt- och helgperiod vilka i sin tur indelas i topptid och övrig tid. För vardera dag, natt och helg definieras således 2 perioder.
- KR63: Modellen behandlar 1,5 år (78 veckor). Beräkningsperioden börjar alltid vecka 1 år 1.
- Optimeringen beaktar alla förhållanden från aktuell tidpunkt och framåt i tiden 1,5 - 0,5 år beroende på tidpunkt på året.
 - Simulering kan göras ett valfritt antal veckor framåt från aktuell tidpunkt och fram till ve 26 år 2 dock max 52 veckor.
 - Varje vecka indelas i dag-, natt- och helgtid. Dag uppdelas i 4 perioder, natt och helg i vardera 1 period.

B.3.2 Belastning

- SV:
- Belastningen representeras genom en varaktighetskurva i form av en rät linje för dag, natt och helg under varje vecka.
 - Kurvorna bestäms genom deras maximi- och minimeffekter varvid för dagtid toppeffekten bestäms noga, för att topplastförhållandena skall kunna beaktas korrekt.
 - För natt och helg bestäms minimeffekten noga för att låglastförhållandena skall kunna beaktas korrekt.
 - Alla effekter kan väljas inbördes fritt.
- KR63:
- Belastningen representeras genom en trappstegskurva med 4 steg för dagtid och ett steg för vardera natt och helg under varje vecka.
 - Stegkurvorna bestäms genom årsenergierna för de 2 aktuella åren, veckorelativtal samt relativtal inom veckan för de 6 stegen. De 4 stegen under dagtid bestäms normalt så att topplastförhållandena skall kunna beaktas korrekt.
 - För natt och helg kan låglastförhållandena ej beaktas emedan endast medeleffekter anges.
 - Villkoret $\text{dagmedeleffekt} \geq \text{nattmedeleffekt} \geq \text{helgmedeleffekt}$ måste vara uppfyllt.

B.3.3 Vattenkraft

SV:

- a) I optimeringen och summasimuleringen representeras vattenkraften av ett långtidsmagasin och i anslutning därtill en kraftstation.
- b) Långtidsmagasinet bestäms av varierbara övre och undre gränser utgörande summan av alla delmagasinens gränser i elektrisk energi.
- c) Kraftstationen anses ha en produktionskurva i form av en rät linje med lutningen 1 emedan alla tillrinningar är omräknade till elektrisk energi.
- d) Kraftstationen anger vidare momentana maximi- och minimiproduktioner samt minsta periodmedelvärde uttryckta i elektrisk effekt och utgörande summor av alla stationers data.
- e) Korttidsregleringen dels inom perioden dels mellan perioderna (dag, natt, helg) beaktas för totala systemet genom de inbördes storlekarna av max- och minproduktion och minsta periodmedelvärde.
- f) Reglerbar tillrinning till långtidsmagasinet bestäms som en summa för hela systemet av en statistisk serie magasinstillrinning till alla delmagasin omräknad till elektrisk energi via resp. stationers årsmedelekvivalenter. Denna magasinstillrinning korrigeras med hänsyn till mintappning ur magasinerna, mintappning genom stationerna, mellantillrinning och tappning förbi stationerna. I detaljsimuleringsmodellen bestäms dessutom den överrinning som uppträder i vissa magasin samt spill som uppträder i vissa stationer vilket måste frändragas den totala tillrinningen till summagasinet.
- g) Oreglerbar tillrinning mellan långtidsmagasin och station bestäms som en summa för hela systemet av en statistisk serie mellantillrinningar till alla stationer omräknad till elektrisk energi via resp. stationers årsmedelekvivalenter. Denna mellantillrinning korrigeras med hänsyn till mintappning ur magasinerna, min- och maxtappning genom stationerna och tappning förbi stationerna samt ovannämnda överrinning i magasinerna.

KR63:

- a) I optimering och simulering representeras vattenkraften av upp till 9 st vattenkraftgrupper bestående av långtidsmagasin, korttidsmagasin och en kraftstation.
- b) Långtidsmagasinet i varje grupp bestäms av varierbara övre och undre gränser utgörande summan av vattenkraftgruppens delmagasins gränser i naturenergi.
- c) Kraftstationen i varje grupp beskrivs av produktionskurva definierad i 5 punkter beskrivande sambandet producerad elektrisk effekt som funktion av tappningen i natureffekt på kraftstationsgruppens totala fallhöjd emedan alla tillrinningar är omräknade till naturenergi.
- d) För kraftstationen anges maximi- och minimitappning i natureffekt samt korttidsmagasin i naturenergi.
- e) Korttidsregleringen kontrolleras avseende veckoreglering och dygnsreglering för varje stationsgrupp genom dess summa korttidsmagasin varvid korttidsregleringsmöjligheterna blir en funktion av tappningsnivån.

- f) Reglerbar tillrinning till långtidsmagasinet bestäms som i SV modell med undantag för följande:
 tillrinningen beräknas för varje stationsgrupp
 tillrinningen beräknas i naturenergi
 ingen korrigerig för överrinning i magasin och spill i stationer på grund därav utföres vare sig inom gruppen eller inom systemet totalt. Däremot kan i simuleringen (genom uppdelning i grupper) hänsyn tagas till överrinningsspill genom snedfördelning mellan de olika grupperna.
 reglerbar tillrinning till en grupp kan vara 0 varvid gruppen kallas planreglerad. För sådan vattenkraft existerar inget vattenvärde emedan veckoenergin är tvångsstyrd.
- g) Oreglerbar tillrinning bestäms som i SV modell med undantag för följande:
 tillrinningen beräknas för varje stationsgrupp
 tillrinningen beräknas i naturenergi.

B.3.4 Kompletteringskraft

SV:

- a) Upp till 24 st skikt kan inmatas.
- b) Dessa beskrives av rörlig kostnad vilken är varierbar från vecka till vecka samt maximieffekt.
- c) Denna maxeffekt kan varieras under veckans 6 perioder (dag, natt, helg och för vardera höglasttid och låglasttid).
 Haveri- och revisionsavdrag göres för hand och de reducerade effekterna inmatas.

KR63:

- a) Upp till 10 st kompletteringskraftskikt kan inmatas.
- b) Dessa beskrivs av rörlig kostnad som är konstant. För varje vecka anges max- och mineffekt, max- och minenergi samt storlek på ev värmeackumulator för korttidsreglering av mottrycksverk.
- c) Effektens tillgänglighet kan varieras under veckan genom 4 olika nivåer på dagtid och en för vardera natt och helg.
 Haveri- och revisionsavdrag göres för hand och de reducerade effekterna inmatas.

B.3.5 Leveranssäkerhet

SV: Den beräknade strategins leveranssäkerhet är ekonomiskt optimal för det värde man åsatt bortransonerad energi.

Flera ransonerings-skikt kan användas med stigande pris dock finns alltid ett, det med högsta pris, med obegränsad ransonerings-effekt.

KR63: Dels kan strategin beräknas ekonomiskt optimal med hänsyn till värdet av bortransonerad energi varvid samma förutsättningar gäller som i SV modell.

Flera ransonerings-skikt kan användas med stigande pris dock finns alltid ett, det med högsta pris, med obegränsad ransonerings-effekt.

Beträffande bristpriset måste dock här observeras att det pris som angives i programmet är definierat som det värde i kr/MWh naturenergi vartill långtidslagrat vatten värderas då konsumtionen begränsas genom utnyttjning av ransonerings-skiktet. Värdet av bortransonerad energi blir högre än det ansatta ransonerings-priset varvid förhållandet bestäms av den fria vattenkraftens medelvärde på α , (en faktor större än 1).

Den beräknade strategins leveranssäkerhet bestäms således av det ansatta bristpriset gånger detta medel- α . Leveranssäkerheten blir alltså högre hos KR63:s strategi än hos Vattenfallsmodellens då samma bristpris gives via indata.

Dessutom kan leveranssäkerheten baseras på en minimizonkurva. Denna kurva beskriver magasinens innehåll som kräves vid varje tidpunkt för att magasinet med viss sannolikhet skall räcka till vårfloden om all värmekraft köres. Vattenvärdet i naturenergi sättes lika med värdet av dyraste värmekraft på minimizonkurvan. Detta medför att, p.g.a. vattenkraftens α -kurvor, dyraste värmekraft startas ovanför minimizonen och därmed leveranssäkerheten är högre än den sannolikhet man definierat minimizonen efter. Detta är normalt inget problem emedan den förra metoden i regel användes.

Rent allmänt kan sägas följande om metoden att beräkna en ekonomiskt optimal strategi med hänsyn till uppskattat värde på bortransonerad energi. Sannolikheten för att en strategi skall leda till kraftbrist är beroende av bristpriset och systemets styrka. Ju svagare system desto högre bristpris krävs för att man skall erhålla en strategi med samma sannolikhet för kraftbrist. Detta gäller intill en viss gräns var efter ett ökat bristpris ej leder till någon nämnvärd minskning av bristrisken. Precis samma sak gäller minimizonmetoden. Högre momentan leveranssäkerhet kan ej nås än den vars minimizon tangerar dämpningsgränsen.

B.3.6 Preparering av data för optimeringen

SV: Ur de inlästa kompletteringskraftstegarna bildas för varje vecka en energistege som beskriver den, med hänsyn till belastningskurvans form och vattenkraftens regleringsmöjligheter, utnyttjningsbara energin i varje skikt och som alltså fritt kan spelas mot vattenkraften i optimeringsfasen.

a) I optimeringen användes alltså en energistege av kompletteringskraft som innehåller varken tvångsmässigt utnyttjad kompletteringskraft eller sådan som ej kan utnyttjas, vilka reduktioner bestäms av belastningskurvan och vattenkraftens effektbegränsningar. Belastningen justeras inför optimeringen för den tvångsmässiga kompletteringskraften.

KR63: En minimizon beräknas för summamagasinet. (Se under punkt B.3.5 ovan.) En minimizon bestäms även för varje kraftstationsgrupps långtidsmagasin där sådant finnes (varvid man på zonerna eftersträvar samma risk för överrinning).

Vid det normala fallet att bestämma strategin med hänsyn till värdet av bortransonerad energi användes minimizonen enbart till att fördela tappningen från de fritt reglerbara magasinerna vid simuleringen.

Vidare beräknas tappningstabeller som uttrycker total magasin tappning som funktion av vattenvärdet. Härvid förutsättes att alla delmagasin samtidigt ligger på samma överrinningsrisk eller risk för tömda magasin och att varken dämpnings- eller sänkingsgräns kan passeras. För varje vecka och varje vattenår ansättes i tur och ordning upp till 10 olika vattenvärden och för vart och ett av dem beräknas balansen för veckan (enl. punkt 3.5 i appendix 2) varvid total magasin tappning noteras. För varje sådant ansatt vattenvärde bestäms alltså den ekonomiskt bästa utnyttjningen av kompletteringskraften med hänsyn till belastningen,

restriktioner i vattenkraft (dock ej långtidsmagasinet gränser) och värmekraft samt oreglerbar tillrinning. Sambandet magasin-tappning - vattenvärde representeras av en trappstegskurva där nivån mellan två vattenvärden bestäms av det lägre värdets tappning. 30 sådana trappstegskurvor beräknas för varje vecka.

I verkligheten har kurvan en annan form där magasininstappningen som funktion av vattenvärdena mellan de valda punkterna är mindre än trappstegskurvans beroende på vattenkraftens gränsförluster.

- a) I optimeringen användes alltså trappstegskurvor som uttrycker sambandet optimal summatappning från långtidsmagasin som funktion av vattenvärdet (vid stegets början). Denna summatappning är vid resp. vattenvärde resultatet av en optimal avvägning mellan olika kraftslag med hänsyn till alla restriktioner (dock ej långtidsmagasinet gränser) och förutsatt att alla vattenkraftgruppers långtidsmagasin alltid har samma risk för överrinning eller risk för tömda magasin samt slutligen att ingen korrigerings av reglerbar tillrinning m.h.t. överrinningsspill behöver göras inom resp. grupp. I princip förutsättes alltså att all reglerbar tillrinning kan summeras i ett summamagasin.

B.3.7 Optimeringen (Se fig. 2)

SV:

- a) Vattenvärden beräknas normalt för 2 år framåt från aktuell tidpunkt varvid strategin tar hänsyn till alla faktorer under denna tid.
- b) Vattenvärden beräknas för ett summamagasin. I Vattenfalls ordinarie kraftbalansprogram görs ingen uppdelning i delmagasin.
- c) Vattenvärdet beräknas vid början av varje vecka och för 21 olika magasininnehåll mellan 0 och maxmagasin.
- Vattenvärdet vid varje magasinläge bestäms som medelvärdet av de gränsvattenvärden som erhålles för varje vattenår under vilkoret att värdet vid början av veckan skall vara detsamma som vid slutet (vilket senare värde förutsättes känt).
- d) Detta tillgår så att man söker den avvägning mellan vatten- och kompletteringskraft som innebär att vattenvärdet vid det uppnådda slutmagasinet är detsamma som värdet av dyraste använda kompletteringskraft eller så nära det går att komma. För att nå detta värde sökes skärningen mellan kompletteringskraftenergistegen och vattenvärdeskurvan vid veckans slut.
- e) Den förra har bestämts som, med hänsyn till belastningskurvorna och effektbegränsningar i vattenkraft, till vattenkraften alternativ kraft. Vattenvärdeskurvan vid veckans slut är avgränsad till det intervall inom vilket slutmagasinet kan hamna beroende på restriktioner i långtidsmagasinet och resp. vattenårs tillrinningar. Vattenvärdet är definierat av kurvan mellan dessa gränser och vid gränserna är det obestämt.
- f) Om kurvdelen mellan gränserna ej skär kompletteringskraftstegen väljes den gränskörning som ger billigaste körning och vattenvärdet som vid slutet av veckan alltså är obestämt får bestämmas av kompletteringskraftpriset vid den valda gränskörningen.

Utifrån en ansats vid slutet av år 2 (baserad på tidigare resultat) beräknas vattenvärdeskurvor för början av varje vecka successivt bakåt i tiden för dessa 2 år varefter perioden knyts ihop och beräkningen upprepas ytterligare varv tills den nya kurvan vid början av någon vecka avviker från den föregående med mindre än 1 % i någon av de 21 punkterna.

- g) Vattenvärdets innebörd är gränsvärde på elektrisk energi i lagrat långtidsmagasinsvatten vilket gäller som medelpris för veckan. (Alla energier har bestämts med utgångspunkt från stationernas medelproduktionsekvivalenter.)
- h) Den fritt reglerbara vattenkraftens gränsproduktionskostnad vid varierande produktionseffekt erhålles ur vattenvärdet genom att korrigeras med faktorn aktuella produktionsförluster/medelproduktionsförluster.
- i) Vattenvärdet på maxmagasinet beräknas vid början av varje vecka som ett förväntat värde på lagrat vatten. Om reglerbara vattenkraften ej tvångsstyrs gäller detta värde eljest gäller ett värde mellan detta och 0 vilket bestäms av tvångssituationen.
- På analogt vis beräknas vattenvärdet för magasininnehållet 0 och på denna nivå gäller detta värde om reglerbara vattenkraften ej är tvångsstyrd. Eljest gäller ett värde mellan detta beräknade och bristpriset och vilket bestäms av tvångssituationen.
- På minimimagasinet är vattenvärdet således ej detsamma som på 0-nivån. Om man av någon anledning kommer på eller under minimimagasinet vid början av en vecka gäller att så mycket av reglerbar tillrinning skall sparas att minmagasin upprätthålles vid veckans slut. Kan magasin villkoret ej uppfyllas skall hela reglerbara tillrinningen sparas och den gränskostnad som därvid blir rådande gälla som vattenårets ifråga bidrag till vattenvärdet.
- Under minimimagasinet är vattenvärdet bestämt via villkoret att all reglerbar tillrinning skall sparas vilket ej behöver innebära att ransonering behöver tillgripas för att klara den aktuella kraftbalansen.
- KR63:
- a) Vattenvärdena beräknas för en tid av 1,5 - 0,5 år framåt från aktuell tidpunkt varvid strategin tar hänsyn till alla faktorer under denna tid.
- b) Vattenvärdena beräknas för ett summamagasin. Sedan vattenvärdena bestämts för summamagasinet fördelas vattenvärdena på de olika delmagasinen på så sätt att för området ovanför minimizonerna magasinlägen med samma överrinningsrisk tilldelas samma vattenvärde som i summamagasinet. Analogt tilldelas punkter under minimizonerna med samma risk för tömda magasin samma vattenvärde som summamagasinet.
- Denna fördelning har intresse enbart för simuleringen.
- c) Vattenvärdet beräknas vid början av varje vecka och för 17 olika magasininnehåll mellan minmagasin och maxmagasin.
- Vattenvärdet vid varje magasinläge bestäms som medelvärdet av de gränsvattenvärden som erhålles för varje vattenår under villkor att värdet vid början av veckan skall vara detsamma som vid slutet (vilket senare värde förutsättes känt).
- d) Detta tillgår så att man söker den tappning som innebär att det vattenvärde som bestämt avvägningen mellan vatten- och kompletteringskraft under veckan skall vara lika med vattenvärdet vid början av nästa vecka eller så nära det går att komma. För att nå detta sökes skärningen mellan trappstegskurvan som beskriver sambandet magasininstappning - vattenvärde och vattenvärdeskurvan vid veckans slut.

- e) Sambandet magasininstappning - vattenvärde beaktar alla restriktioner utom de härrörande från långtidsmagasinet max- och mingränser. Vidare inkluderas hänsyn till tvångskörning av kompletteringskraft p.g.a. effektbegränsningar i vattenkraft. Slutligen beaktas även oreglerbar tillrinning. För var och en av de 10 magasininstappningarna bestäms slutmagasinet och motsvarande vattenvärde. Om man därvid ej kommer i konflikt med magasinogränserna är kurvan definierad inom hela magasininstappningsintervallet och en skärning erhålles alltid.
- f) Om vissa magasininstappningar leder till att någon magasinogräns nås avgränsas vattenvärdeskurvan vid denna gräns och vattenvärdet bestäms vid gränsen. I själva gränsen är vattenvärdet obestämt. Om denna avgränsning leder till att skärning ej erhålles med magasininstappningsstegen väljes den gränskörning som ger billigaste körning och vattenvärdet som vid slutet av veckan alltså är obestämt får bestämmas av vattenvärdet i magasininstappningsstegen vid den valda gränstappningen.
- Utifrån en ansats vid slutet av ve 26 år 2 (i form av en rät linje mellan minmagasin - bristpris och maxmagasin - 0) beräknas vattenvärdeskurvor vid början av varje vecka successivt bakåt för tiden ve 26 år 2 till ve 27 år 1 varefter året knyts ihop och beräkningarna upprepas ytterligare varv tills kurvan vid början av någon vecka avviker från den föregående med mindre än en halv enhet i någon av de 17 punkterna. Härefter beräknas vattenvärdet på analogt sätt för ve 26 - 1 år 1.
- g) Vattenvärdets innebörd är gränsvärde på naturenenergin i lagrat långtidsmagasinsvatten vilket kan betraktas som vattenkraftens "bränslepris" för veckan. (Alla energier har bestämts med utgångspunkt från stationernas fallhöjder och 100 % verkningsgrad och utan korrektion för överriningspill.)
- h) Den fritt reglerbara vattenkraftens gränsproduktionskostnad vid varierande produktionseffekt erhålles ur vattenvärdet genom att multiplicera med α -värdet vid produktionen ifråga för den fria vattenkraften (vars oreglerbara tillrinning alltid köres i första hand och upptager de lägsta stegen i α -kurvan). För planreglerad vattenkraft existerar ingen gränsproduktionskostnad emedan hela produktionen är tvångsstyrd. (α -värdet kan normalt variera inom intervallet 1,1 - 2,0).
- i) Vattenvärdet på maxmagasinet beräknas vid början av varje vecka som ett förväntat värde på lagrat vatten. Om reglerbara vattenkraften ej tvångsstyres gäller detta värde eljest gäller ett värde mellan detta och 0 vilket bestäms av tvångssituationen.
- På analogt sätt beräknas vattenvärdet för minimimagasinet och på denna nivå gäller detta värde om reglerbara vattenkraften ej är tvångsstyrd. Eljest gäller ett värde mellan detta beräknade och bristpriset och vilket bestäms av tvångssituationen.
- Under minimimagasinet är vattenvärdet alltid lika med bristpriset.

3.3.8 Simulering

SV:

- a) Vid driftplaneringen är det summasimuleringen som har direkt intresse. Denna simulering göres för 52 veckor framåt med exakt den modell som den beräknade strategin gäller för och med de givna prognoserna på belastning och värmekrafttillgänglighet. Härigenom kan man studera konsekvenserna av att från aktuellt summamagasinsinnehåll följa denna strategi under vart och ett av de observerade 30 vattenåren. Vissa kraftsystemparametrars tänkbara utvecklingar kan studeras och typårsbalanser kan framställas.

Detaljsimuleringen är väsentlig för driftplaneringen indirekt genom att göra den för enmagasinsmodellen nödvändiga spillkorrigeringen.

KR63:

a) Simuleringen kan maximalt göras för 52 - 26 veckor framåt beroende på tidpunkten på året.

Inför simuleringen göres den fördelning av vattenvärdeskurvor i de fria gruppernas magasin som beskrives under B.3.7 ovan. För de på detta sätt bestämda strategierna för resp. fri grupp för vart och ett av de 30 observerade vattenåren och för de givna prognoserna på belastning och värmekrafttillgänglighet.

Vissa kraftsystemparametrars tänkbara utvecklingar kan studeras och typårsbalanser kan framställas.

C RESULTATENS ANVÄNDNING VID SAMKÖRNING

C.1 Allmänt om prisbildning vid samkörning

C.1.1 Förutsättningar för samkörning

Enligt nuvarande regler, vilka förutsätter att samkörningsgruppen i sin helhet är leveranssäker, krävs av varje samkörande företag att det skall kunna uppfylla ett fastställt leveranssäkerhetskrav med avseende på såväl effekt som energi. Om nödvändigt göres detta med hjälp av fasta kontrakterade köp varvid såväl fast som rörlig kostnad erlagges. Dessa affärer görs på ett tidigt stadium och berörs ej här.

Alla leveranssäkerhetsförklarade företag uppvisar som regel högst varierande styrka hos kraftbalanserna. Leveranssäkerhetsförklaringen innebär att ingen hänsyn till fasta kostnader skall tagas vid kommande affärer.

C.1.2 Målsättning för samkörningen

Enligt nuvarande regler kan målsättningen för samkörningen i stort sägas vara

- a) att genom kraftutbyten eftersträva att utnyttja det totala produktionssystemet på ekonomiskt optimalt sätt så att de rörliga driftkostnaderna minimeras.
- b) att genom kraftutbyten fördela riskerna lika mellan företagen vad avser spill och kraftbrist. Erhålles som en följd av a).

Dessa båda delmål samverkar således och ingen målkonflikt uppstår. Motiven för att etablera en samkörning samt målsättningen för denna samkörning härrör från de ingående företagen och får ses som en produkt av dessa företags målsättningar. För företagen gäller det att under vissa restriktioner maximera vinsterna (varvid bristrisken värderas i pengar). Ett samkörningsavtal undertecknas av ett företag därför att man härigenom sannolikt kan öka vinsten. Denna vinstökning härrör från punkterna a) och b) ovan.

Den primära målsättningen för samkörning formuleras således inom resp. deltagande företag. Verkan av samkörningen enligt dessa förutsättningar torde i regel vara en mera optimal utnyttjning av de samlade resurserna enligt a) och b) ovan.

I fortsättningen förutsättes att delmålen a) och b) ovan gäller.

Dessa delmål kan båda återföras på följande kriterium nämligen att man genom kraftutbyten bör eftersträva att nå samma marginalvärde hos alla kraftföretagen hänfört till resp. utbytespunkter. (Se A.4.3.)

Marginalvärdena uttrycker resp. företags dyraste i drift varande produktion samt vid extremt låga resp. höga marginalvärden avspeglar dessa riskerna för spill resp. kraftbrist.

Det kan alltså enkelt sammanfattas att man genom att alltid sträva mot ett för företagen gemensamt marginalvärde strävar man att uppfylla målsättningen.

När man nått gränsen där köp eller försäljning av "sista megawattimmen" i en leverans görs utan vinst eller förlust kan inga ytterligare vinster göras.

C.1.3 Optimalt utbytesbelopp. Vinstfördelning (Se fig 3.)

C.1.3.1 Allmänt

Här bör först påpekas att de optimala kvantiteterna tillfällig kraft i en samkörning endast bestämmas av de aktuella marginalvärdena (vilka är funktioner av resp. företags produktion). Vilken vinstfördelningsmetod som användes är egalt för systemet i sin helhet dock ej för de inblandade företagen.

Det väsentligaste kravet på en vinstfördelningsmetod är att den ej verkar hindrande på att samkörningens målsättning skall kunna uppnås.

Inget företag skall t.ex. sannolikhetsmässigt behöva göra förlust i rörlig kostnad för någon enda MW-timme i ett kraftutbyte. Inget företag skall heller konsekvent behöva få mindre andel av vinsten än andra.

Det förtjänar påpekas att, då kraftsystemen innehåller reglerbar vattenkraft vilket här är fallet, utgör de beräknade strategierna de på basis av tillgänglig information sannolikt bästa strategierna. De ger i långa loppet den mest ekonomiska driften. De marginalvärden som bestäms och utbyten som göres är givetvis på samma sätt de på basis av tillgänglig information sannolikt bästa utbytena som i långa loppet ger den bästa möjliga vinsten. Utbyten som göres kan dock senare visa sig vara direkt förlustbringande för endera företaget och totalekonomiskt sett.

C.1.3.2 Utbytesbelopp

Förutsatt att man ser på företagen två och två kan man definiera ett optimalt utbytesbelopp sett dels ur företagets synvinkel dels ur hela systemets synvinkel.

Vid början av veckan bestäms vattenvärdet av det aktuella magasinsläget. Körning enligt denna strategi ger sannolikt samma vattenvärde vid veckans slut (optimal körning). Detta gäller för kraftsystemet sådant det representerats i modellen. Om större kraftutbyten företagets under veckan kommer detta att påverka vattenvärdet vid veckans slut (såvida ej sista MW-timmen produceras i ett kompletteringskraftskikt och hela utbytet utregleras inom skiktets gränser).

Avgörande för utbytesbeloppets storlek är hur marginalvärdet ändras med utbytesenergin under veckan. Marginalvärdet bestäms för det första av vattenvärdet (som uttrycker värdet av långtidslagrad energi) och för det andra av den aktuella korttidsregleringens effekt- och energirestriktioner. Vattenvärdet vid veckans slut ökar med ökande veckoproduktion i enlighet med lutningen hos vattenvärdeskurvan. Gränskostnaden för kompletteringskraftenergi varierar i enlighet med prisstegen. Dessa båda kurvor sammansättes till en enda kontinuerligt stigande gränskostnadskurva som beskriver företagets gränskostnad för energi som funktion av energiproduktionens storlek under veckan. Utifrån denna kurva kan sedan marginalvärdet som funktion av produktionsnivån bestämmas genom att beakta produktionsförluster och den aktuella korttidsregleringens effekt- och energirestriktioner. Denna marginalkostnadskurva (marginalvärde som funktion av produktionsnivå) har som regel olika lutning hos olika företag.

Antag att ovannämnda kurva kan approximeras med en rät linje. Antag vidare att två företag köres vid olika marginalvärden på producerad kraft K_A resp. K_B (se fig 3). Optimalt utbytesbelopp är P ty där köps resp. säljs den sista MW-timmen vid priset K utan vinst eller förlust för någondera företaget. Den sannolika vinsten av denna samkörning är ytan K_A, K_B, K . Beträffande fördelningen av denna vinst mellan företagen A och B är den alltså för hela systemet ovidkommande såvida den ej hindrar att utbytet P kommer till stånd.

C.1.3.3 Vinstfördelning

Den för närvarande gällande överenskommelsen om samkörning rekommenderar att tillfälliga kraftutbyten prissättes med medelvärdet av de båda företagens marginalvärden $\frac{(K_A + K_B)}{2}$.

Rent praktiskt uppnår man ej optimalt utbytesbelopp (P) p.g.a. det tröskelvärde på vinsten som omnämns under A.4.4 punkt 1. Maximalt praktiskt utbytesbelopp är P'.

Om samkörningen fungerar på avsett vis är i regel skillnaderna mellan K_A och K_B liten och skillnaden mellan P' och P relativt stor. Detta innebär att den gemensamma resterande vinsten (parallelltrapets med höjden P') fördelas i stort sett lika även om företagens marginalkostnadskurvor har olika lutning.

I de fall mycket stora differenser råder mellan K_A och K_B är emellertid P' approximativt lika med P. Om marginalkostnadskurvorna har olika lutning blir vinstfördelningen snedare ju större belopp av P som åsättes mittpriset. I dessa fall får man en rättvisare vinstfördelning om prisdifferentiering tillgripes. Detta skulle då stimulera till utbyten och alltså tjäna samkörningens syften. Om prisdifferentiering ej tillämpas i denna situation kommer blott en del av beloppet P' att utbytas. Eljest skulle sista delen av beloppet säljas (köpas) till en kostnad som är lägre än säljarens (högre än köparens egen alternativa) produktionskostnad.

C.1.3.4 Att utbyta kraft är en flerstegsprocess

När det befinner sig motiverat att göra kraftutbyte mellan två företag är det i det närmaste omöjligt att bestämma optimalt utbytesbelopp för de tidpunkter utbytena avser.

Detta beror bl.a. på

- a) att företaget ej alltid känner sin marginalkostnadskurva tillräckligt väl
- b) att det kan vara svårt att få korrekt information om samkörande företags kurvor
- c) att företagens marginalkostnadskurvor påverkas av överenskomna utbyten av någorlunda storlek.

Till detta kommer att uppfattningen om marginalvärdenas storlek vid viss tidpunkt förändras p.g.a. förbättrad information alltefter tidpunkten ifråga närmar sig. Eftersom beslut om utbyten av olika slag måste fattas olika lång tid före avsedd tidsperiod kommer besluten att fattas på olika gott beslutsunderlag. Då utbyte överenskommes vid viss tidpunkt och avseende viss tidsperiod fattas besluten på basis av för tillfället bästa tillgängliga information och rörande de kraftbelopp som man därvid anser rimliga. Längre fram kan bättre information om del av perioden erhållas och det kan befinnas motiverat att göra ytterligare utbyte för att nå närmare det optimala utbytesbeloppet. Eftersom överenskomna utbyten normalt ej får frångås bör det nya kompletterande utbytet göras helt fritt från det tidigare prismässigt.

Normalt beslutas kraftaffärer (baserade på marginalvärdena) för en viss tidpunkt i två steg, G-kraft veckovis och före veckans början samt T-kraft timvis och före timmens början.

Om differensen mellan K_A och K_B är liten har ev. G-kraftaffär sannolikt ej prisdifferentierats. T-kraftaffärer som överenskommes utöver G-kraften torde här prissättas med utgångspunkt från G-kraftpriset samt med hänsynstagande till ev. förbättrad information rörande situationen vid tidpunkten ifråga. Ett dylikt T-kraftutbyte torde kunna ses som en mindre korrektion ovanpå G-kraftutbytet i syfte att summautbytet (G+T) skall nå närmare beloppet P' .

Om differensen mellan K_A och K_B är stor och marginalkostnadskurvorna har olika lutning kan ev. G-kraftaffär vara uppgjord med eller utan prisdifferentiering. Vilket fallet än må vara gäller att prisdifferentiering bör tillgripas om man önskar företaga största möjliga för totalsystemet vinstgivande utbyte under villkoret lika vinstfördelning. Ev. T-kraftaffär utgör här ett steg bland de differentierade utbytena oberoende av om G-kraften prisdifferentierats eller ej. T-kraftpriset kan här ej som i förra fallet vara direkt baserat på ett G-kraftpris. Det får bestämmas utifrån rådande prisdifferens vid bestämt G-kraftutbyte och med beaktande av ev. förbättrad information.

Man torde kunna urskilja 3 kraftutbyten med olika tidshorisont.

1. G-kraftutbyten veckovis.
2. T-kraftutbyten timvis.
3. O-kraftutbyten "

Beträffande utbytena 1 och 2 se ovan. O-kraften bör lämpligen prissättas i enlighet med den frekvensberoende prissättningsmetoden som beskrivits under A.5.3. Härigenom eftersträvas i hela kedjan av utbyten att optimala utbyten kommer till stånd.

C.1.3.5 Begränsningar i prissättningen

Enligt nu gällande samkörningsöverenskommelse kan ett kraftutbyte aldrig åsättas högre pris än säljarens produktionskostnad +30:-/MWh då köparens alternativ är ransoneringskostnad. Härvid underförstås produktionskostnad i vatten- eller värmekraft. Det bör även underförstås ransoneringskostnad med viss sannolikhet emedan i praktiken ransoneringskostnaden sättes in långt innan den med 100 % sannolikhet är behövlig.

C.1.3.6 Marginalvärdet vid bristsituation

Normalt användes i de båda modellerna endast ett bristpris varvid ransoneringskostnaden vid detta pris är obegränsad och kan sättas in under obegränsad kort tid. Under dessa förutsättningar blir ransoneringsförfarandet i modellerna orealistiskt. Strategin som beräknas förutsätter denna möjlighet varvid de ransoneringskostnader som observeras i simulering av typår alltid är miniransoneringskostnader som aldrig sätts in annat än då de är med 100 % nödvändiga.

I praktiken är lastreduktion en betydligt mera trög företeelse som kräver en mycket fast styrning vilket i sin tur kräver en bestämd plan för genomförandet. Denna plan måste bygga på följande förutsättningar.

- a) Den energireduktion som planen maximalt omfattar måste vara tillräcklig för att garantera återstående primalast täckning på produktionsidan.
- b) Maximala energin skall på ett lämpligt sätt fördelas i tiden med hänsyn till möjlig effektreducering, tröghet vid igångsättning och avblåsning o.s.v.

Lastreduktion måste alltså i praktiken starta på ett tidigt stadium medan risken för att åtgärden kommer att vara nödvändig är väsentligt mindre än 100 %. En lastreduktion kommer alltså i verkligheten alltid att med viss sannolikhet vara helt eller delvis onödig.

Under tiden innan en lastreducering sättes in fungerar marginalvärdet, som då är mycket högt, som en indikator på risken för kraftbrist. Marginalvärdet är här ett beslutsunderlag inför eventuellt beslut om åtgärder. För att kunna fungera som sådant krävs från företagsledningens sida beslutskriterier som ut-
säger hur hög risken för brist får bli innan reduktionen måste sättas in.

Under tiden lastreduktion pågår är det dyraste ianspråkta fria skiktet ransoneringsskiktet. Detta är emellertid fritt reglerbart endast på lång sikt. På kort sikt kan detta betraktas som en fast tillgång och kraftsystemets fysikaliska momentana marginalvärde bestäms på vanligt sätt. Vatten-
värdet avspeglar då fortfarande risken för ransonering vid ohämmad last och kan nu tjäna som indikator på effekten av den vidtagna lastreduktionen och ev. tjäna som beslutsunderlag vid ställningstagande till avblåsning av reduktionen.

Under pågående lastreduktion torde normalt speciella direktiv gälla för kraftsystemens drift och samkörning och marginalvärdena sakna relevans som styrparametrar härför.

C.2 Bestämning av beräknade marginalvärdet med utgångspunkt från Vattenfalls modell (Se fig 4.)

C.2.1 Sammanfattning

Marginalvärdet är vid varje tidpunkt bestämt av nedanstående två huvudfaktorer.

- a) Vattenvärdet. Detta bestämmer den optimala avvägningen mellan vatten- och värmekraft ur långtidsregleringssynpunkt. Vattenvärdet bestäms av kraftsystemets parametrar 2 år framåt i tiden och är alltså helt och hållet baserat på långsiktiga prognoser. Vattenvärdet påverkas ej av aktuella avvikelser från prognosen vilka ej kan anses motivera att de långsiktiga prognoserna göres om.
- b) Aktuella restriktioner och kortsiktiga detaljerade prognoser på kraftsystemets parametrar. (Effektrestriktioner, korttidsregleringsbegränsningar, tvångskörningar, aktuell belastningsprognos och tillgänglighetsprognos, överenskomna utbyten etc.)

På basis av ovanstående material bestäms för den optimala långsiktiga avvägningen mellan kraftslagen (baserad på gällande långsiktiga prognoser) en optimal korttidsbalans (baserad på gällande kortsiktiga prognoser och kännedom om aktuell situation). Härvid kan det mycket väl inträffa att genom den mera detaljerade restriktionsbehandlingen i korttidsplaneringen den optimala avvägningen ej kan nås.

Marginalvärdet är alltså hela tiden samtidigt beroende av faktorerna under a) och b) ovan (långsiktig och kortsiktig information).

Marginalvärdet bestäms genom att först beräkna strategin i form av vattenvärdeskurvor med hjälp av programmet för långtidsplanering (se appendix 1). Den beräknade strategin kontrolleras avseende kraftsystemets representation och prognoser på dess parametrar. Vattenvärdet vid aktuellt magasin bestäms vilket bestämmer avvägningen mellan vatten- och värmekraft. På basis av denna avvägning göres detaljplanering som ger besked om marginalvärdet vid varje tidpunkt.

C.2.2 Beräkning av vattenvärdeskurvor

Denna beräkning göres med programmet för långtidsplanering (appendix 1).

Programmets möjligheter att taga hänsyn till företagets målsättning, kraftsystemets konfiguration och prognoser på parametrar utnyttjas härvid på bästa sätt.

C.2.3 Kontroll av vattenvärdesberäkningens förutsättningar

C.2.3.1 Optimeringsfilosofi

Avviker modellens avvägning mellan säkerhet och ekonomi från företagsledningens uttalade aktuella målsättning med driften?

Körningen kan dikteras av andra mål än den ekonomiska optimeringen mellan säkerhet och ekonomi. I så fall är den beräknade strategin ogiltig och kan ignoreras. Den gällande målsättningen bestämmer i stället via andra kriterier den avvägning mellan vatten- och värmekraft som skall användas. Denna avvägning användes sedan i detaljplaneringen.

C.2.3.2 Representation

Finns för strategin väsentliga faktorer som ej beaktas i modellen på ett nöjaktigt sätt?

Nedanstående punkter kan föranleda korrigerings av vattenvärdet.

- a) Om man vid ett tillfälle med välfyllt summamagasin har en mycket olämplig fördelning mellan delmagasinen innebär detta att man i vissa magasin kan ha en överhängande spillrisk. Detta kan med viss sannolikhet leda till överrinning om vattenvärdets avvägning mellan kraftslagen följes den närmaste tiden.
- I detta fall bör i detaljplaneringen körningen från magasinen ifråga läggas upp så att risken för överrinning hålls nere varvid alltså avvägningen vatten - värmekraft kan bli en annan än den vattenvärdet förutsäger.
- b) Om man på samma sätt vid lågt summamagasin har mycket olämplig fördelning kan detta innebära att för att kunna uppfylla effektbalansen och tappnings- och magasinrestriktioner för resten av säsongen man tvingas tappa vissa magasin på speciellt sätt. Detta kontrolleras i detaljplaneringen där man alltså får indikering på om man p.g.a. t.ex. restriktioner i övriga fria vattenkraften tvingas till en annan avvägning mellan kraftslagen än vad vattenvärdet förutsäger.

- c) Den ransonering modellen gör är mycket idealiserad. Ransonering förutsättes här kunna ske med obegränsad effekt under obegränsat kort tid. Modellen ransonerar aldrig heller annat än då det är med 100 % nödvändigt.

Detta förfaringssätt är i praktiken omöjligt. Man måste alltid ransonera med begränsad effekt och under längre tid. Ransonering måste göras i sådan omfattning att återstående primalast kan garanteras täckning på produktionssidan. Detta innebär att ett svåraste fall måste definieras och motsvarande ransoneringsenergi bestämmas och fördelas ut. Ransoneringen måste i praktiken starta på ett så pass tidigt stadium att det senare kommer att visa sig att den helt eller delvis var onödig.

Vattenvärdet mellan dyraste värmekraft och bristpris yttrycker en viss sannolikhet för att ransonering blir nödvändig. Problemet är att bestämma denna sannolikhet då ransonering måste starta.

- d) Modellen representerar tillrinningarna som okorrelerade mellan veckorna. Detta gäller i regel med tillräcklig grad av noggrannhet för ett system som Vattenfalls. I vissa fall torde dock korrelation finnas även i ett sådant system och främst då vintertid.

Om det av någon anledning kan anses vara styrkt att tillrinningarna kommer att vara starkt korrelerade under en lång tid framöver bör denna ytterligare information beaktas. Den beräknade strategin är visserligen självkorrigerande för sådant men ett bättre ekonomiskt resultat torde sannolikt kunna nås. Simuleringen kan ge anvisningar om konsekvenserna av att följa strategin om de olika vattenåren inträffar. Genom att på detta sätt simulera utvecklingen för några specifika intressanta år torde vissa slutsatser kunna dragas angående vilka korrekationer i avvägningen mellan vatten- och värmekraft som under dessa förutsättningar leder till en bättre körning.

Obs! Det gäller här verkligen att kunna styrka att tillrinningen är starkt korrelerad under en längre tid för att korrekationen skall ha någon mening. Det är mycket osannolikt att detta kan styrkas med någon större grad av säkerhet.

C.2.3.3 Prognoser

Finns det anledning att justera långtidsprognoserna på kraftsystemets parametrar?

Det gäller här verkligen långtidsprognoser på data. Kortsiktiga svängningar hos parametrarna påverkar ej vattenvärdet.

- a) Belastningen prognoseras med en summabelastning vars effekt definieras för hela beräkningsperioden. Endast en deterministisk effektprognos utan spridning inmatas. Om spridningen beaktades skulle vattenvärdena höjas, alltså om belastningsprognosen är mycket osäker är de beräknade vattenvärdena för låga. Enklaste sättet att bestämma vattenvärdets känslighet för avvikelser i belastningen är att bestämma spridningen i belastningsprognosen och sedan beräkna några olika balanser vid olika nivå på denna prognos.
- b) Kompletteringskraften definieras genom prognoser på pris och effekt. De långsiktiga priserna för återanskaffning av olja bestämmer tillsammans med schablonmässig korttidsreglering av värmekraften de rörliga kostnaderna. Återanskaffningspriset på olja torde vara väl kända för närmaste tiden men är för slutet av beräkningsperioden mycket svårprognoserbara. Vattenvärdena blir i motsvarande grad osäkrare mot slutet av perioden (mellan 1 och 2 år framåt).

Tillgängligheten prognoseras genom procenttal på idrift varande aggregat samt genom idrifttagningstidpunkter för avställda aggregat. När tillgängligheten ändras (t.ex. genom haveri) kan man tillfälligtvis innan strategin hinner omräknas korrigera den gamla genom att bestämma den utifrån ursprungliga strategin ändrade energitillgången och korrigera magasinsläget med detta belopp och läsa av vattenvärdet.

C.2.4 Bestämning av aktuell strategi

Först avgöres huruvida den av modellen beräknade strategin uppfyller företagets aktuella driftmålsättning. Om detta ej är fallet (C.2.3.1) är strategin given av den avvägning mellan kraftslagen som nämnda målsättning innebär och vattenvärdet saknar relevans.

Om målsättningen däremot gäller avsättes det aktuella magasinsläget i magasinpriskurvan och vattenvärdet avläses.

Om inga korrektioner eller villkor bestämts enligt C.2.3.2 och C.2.3.3 gäller detta vattenvärde och det föres vidare som strategi till detaljplaneringen.

Om enligt ovanstående punkter korrektioner och villkor bestämts gäller det avlästa vattenvärdet i kombination med dessa som strategi för detaljplaneringen.

C.2.5 Detaljplanering

C.2.5.1 Olika planeringssteg

Denna planering omfattar de efter långtidsplaneringen följande leden

säsongspanering inkl. tappningsfördelning
 veckoplanering (optimering av veckoregleringen)
 dygnsplanering (optimering av dygnsregleringen)
 timplanering

Veckoplanering och dygnsplanering göres med datamaskinprogram plus manuella kompletteringar. Dessa kompletteringar kan innebära att korrigera för sådant som modellerna ej representerar på rätt sätt eller att korrigera för att gjorda prognoser blivit inaktuella varvid dock den beräknade planen kan användas efter komplettering. De båda övriga stegen är manuella.

I säsongsplaneringen bestäms tappningen från olika delmagasin så att man eftersträvar samma risk för överrinning eller tömda magasin och med hänsyn till de under C.2.3.2 a) och b) angivna villkoren.

I veckoplaneringen optimeras veckoregleringen sedan lämplig tappningsfördelning mellan magasinerna fastställts.

I dygnsplaneringen optimeras dygnsregleringen vid en given veckoreglering.

I timplaneringen korrigeras löpande planerna efter den aktuellaste informationen om kraftsystemet.

Den optimala avvägningen mellan kraftslagen bestäms i alla fyra planeringsstegen primärt av vattenvärdet varvid beaktas de korrektioner och villkor som tillfogats (C.2.3). De olika planeringsstegen beaktar sedan olika detaljerade kapacitets- och regleringsbegränsningar hos kraftsystemet genom mera detaljerade modeller. Ju kortare planeringshorisonten blir desto bättre prognoser kan göras på kraftsystemets parametrar och desto mera exakta blir planerna.

C.2.5.2 Vattenkraftens gränsproduktionskostnad

Vattenvärdet uttrycker gränsvärdet av i långtidsmagasin lagrad vattenkraftenergi vid medelproduktionsförluster. Produktionsförlusterna i vattenkraft är ju beroende av aktuella produktionen. Således blir gränsproduktionskostnaden hos vattenkraften lika med vattenvärdet multiplicerat med aktuell produktionsförlust/medelproduktionsförlust. Ovanstående gäller då det är frågan om korttidsreglering av vattenkraftens veckoenergi vilken bestäms via vattenvärdet och därav följande utnyttjning av kraftslagen. Om härutöver kommer variation i veckoenergin måste även härav föranledd ändring av vattenvärdet beaktas.

Här sammansättes sålunda inverkan av de långsiktiga faktorerna som bestämmer vattenvärdet och de kortsiktiga faktorerna som direkt påverkar aktuell vattenkrafteffekt men ej påverkar vattenvärdet.

Ovanstående gränsproduktionskostnad gäller om vattenkraften är fritt reglerbar.

Om vattenkraften p.g.a. restriktioner i effekt och korttidsreglering, extrema mellantillrinningar el. dyl. ej är fritt reglerbar utan köres mot begränsningar är vattenkraftens gränsproduktionskostnad obestämmd.

C.2.5.3 Bestämning av beräknat marginalvärde

I varje plan finns en dyraste i drift varande fritt reglerbar produktions-tillgång vare sig det är en säsongsplan eller en timplan. Produktionskostnaden för denna fritt reglerbara produktionsstillgång är det aktuella marginalvärdet. Detta marginalvärde bestäms i samtliga planeringssteg enligt endera av nedanstående regler:

- a) När fritt reglerbar vattenkraft ej köres mot några restriktioner utan effekten är fritt varierbar åt båda hållen bestäms marginalvärdet av vattenvärdet multiplicerat med aktuella produktionsförluster/medelproduktionsförluster. Detta värde kan mycket väl råka bli detsamma som ett aktuellt kompletteringskraftskikts pris vilket då innebär att sist producerade MW-timme likaväl kan anses tagas ur detta skikt. Kvar står emellertid att det är vattenvärdet som bestämmer marginalvärdet.
- b) När fritt reglerbar vattenkraft köres mot begränsningar p.g.a. restriktioner i effekt och korttidsreglering, mellantillrinningar, annan tvångskörning etc. är gränsproduktionskostnaden i vattenkraft obestämbar. Marginalvärdet bestäms här av priset på sist utnyttjade kompletteringskraftskikt alltifrån spill och uppåt.

På detta sätt bestäms marginalvärdet för t.ex. en viss dag och olika långt i förväg beroende på vilket detaljplaneringssteg man befinner sig i. Marginalvärdet som bestäms för denna dag kan härvid variera beroende på om förutsättningarna varierar vartefter tiden framskrider t.ex. haverier i värmekraft, överenskomna utbyten etc. Detta är ofrånkomligt enär marginalvärden måste kunna beräknas olika lång tid i förväg beroende på att olika kraftutbyten skulle bestämmas för olika långa tidsperioder.

Varje marginalvärde måste bestämmas utifrån den färskaste information man för tillfället har för att optimal samkörning skall eftersträvas. (Se punkt C.1.3.4.)

C.2.5.4 Beräknat marginalvärde vid olika utbytespunkter

Med vattenvärde och marginalvärde har hittills avsetts de som gäller i referenspunkten (Hallsberg). Då utbyten skall göras i olika punkter i systemet måste detta värde omräknas till resp. utbytespunkt med hänsyn till förlustfaktorer.

C.3 Bestämning av marginalvärde med utgångspunkt från KR63

C.3.1 Sammanfattning

Marginalvärdet på energi i en aktuell driftbalans bestäms av bl.a. följande faktorer.

- a) Vattenvärdet som bestäms av de långsiktiga förhållandena. För KR63 betyder detta 1,5 år räknat från vecka 1. Av detta värde framgår vilken avvägning som skall göras mellan vattenkraft och olika slag av värmekraft sett över hela nämnda tidsperiod. Vid avvikelser från den långsiktiga prognosen får bedömningar göras huruvida dessa är av den storleksordningen att de långsiktiga prognoserna måste göras om.
- b) Faktorer som ej beaktas i den långsiktiga planeringen samt aktuella prognoser och restriktioner för den kortsiktiga planeringen.

Det marginalvärde som skall ligga till grund för den aktuella körningen av produktionssystemet och för utbyten av tillfällig kraft kommer alltså att vara beroende av såväl långsiktig som kortsiktig information.

Först beräknas strategin för det aktuella systemet i form av vattenvärdeskurvor. Därefter görs en kontroll av att representationen och parametrarna överensstämmer med de aktuella värdena. Genom att i vattenvärdeskurvan avläsa ett vattenvärde för aktuellt magasinläge avgörs fördelningen mellan de olika kraftslagen. Därefter görs en detaljplanering som ger marginalvärdet för olika tidsperioder.

C.3.2 Beräkning av vattenvärdeskurvan

I appendix 2 redogörs för denna beräkning.

C.3.3 Kontroll av vattenvärdesberäkningens förutsättningar

C.3.3.1 Optimeringsfilosofi

Om förutsättningarna för den aktuella körningen bestäms av andra faktorer än den målsättning som definierats för programmet är en vattenvärdesberäkning onödig. Dessa faktorer får i så fall användas som underlag för detaljplaneringen.

C.3.3.2 Representation

Det erhållna vattenvärdet kan behöva korrigeras om man i modellen ej på ett riktigt sätt har kunnat ta hänsyn till väsentliga faktorer t.ex.

- a) När man i modellen har slagit samman flera magasin och fyllnadsgraden i dessa är väsentligt olika, kan man vid detaljplaneringen beakta detta. I sådana fall kan fördelningen mellan vatten- och värmekraft bli en annan än den som erhållits i den långsiktiga beräkningen och därmed ändras också marginalvärdet.
- b) I beräkningen antages tillrinningarna okorrelerade mellan veckorna. Under vissa delar av året, när det finns påtaglig korrelation i tillrinningsvärdena, kan det vara motiverat att ta hänsyn till detta. Man kan göra en separat korrelationsberäkning på de i balansen ingående tillrinningarna och sedan justera aktuellt magasinläge med den framräknade energikvantiteten. Ett annat sätt är att vid

simuleringen av aktuell vecka ge vattenår med liknande tillrinningar högre vikt vid bedömningen. I båda dessa fall erhålles ett marginalvärde som skiljer sig från långtidsberäkningen.

- c) Modellens representation av energiransonering.
Här gäller samma betraktelsesätt som angivits i punkt C.2.3.2.c.

C.3.3.3 Prognoser

När skall de långsiktiga prognoserna justeras?

- a) Belastningen. Om man vid uppföljningen av belastningsstatistiken finner att den verkliga utvecklingen följer en annorlunda trend än den man har representerat i modellen kan man vid måttliga avvikelser göra en korrigering av det avlästa vattenvärdet. Blir avvikelserna större måste en ny beräkning med den nya belastningsprognosen göras. Eftersom man i modellen ej kan ta hänsyn till den spridning som finns i belastningsprognosen får man göra flera beräkningar med olika belastningsnivåer.
- b) Kompletteringskraften. De rörliga kostnaderna påverkas i stor utsträckning av oljepriset. I balansen, som omfattar en tidsperiod på upp till 1,5 år, måste ett förväntat genomsnittligt oljepris under perioden användas. Detta kan skilja sig från det aktuella återanskaffningspriset och det kan alltså vara nödvändigt med en justering av det framräknade vattenvärdet. Om tillgängligheten på kompletteringskraften ändras genom haverier kan hänsyn tagas till detta genom att justera magasinsläget med samma energikvantitet som fallit bort. Blir ändringen stor måste dock balansen räknas om.

C.3.4 Bestämning av aktuell strategi

Den aktuella strategin bestäms genom en stegvis process. Först görs kontrollen av målsättningen enligt C.3.3.1. Därefter undersöks representationen enligt C.3.3.2 och till slut kontrolleras prognoserna enligt C.3.3.3. Efter detta erhålles det vattenvärde som skall användas vid detaljplaneringen.

Av dessa kontroller är det den sistnämnda, som gäller prognoserna, som får göras oftast. Mera sällan behöver representationen kontrolleras. När det gäller målsättningen torde det vara sällsynt att för detaljplaneringen behöva kontrollera detta.

C.3.5 Detaljplanering

C.3.5.1 Olika planeringssteg

Efter långtidsplaneringen följer följande planeringssteg:

Säsongplanering
Veckoplanering
Dygnplanering
Timplanering

Vid säsongplaneringen räknar man balanser för olika belastningsalternativ och kan sedan studera hur strategin ändras vid olika alternativ på belastning och tillrinning.

Efter säsongplaneringen följer vecko-, dygns- och timplaneringen. I dessa olika steg tas hänsyn till produktionssystemets olika begränsningar genom alltmer detaljerade prognoser och modeller. Ju mer man närmar sig timplaneringen desto noggrannare är prognoserna och därmed också planerna och det beräknade marginalvärdet.

C.3.5.2 Vattenkraftens gränskostnad

Vattenvärdet anger gränsvärdet av i långtidsmagasin lagrad vattenkraftenergi vid 100 procents verkningsgrad och en definierad bruttofallhöjd. Omräknat till belastningscentrum betyder detta att vattenvärdet vid ett visst magasinssinnehåll kommer att variera med effektpådrag och fallhöjd.

I simuleringsdelen av KR63 sker denna omräkning automatiskt och vattenvärdet påverkar marginalpriset enligt de givna förutsättningarna för verkningsgradskurvorna och fallhöjderna.

Då man i planeringen direkt använder de ur vattenvärdeskurvorna avlästa värdena så måste dessa korrigeras med hänsyn till de genomsnittliga verkningsgrads- och fallhöjdsförluster man räknar med för planeringsperioden.

C.3.5.3 Bestämning av beräknat marginalvärde

Kostnaden för den dyraste i drift varande produktionen (vatten- eller värmekraft) som är fritt reglerbar bestämmer systemets aktuella marginalvärde.

När den fritt reglerbara vattenkraften är varierbar uppåt och nedåt bestäms marginalvärdet av vattenvärdet. Om man däremot har begränsningar som låser den fritt reglerbara vattenkraften bestäms marginalvärdet av det sista ianspråktagna kompletteringskraftskiktet.

Genom att förutsättningarna hela tiden ändras i ett produktionssystem varierar också marginalvärdet. Det betyder att man kan få olika marginalvärden för en viss period beroende på hur långt i förväg de är beräknade. Det är dock alltid den senaste informationen som skall användas om man skall eftersträva en optimal samkörning. (Se pkt C.1.3.4.)

C.3.5.4 Beräknat marginalvärde vid olika utbytespunkter

Vanligtvis räknar man om såväl produktion som belastning till en punkt i nätet, belastningscentrum, varifrån man med hjälp av överföringsförlusterna får räkna om marginalvärdet vid utbyten i andra punkter i nätet.

C.4 Deklarerat marginalvärde kontra beräknat d:o

Med beräknat marginalvärde avses det marginalvärde som strikt grundar sig på aktuella fakta om kraftsystemet samt från ansvarigt håll tidigare beslutad avvägning mellan säkerhet och ekonomi. Det är detta beräknade marginalvärde som åsyftats i den tidigare framställningen.

Det beräknade marginalvärdet kan alltså innefatta kvantifierbara korrekitioner motiverade av kraftbalansmodellernas ofullkomligheter vad gäller beaktande av kraftsystemets representation samt prognoser.

Med deklarerat marginalvärde avses det marginalvärde som man är beredd att basera kraftutbyten på och detta bör således överensstämma med det beräknade.

C.4.1 Förutsättningar för att kunna uppfylla samkörningens syften

Som framgår av punkt C.1.2 är samkörningens huvudsyften (sett ur totalsystemets synvinkel) att utnyttja det totala kraftsystemet på ekonomiskt optimalt sätt samt att fördela riskerna för spill och kraftbrist.

De idealiska förutsättningarna för att kunna nå dessa mål är att företagen i varje ögonblick är beredda att göra kraftutbyten baserade på de beräknade marginalvärdena.

Varje avvikelse mellan beräknat och deklarerat marginalvärde utgör ett hinder för optimal samkörning sett utifrån totalsystemets synvinkel.

C.4.2 De företagsekonomiska målsättningarnas betydelse

Som framgår av punkt C.1.2 är de deltagande företagens målsättningar grundläggande och de angivna syftena med samkörningen mer att betrakta som resultat av dessa målsättningar. Det är därför helt naturligt att det praktiska handlandet (som primärt styrs av företagsmålsättningarna) i samkörningssammanhang ofta råkar i konflikt med samkörningens syften från totalsystemets synpunkt sett.

Ur företagens målsättningskomplex, där de företagsekonomiska aspekterna väger mycket tungt, härleds företagets taktik. De beräknade marginalvärdena är i detta sammanhang saklig information om kraftsystemet. Om det härvid framkommer att en samkörning baserad på de beräknade marginalvärdena ej i nöjaktig grad tillfredsställer företagsmålsättningarna deklarerar ett annat marginalvärde. På detta värde är man beredd att basera kraftutbyten vilka man anser är i linje med den aktuella taktiken.

C.4.3 Följderna av manipulation med beräknade marginalvärdet

Varje manipulation med det beräknade marginalvärdet i syfte att tillfredsställa de företagsekonomiska intressena leder till att samkörningen ej fungerar på rätt sätt, totalekonomiskt sett.

När sådana manipulationer förekommer är samkörningsavtalet ej mer än ett avtal om att man är beredd att göra kraftaffärer. Vidare gör man då sken av att fördela vinsten efter en given regel vilken emellertid är satt ur spel emedan förutsättningarna för dess tillämpning ej är uppfyllda.

C.4.3.1 Vid låga och normala marginalvärden

Här skall en samkörning i första hand leda till en god ekonomisk utnyttjning av det totala systemet och i andra hand till riskfördelning.

Här kan en god samkörning försvåras av följande skäl.

- a) Säljande (köpande) företag deklarerar högre (lägre) marginalvärde än det beräknade för att kunna åtnjuta en kortsiktig högre vinst.
- b) Misstankar om riktigheten i motpartens marginalvärde kan hindra ett utbyte (accepterar ej motpartens vinst).
- c) Spekulationer om prisutvecklingen på sikt kan innebära en anpassning av deklarerade marginalvärdet i syfte att uppskjuta kraftutbytena till tidpunkt då priserna kan bli mer gynnsamma för företaget.
- d) Önskemål om en stor energireserv i det egna kraftsystemet som medför en höjning av marginalvärdet. (Man tror i princip ej på sitt eget ransoneringspris.) Man vill minska risken för att hamna i en bristsituation och därmed sammanhängande ekonomiska konsekvenser. (Man kan i bristsituation ej med åtgärder i sitt eget produktionssystem påverka situationen utan är helt beroende av de samkörande företagens strategi.)

C.4.3.2 Vid höga marginalvärden

Marginalvärdena antas i detta fall mycket höga. De ligger i intervallet fr.o.m. dyraste värmekraftproduktion och uppåt. Utbyten som överenskommes inom detta intervall betingar mycket stora värden i absoluta pengar och har väsentligt större inverkan på de totala driftkostnaderna än utbyten i lägre prisregister. En följd av detta blir att alla utbyten i detta register mycket noggrannare måste övervägas mot bakgrund av företagets ekonomiska målsättningar. Parallellt med detta gäller att i detta prisintervall företagets leveranssäkerhet är i farozonen. Varje utbyte får här relativt sett mycket större inverkan på företagets leveranssäkerhet än i lägre prisintervall. Således måste varje utbyte här mycket noggrant övervägas även mot bakgrund av företagets leveranssäkerhet.

Av ovanstående framgår att man har att räkna med en väsentligt skärpt konfliktsituation mellan ekonomimål och säkerhetsmål då marginalvärdena blir mycket höga. Ransoneringsprisets storlek har avgörande betydelse för hur höga marginalvärdena blir vid en given situation. Konflikten blir alltså svårare om man använder omotiverat höga ransoneringspriser. När man väl hamnat i en dylik svår situation är det ej motiverat att använda högre ransoneringspriser än att produktionsapparaten utnyttjas maximalt. En höjning av ransoneringspriset när situationen blivit kritisk har föga eller ingen effekt på bristrisken. (Verifierat genom beräkningar med båda kraftbalansmodellerna.) Höjningen medför endast en ytterligare ökning av marginalvärdena och en skärpning av ovannämnda konflikt. Den är dessutom ologisk eftersom ransoneringspriset ju hos kraftproducenten skall avspegla den marginella värdering av elkraft som

kunderna gör i sin avvägning mellan olika energiformer. Denna uppskattning av elkraft ändras inte med den varierande kraftsituationen hos elleverantören. Önskar man öka leveranssäkerheten genom att höja ransoneringspriset är det ett villkor att man ständigt använder detta pris för att kunna undvika att hamna i kritiska situationer vilket är förutsättningen för att leveranssäkerheten skall kunna höjas.

Vid dessa höga marginalvärden skall samkörningen i första hand leda till en utjämning av bristrisken mellan företagen.

Om så ej sker innebär detta att

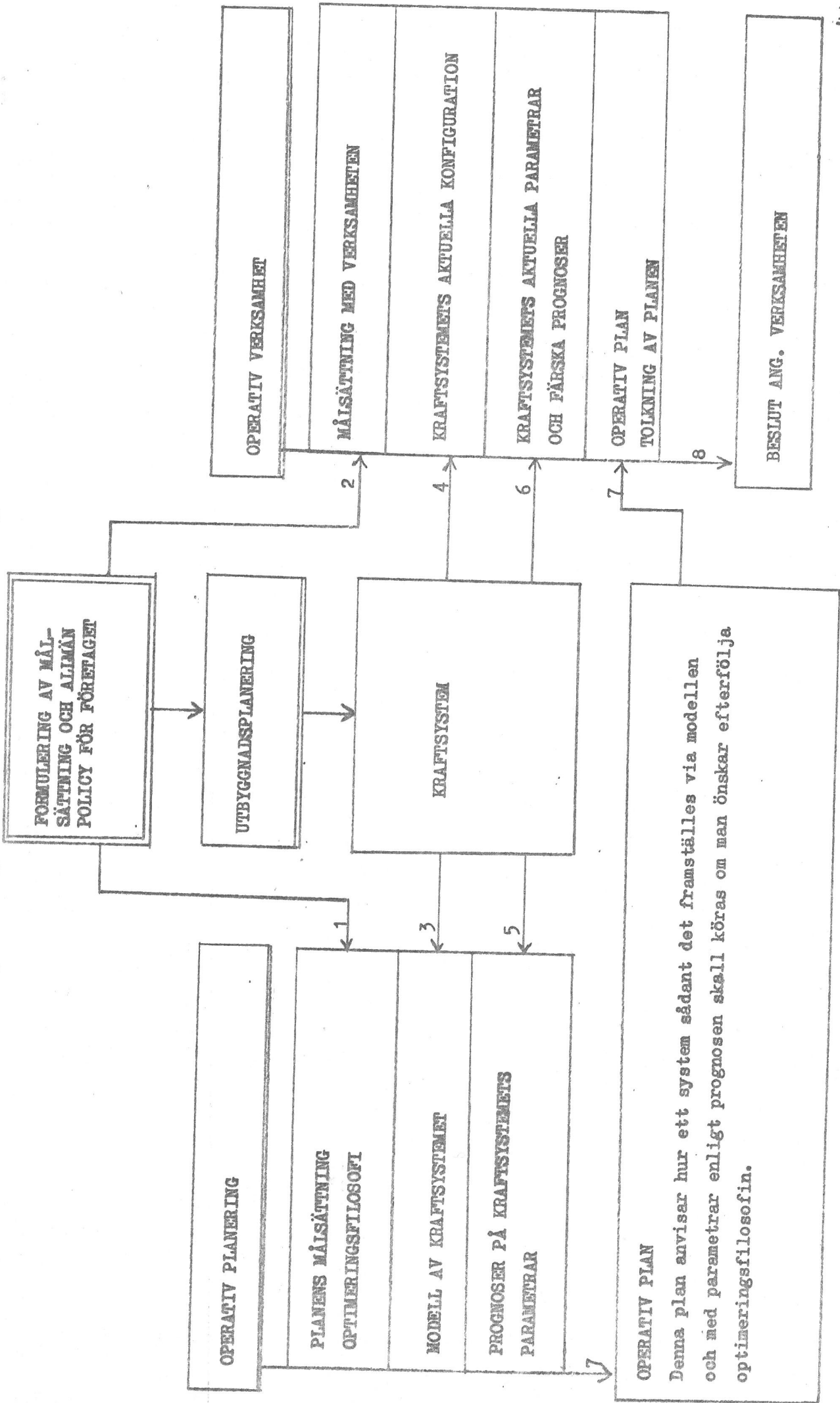
- 1) i de fall lastreducerande åtgärder måste vidtagas i totalsystemet kan det uppstå tekniska svårigheter att under kort tid hos överskottsföretagen producera och hos bristföretagen taga hand om utbyten som då bör komma till stånd. Dessutom kan det behöva träffas komplicerade avtal om utnyttningen av mycket snett fördelade energireserver (ex sen vårflod).
- 2) i de fall situationen ej ledde till lastreducering, har överskottsföretagen fått stå för energireserven åt bristföretagen utan någon ersättning.

En god samkörning kan här försvåras förutom av skälen a) - d) under punkt C.4.3.1 även av följande skäl.

- a) Säljande företag kan vara obenäget att sälja kraft från en redan svag balans (p.g.a. att man senare ej vill bli betraktad som bristföretag, se även C.4.3.1.d) vilket kan yttra sig i ett högt deklarerat marginalvärde eller ovillighet att göra affärer överhuvudtaget.
- b) Köpande företag kan vilja hålla ner utbytespriset genom att deklarerat ett för lågt marginalvärde eller maximera acceptabelt utbytespris. Motivet kan vara att man befarar att företagets räntabilitet blir för låg och att man därvid är benägen att prioritera räntabilitetsmålet före leveranssäkerhetsmålet. I detta läge anser företaget att värdet av inköpt kraft är lägre än marginalvärdet.
- c) Köpande företag deklarerar för lågt marginalvärde för att det själv ej vill deklarerat sig som bristföretag eller för att kompensera de ev. ekonomiska konsekvenserna av att de samkörande företagen känner till bristsituationen.
- d) Köpande företag deklarerar för lågt marginalvärde med motivet att en höjning skulle innebära att en mängd pågående utbyten skulle bli väsentligt dyrare men tillskottet av energi genom höjningen skulle bli mycket obetydligt, och ej nämnvärt påverka riskfördelningen. Dvs den marginella kostnaden för energitillskottet kan bli högre än det beräknade marginalvärdet.
- e) Köpande företag kan medvetet uppskjuta utbyten med baktanken att körningsstrategin vid dessa ansträngda tillfällen (max möjlig produktion) kommer att leda till att överskottsföretagens marginalvärde kommer att sjunka.

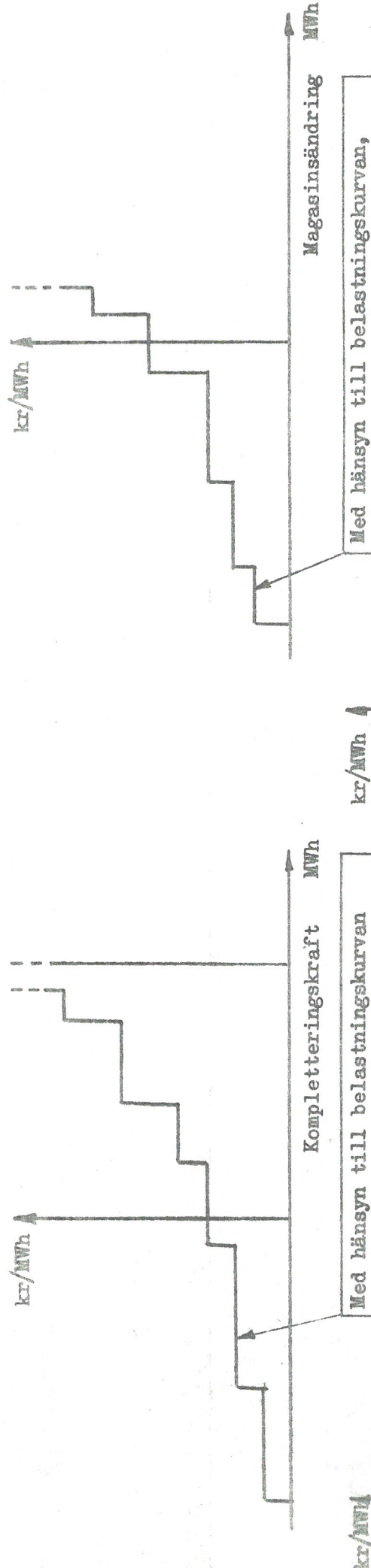
Det kan tidvis vara svårt att fastställa ett relevant marginalvärde. När ett företags marginalvärde överstiger priset på dyraste värmekrafttillgång avspeglar värdet, som tidigare framhållits, risken för att råka i bristsituation. Ransoneringspriset (som normalt bestämmer avvägningen mellan säkerhet och ekonomi när man kör enligt vattenvärdena) bestämmer här i hög grad storleken på marginalvärdet vilket här även är mycket känsligt för små magasinändringar. Väl inne i denna situation kan företaget ifrågasätta ransoneringspriset som värde på all form av lastreduktion. Med kännedom om vattenvärdets starka beroende av ransoneringspriset och små variationer i magasinläge står det klart att det kan medföra stora svårigheter att bestämma ett relevant marginalvärde i detta fall.

Trots ovannämnda problem är det viktigt att företaget (som här förutsättes uppträda som köpande) kan bestämma ett relevant marginalvärde så länge detta har direkt influens på priserna på eventuella kraftinköp. Köpande företags marginalvärde är ointressant om differensen mellan köpande och säljande företags värden överstiger två gånger de av SKN beslutade maximala pålaggen på säljarens marginalvärde. Under en ransoneringssituation är emellertid marginalvärdet som sådant ointressant ur samkörningssynpunkt emedan körning och utbyten styrs på annat sätt.



Figur 1

7 = 8 om 1 = 2 och 3 = 4 och 5 = 6.



Kompletteringskraft MWh

Magasinsändring MWh

Med hänsyn till belastningskurvan samt vattenkraftens effekt- och korttidsregleringsbegränsningar fritt utnyttjningsbar kompletteringskraft

Med hänsyn till belastningskurvan, vatten- och kompletteringskraftens effekt- och korttidsregleringsbegränsningar samt tillrinningar möjliga magasinändringar

Med hänsyn till tappningsgränser, tillrinningar och magasininsgränser möjliga slutmagasin

Hänsyn till långtidsmagasinets gränser tages vid sökning av skärningspunkten

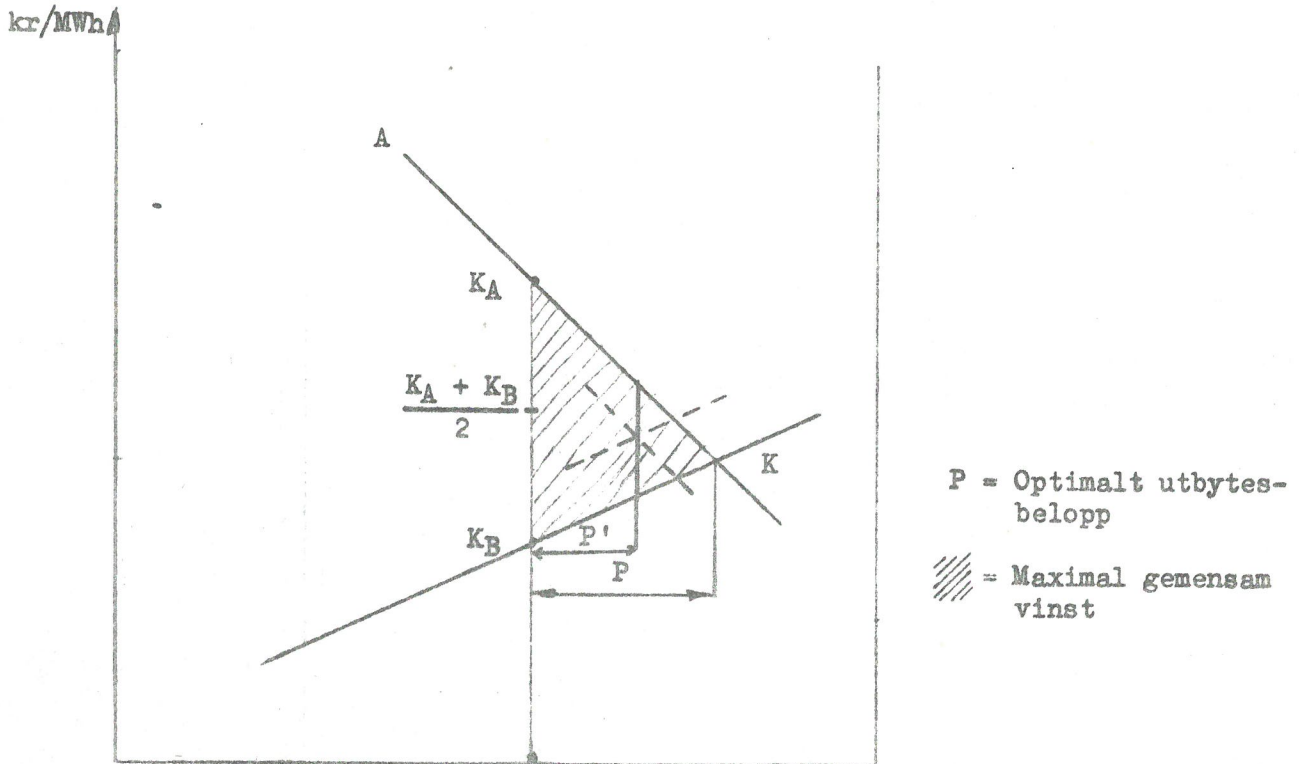
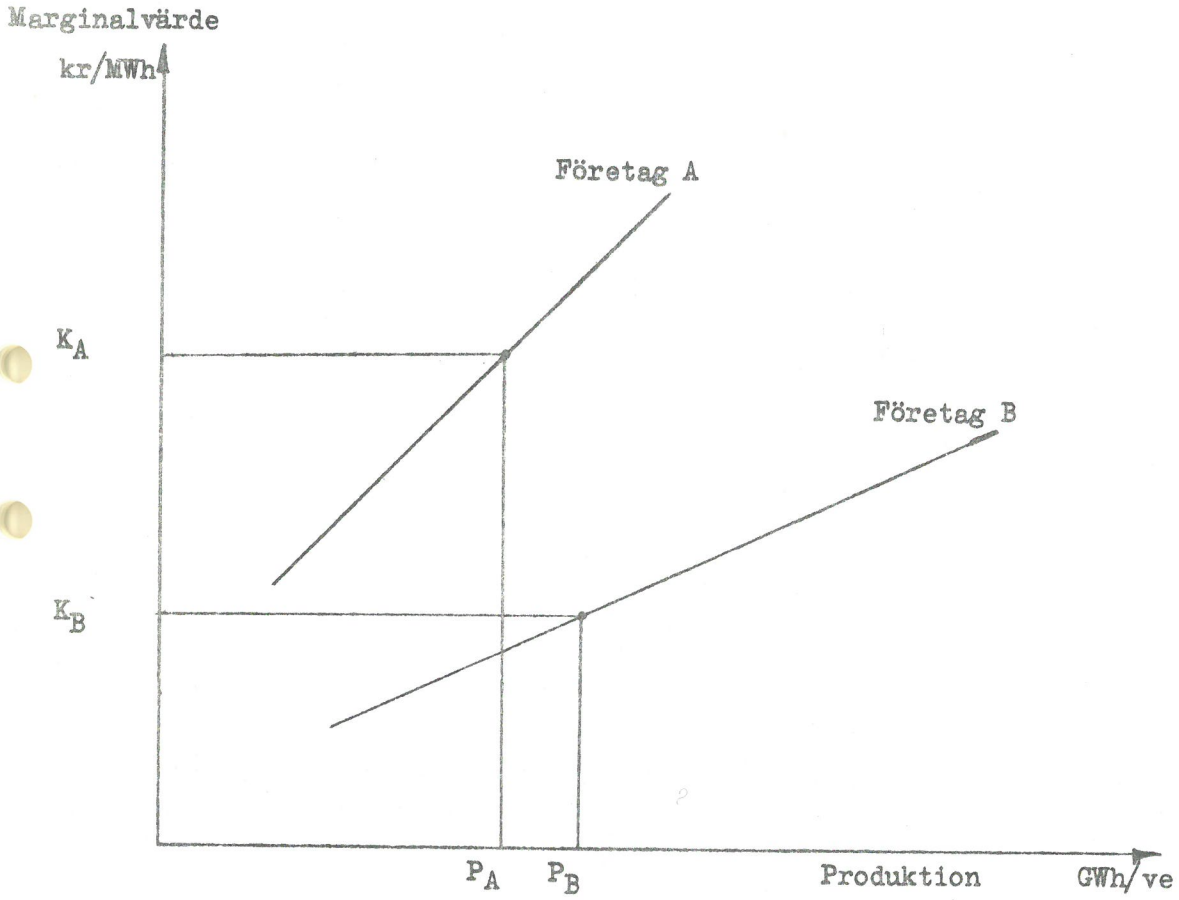
Fig. 2

Vattenfalls modell

MWh = elektrisk energi

KR63 MWh = naturenergi

Optimalt utbytesbelopp mellan två företag och gemensam vinst



LÅNGTIDSPLANERING

Långtidsplanens målsättning
 Kraftsystemets representation
 Långtidsprognoser

Innebär strategin att långtidsmålsättningen uppfylles?
 Tar modellen hänsyn till viktiga faktorer på ett nöjaktigt sätt?
 Finns anledning att justera långtidsprognoserna?

Vattenvärdeskurvor

Korrektioner samt villkor angående utnyttjningen av vatten- och värmekraft att beakta vid vattenvärdesbestämningen

VATTENVÄRDE

DETALJPLANERING

(Detaljerad rullande planering med hjälp av korttidsregleringsmodeller samt manuella beräkningar.)

Målsättningen är att utnyttja vatten- och värmekraft i de proportioner som definieras via vattenvärdet och dess eventuella korrektioner och villkor eller via speciella regler som bestäms genom annan målsättning än den vattenvärdet baserar sig på

Korttidsmodell av systemet

Aktuella data samt färska prognoser på viktiga parametrar

Vattenvärde i kombination med ev. korrektioner av vatten- och värmekraft

Speciella regler för utnyttjningen av vatten- och värmekraft

PLAN som uppfyller gällande målsättning

BERÄKNAT MARGINALVÄRDE

DEKLARERAT MARGINALVÄRDE

Endera

Härledning av regler för utnyttjningen av vatten- och värmekraft i enlighet med gällande målsättning

Vattenvärdesberäkningen i Vattenfalls kraftbalansmodell för långtidsbalanser

1. Representation av SV:s system i modellen

1.1 Tidsindelning

I modellens optimeringsdel kan man behandla upp till 104 st intervall fördelade på ett helt antal år, t.ex. 2 år med vardera 52 intervall. Modellens simuleringsdel kan behandla ett år i taget. Därvid kan beräkningen starta i ett godtyckligt intervall.

Varje intervall kan uppdelas i dag-, natt- och helgtid vilkas längd bestämmas fritt från intervall till intervall. Dessutom kan dag- natt- och helgtid uppdelas i topptid och övrig tid. Alla tider anges i hela timmar.

Modellen får anses ge tillräckliga möjligheter till tidsindelning.

1.2 Förbrukning

Förbrukningen representeras genom en varaktighetskurva för dag- natt- och helgtid under varje intervall. Kurvan utgör en rät linje genom resp. intervalls maximi- och minimeffekter (\bar{A} resp. \bar{B}). I SV:s belastningsstatistik redovisas för varje vecka under året topp- och bottenvärden samt medelvärden under dag- natt- och helgtid. Vid representationen i modellen utgår man för dagtid från toppvärde och medelvärde och erhåller således ett bottenvärde som något avviker från det normalt prognoserade medan man under natt- och helgtid utgår från bottenvärde och medelvärde och således erhåller ett något felaktigt toppvärde.

Den i SV:s modell använda representationen av förbrukningen ger en acceptabel överensstämmelse med verkligheten. Det vore relativt enkelt att ändra modellen så att varaktighetskurvorna representerades med krökta linjer som bättre avspeglar verkligheten men det är tveksamt om vinsten härav uppväger de nackdelar man får i form av mer komplicerad dataförberedelse.

Ett problem med förbrukningens representation i modellen utgör det förhållandet att SV:s förbrukning under ett torrår är högre resp. under ett våtår är lägre än under ett normalår. I modellen kan man inte ta hänsyn till olika storheters vattenårsberoende. Enda möjligheten är f.n. att på något sätt korrigera tillrinningsmaterialet vilket i praktiken är mycket besvärligt.

Årsförbrukningens fördelning på de olika veckorna beräknas hos SV normalt på basis av de senaste årens statistik över temperaturkorrigerad förbrukning samt med en hopvägning så att det senaste året väger tyngst. Veckor med helgdagar specialbehandlas varvid man tar hänsyn till bl.a. på vilken veckodag en helgdag infaller under olika år.

Framräkning av SV:s förbrukning sker genom att man utgår från uppmätt produktion vid generatorspänning och därefter korrigerar för års- och ersättningskraft m.m. samt tillfälliga utbyten inkl. uppskattade förluster. Eftersom nätförlusterna varierar beroende på var i nätet produktionskällorna ligger blir SV:s förbrukning i viss mån produktionsberoende. SV:s andel av de totala masknätsförlusterna utgör ytterligare en osäker post. I modellen kan man inte beakta ovanstående förhållanden men det torde inte ha någon avgörande betydelse eftersom felens storlek är betydligt mindre än osäkerheten hos förbrukningsprognosen. En eventuell förbättring av modellens representation av förbrukningen borde i första hand inriktas på att ange årsförbrukningen i form av en fördelningskurva så att man kan ta hänsyn till sannolikheten för att olika prognosalternativ skall inträffa.

1.3 Vattenkraft

I kraftbalansprogrammets optimeringsdel samt i "summa"-simuleringen består vattenkraftmodellen av ett långtidsmagasin med reglerbar tillrinning (TR) och i anslutning därtill en kraftstation, till vilken även kommer en oreglerbar tillrinning (TL). Tillrinningen representeras av ett statistiskt material i form av en observerad 30-årsserie. Data ges här uttryckta i MW och MWh elektrisk produktion. Reglerbar och oreglerbar tillrinning utgör den spillkorrigerade summan av alla enskilda reglerbara och oreglerbara tillrinningar och anges i MWh/period. (Se pkt 4.2.)

Långtidsmagasinet bestäms av varierbara övre och undre gränser (\hat{M} resp. \bar{M}) utgörande summan av alla enskilda magasins gränser omräknat i elektrisk energi.

Övriga faktorer som bestämmer produktionen utgöres av maximalt möjlig, minsta periodvärde samt minsta momentanvärde på vattenkraftproduktionen (\hat{V} , \bar{V} resp. V). Beträffande korttidsreglering se punkt 2.

Vid bestämning av maximalt möjligt vattenkraftproduktion tages viss hänsyn till överföringsbegränsningar. Överföringsförmågan på nätet beror på bl.a. den totala produktionen i söder vilken i sin tur beror på både SV:s och övriga företags kraftbalansläge och körningsstrategi. Den maximalt möjliga vattenkraftproduktionen är alltså i praktiken inte någon entydig storhet vilket förutsättes i modellen.

Vattenkraftproduktionens minimivärden används i modellen för att beräkna maximalt möjlig tillsatskraft. De i SV:s modell använda värdena utgör erfarenhetsvärden från torrår vilka kontrolleras genom beräkning av dygns- och veckobalanser för några typveckor under året.

I detaljsimuleringsmodellen som i första hand utnyttjas för att erhålla spillkorrektur av tillrinningarna representeras vattenkraftsystemet genom maximalt 100 element vilka kan hopkopplas till önskad konfiguration. För varje element anges en årsmedelproduktionsekvivalent, utbyggnadsvattenmängd, mintappning samt max- och minmagasin. Tidsberoende restriktioner kan inläggas som i verkligheten medan däremot tappningsrestriktioner som beror på aktuellt magasininnehåll, isförhållanden etc. ej kan representeras korrekt.

Denna spillkorrektur är av vital betydelse för en magasinmodell av detta slag. Genom att optimering och summasimulering sker med utgångspunkt från

ett summamagasin är det viktigt att reglerbara tillrinningen till detta har korrigerats för spill som av skilda orsaker uppkommer i de olika stationerna. I detaljsimuleringen bestäms storleken av detta spill.

Vattenberoende års- och ersättningskraft inlägges i produktionsekvivalenterna.

1.4 Kompletteringskraft

I SV:s modell finns möjlighet att mata in 24 st olika inköps- och försäljningsskikt. Priset på ett visst skikt kan varieras för varje intervall. De tillgängliga effekterna anges i MW och kan varieras enligt den tidsindelning som anges under pkt 1.1, d.v.s. en period (vecka) kan uppdelas i sex intervall. Genom att modellen tillåter att man anger effekterna noll under önskade tidsavsnitt kan man variera såväl priser som effekter nästan godtyckligt. Nuvarande programversion är dock ej så "konsumentvänlig" när det gäller inmatning av indata och utvärdering av resultaten att man i praktiken helt kan utnyttja möjligheterna.

Haveri- och revisionsavdrag för värmekraftaggregaten göres innan man matar in effekterna i programmet. Vid försäljning av spärrkraft eller saxningskraft som är bunden till ett visst aggregat göres avdrag direkt på aggregatets effekt. Inköpt spärrkraft inlägges som ett tillgångsskikt med varierande effekt under dag- natt och helgtid enligt respektive avtal. Start- och stoppkostnader kan inte beaktas. Om man i en balans skulle vilja kunna ta hänsyn till korttidsregleringen i så hög grad att man även beaktar start- och stoppkostnader torde man tvingas ange timvärden på förbrukningen.

Beräkning av maximalt möjlig samt minsta möjliga kompletteringskraft utföres av programmet och en korrigerig här för göres innan beräkningen av vattenvärdeskurvorna startar. (Se punkt 2.)

1.5 Leveranssäkerhetsparametrar (Energibrist)

I ett kraftsystem av Vattenfalls typ finns alltid risken för energibrist. Denna värderas i Vattenfalls modell till ett visst pris i Kr/MWh. Möjlighet finns att skikta bristen så att olika pris kan sättas på olika bristeffekter. Dock finns alltid ett skikt, det med högst pris eller det enda skiktet (om endast ett pris användes), med obegränsad effekt. Dessa bristskikt beaktas i modellen som produktionstillgångar i kategorin kompletteringskraft. De ingår i optimeringen på samma sätt som övrig kompletteringskraft och den beräknade strategin blir en funktion av ransoneringseffekter och -priser.

Leveranssäkerheten hos en strategi är alltså grundad på rent ekonomisk optimering där kostnaden för kraftbrist beaktas.

I ett normalt starkt dimensionerat kraftsystem kan strategins leveranssäkerhet varieras genom variation av ransoneringspriset. I ett mycket svagt system kan priset naturligtvis höjas och vattenvärdena åka upp men det har ingen effekt emedan i regel redan vid normala ransoneringspriser strategin innebär full utnyttjning av systemets resurser. Jämför motsvarande förhållande i minimizonmetoden: Strategin kan göras leveranssäkrare ända tills zonen för viss sannolik tillrinning når dämmningsgränsen. Större momentan leveranssäkerhet kan aldrig erhållas än den där leveranssäkerhetskurvan tangerar dämmningsgränsen.

Modellens sätt att representera ransonering med alltid ett skikt med obegränsad effekt är ej verklighetstroget. Ransonering sker alltid med viss begränsad effekt.

2. Preparering av data för optimeringen

För varje periods (dag, natt och helg) topptid och övrig tid har inlästs en prisstege där effekt och rörlig kostnad anges för varje skikt. (Bil. 1 fig. 2). För hela intervallet (dag, natt och helg tillsammans) skall nu bestämmas en energiprisstege som skall användas vid optimeringen av vatten- och värmekraftproduktionen. Denna prisstege skall beskriva för de förekommande rörliga kostnaderna den energi som är fritt utnyttjningsbar ur energibalanssynpunkt. Denna energi kan alltså användas som alternativa tillgångar till eller avsättning för vattenkraft.

I varaktighetskurvan för belastningen bil. 1 fig. 1 inlägges de tre linjerna motsvarande \hat{V} , \bar{V} och \check{V} . Linjen \bar{V} kantras så att den blir parallell med den räta linjen som beskriver lastens varaktighetskurva. Den kantrade linjen placeras så att ytan B blir lika med ytan A. Kantringen representerar korttidsregleringen inom perioden. Genom ovanstående kantring kommer korttidsregleringen under perioden att ske på ekonomiskt optimalt sätt. Den aktuella linjen beskriver vattenkraftproduktionen i förhållande till lasten vid minimalt vattenkraftutnyttjande.

För att bestämma vilka möjligheter man har att fritt variera kompletteringskraften i samband med variation av vattenkraftsutnyttjandet bestäms dels hur kompletteringskraften utnyttjas vid maximal insats av vattenkraft dels vid minimal insats.

Antag att vattenkraften utnyttjas maximalt (effekten är alltså \hat{V} hela perioden). Ligger denna linje helt ovanför belastningslinjen betyder ytan mellan linjerna största möjliga överskott i vattenkraft och den mest ekonomiska utnyttjningen av möjlig sådan avsättning bestäms. Ligger linjen däremot helt under belastningslinjen betyder ytan upp till belastningslinjen minimalt utnyttjande av tillgångar utöver vattenkraft och den ekonomiskt bästa täckningen av denna bestäms. Om linjen \bar{V} skär belastningslinjen resulterar detta i en kombination av ovanstående.

Antag i stället att vattenkraften utnyttjas minimalt under perioden. Effekten beskrivs av en av \check{V} , den kantrade linjen samt eventuellt \hat{V} sammansatt linje. Ligger denna linje helt ovanför belastningslinjen betyder ytan mellan linjerna minsta möjliga överskott i vattenkraft och den mest ekonomiska utnyttjningen av möjlig sådan avsättning bestäms. Ligger linjen helt under belastningslinjen betyder ytan upp till denna ett maximalt möjligt utnyttjande av tillgångarna utöver vattenkraften och den ekonomiskt bästa täckningen av denna bestäms. Om linjen skär belastningslinjen resulterar detta i en kombination av ovanstående.

På ovanstående sätt har två energistegar bildats för varje period (dag, natt och helg) och för varje intervall under året. Den ena stegen refererar till maximal, den andra till minimal vattenkraftproduktion. För varje

intervall sammansättes de tre periodernas stegar så att endast två resulterande stegar för resp. intervall erhålles. Ur dessa samman-sättes två nya energistegar, den första bestående av minimal utnyttjning både av behov utöver vattenkraft och av tillfällig avsättning. De energier som upptages i denna stege deltagar ej i optimeringen av kombinationen vattenkraft-värmekraft emedan energierna ej alternativt kan ersättas av vattenkraft. Den andra stegen består av maximal utnyttjning både av behov utöver vattenkraft och av utnyttjning av tillfälliga avsättningsmöjligheter. Genom att draga den första stegen ifrån den andra erhålles en stege innehållande den ur energibalanssynpunkt fritt reglerbara kompletteringskraften vilken kommer att användas i optimeringsfasen. Samtidigt korrigeras belastningen så att ytan C fråndrages i toppen och ytan D lägges till i botten. Den så erhållna lasten kommer att användas i optimeringen. (Se bilaga 1 fig. 1.)

För varje intervall ommöbleras skikten i ovannämnda fritt reglerbara kompletteringskraftstegen till en prisstege med ständigt stigande rörlig kostnad. Denna stege uttrycker hur skikten skall utnyttjas vid olika behov av effekt utöver vattenkrafteffekt resp. överskott i vattenkrafteffekt i förhållande till den aktuella belastningen. Bil. 1 fig. 3. Stegen uttrycker att alla tillgångsskikt eller delar därav vars pris är lägre än eller lika med det aktuella pris som avläses i stegen (vilka skikt därmed ligger till vänster om aktuell effekt) skall utnyttjas. Samtidigt gäller att alla överskottsskikt eller delar därav som har pris högre än eller lika med aktuellt pris skall utnyttjas (vilka skikt därmed ligger till höger om aktuell effekt).

3. Optimeringen

3.1 Givet

Belastningen B_0 är hela intervallets belastningsenergi inklusive ovanstående korrekationer.

Maximal vattenkraftproduktion under hela intervallet är \hat{A} och bestäms av \hat{V} under varje period.

Minimal vattenkraftproduktion under hela intervallet är \check{A} och bestäms av \check{V} under varje period.

Reglerbar tillrinning (spillkorrigerad m m) är T_R .

Oreglerbar " " " T_L .

Maximi- och minimimagasinen vid intervallskarvarna är \hat{M} resp. \check{M} .

Ur energibalanssynpunkt fritt utnyttjningsbara tillgångar utöver vattenkraft samt avsättning av överskott i vattenkraft är bestämda genom en energiprisstege för varje intervall. Energiprisstegen avslutas uppåt med ett eller flera ransoneringsskikt genom vilka kostnaderna för minskade primärlastleveranser värderas.

3.2 Sökt

Ett gränsvärde på lagrat vatten vid början av varje intervall och för varje möjligt magasinläge. Målsättningen för gränsvattenvärdet är följande. Om vid godtycklig tidpunkt och godtyckligt magasinläge tillgångar utöver vattenkraft tages i anspråk upp till ett pris lika med gränsvattenvärdet och tillfälliga avsättningar göres till ett pris ned till ett värde lika med gränsvattenvärdet skall det sannolikt bästa ekonomiska resultatet eftersträvas vid en leveranssäkerhet som definieras via värderingen av bortransonerad energi. Överskottsenergi som ej kan utnyttjas för tillfälliga avsättningar värderas till noll.

Vattnets gränsvattenvärde skall vara definierat mellan den magasin-nivå som definieras som 0 (även om \bar{M} ej råkar vara 0) och \bar{M} . Ovanför \bar{M} får man aldrig komma (det förutsättes att man kan spilla obegränsat). Under 0 får magasinet aldrig komma. (Man förutsättes kunna ransonera obegränsat.) Däremot är det tänkbart att komma under \bar{M} . (Om t.ex. \bar{M} ökar mellan två intervall och TR under ifrågavarande tid ej är så stor som krävs för denna ökning. Om efter ett intervall magasinet kommer under \bar{M} är villkoret att hela TR sparas i magasinet).

3.3 Beräkningsprincip

En vattenvärdeskurva enligt bilaga 2 förutsättes känd vid slutet av ett intervall (= kurvan som gäller vid början av nästa intervall). Motsvarande kurva bestäms för början av intervallet så att målsättningen uppfylles. Detta upprepas för intervallet före nämnda intervall o.s.v. baklänges i tiden. Året knyts ihop och flera varv kan genomlöpas ända tills den nya kurvan avviker med mindre än 1 % från föregående i någon punkt. Varje kurva bestäms i 21 punkter.

Vid bestämning av gränsvattenvärdet (\bar{M}) vid ett visst magasinläge (BM) i början av ett intervall förfäres enligt följande. En vattenvärdeskurva vid slutet av intervallet förutsättes känd. Det ekonomiskt bästa resultatet erhålles om summan av under intervallet erlagda driftkostnader för kompletteringskraft och minskningen under intervallet i värdet hos lagrad vattenkraftenergi minimeras. Om vid slutet av perioden det lagrade vattnets gränsvärde är större än gränsvärdet av under perioden utnyttjad dyraste kompletteringskraft innebär detta att kostnaden för den sist producerade MWh vattenkraft under intervallet är högre än för den sist producerade MWh kompletteringskraft. En omreglering från vattenkraft till kompletteringskraft innebär ekonomisk vinst. Om det lagrade vattnets gränsvärde vid slutet av perioden är lägre än under perioden dyraste utnyttjade kompletteringskraft gäller att en omreglering från kompletteringskraft till vattenkraft ger ekonomisk vinst. Bästa ekonomi erhålles då värdet på lagrat vatten vid slutet av perioden är det samma som värdet av dyraste under perioden utnyttjade kompletteringskraft och man därvid inom restriktionernas ram eftersträvat konstant körning på detta värde under intervallet. Naturligtvis gäller även för vatten-

kraften att man inom restriktionernas ram skall eftersträva att gränsvärdet på lagrat vatten skall hållas konstant varvid gäller att det sökta värdet vid periodens början är detsamma som värdet vid periodens slut och alltså lika med värdet av dyraste utnyttjade kompletteringskraft.

Det gäller således att söka den avvägning mellan vattenkraft och värme-kraft som innebär att priserna överensstämmer. Praktiskt löses detta genom att i kompletteringskraftens energiprisstege inrita en kurva som visar hur gränsvärdet på lagrat vatten vid periodens slut varierar vid varierande utnyttjning av kompletteringskraft.

3.4 Rutin för bestämning av vattenvärdet vid visst magasin

I bilaga 2 visas dels hur vattenvärdeskurvan ser ut vid slutet av intervallet, dels hur kompletteringskraftstegen ser ut (ur energibalanssynpunkt fritt reglerbar energi). För ett givet tillrinningspar (TR, TL) skall nu den rätta avvägningen mellan kraftslagen bestämmas.

Först måste det intervall avgränsas inom vilket vattenkraften är fritt reglerbar ur energibalanssynpunkt, och där alltså gränsvärdet är bestämt. I intervallets båda ändpunkter är värdet obestämt emedan produktionen där ej fritt kan ändras.

$$\begin{cases} \check{Q}^* = \text{MAX} [\text{TL}, \text{BM} + \text{TR} + \text{TL} - \hat{M}, \text{MIN} (\check{A}, \text{BM} + \text{TR} + \text{TL} - \check{M})] & \text{Min. tappning} \\ \hat{Q}^* = \text{MAX} [\check{Q}^*, \text{MIN} (\hat{A}, \text{BM} + \text{TR} + \text{TL} - \check{M})] & \text{Max. "} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \hat{M}^* = \text{BM} + \text{TR} + \text{TL} - \check{Q}^* & \text{Max. slutmagasin} \\ \check{M}^* = \text{BM} + \text{TR} + \text{TL} - \hat{Q}^* & \text{Min. "} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \hat{A}^* = \text{MIN} (\hat{A}, \hat{Q}^*) & \text{Max. elproduktion i vatten} \\ \check{A}^* = \text{MIN} (\hat{A}, \check{Q}^*) & \text{Min. " " " "} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \hat{Z} = \text{BO} - \check{A}^* & \text{Max. kompletteringskraft} \\ \check{Z} = \text{BO} - \hat{A}^* & \text{Min. " " " "} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \hat{X} = f(\check{M}^*) & \text{Vattenvärde vid min. slutmagasin} \\ \check{X} = f(\hat{M}^*) & \text{" " " " " " " "} \end{cases}$$

Ovanstående ekvationer definierar för varje punkt i magasinet och för varje tillrinningspar det sökta intervallet. Kurvdelen mellan \hat{M}^* och \hat{M}^* i vattenvärdeskurvan transformeras över till kurvan mellan \hat{Z} och \hat{Z} i kompletteringskraftkurvan. Om denna kurva skär kompletteringskraftkurvan bestämes avvägningen mellan kraftslagen av skärningspunkten. I denna skärningspunkt är gränskostnaderna för kraftslagen lika och denna gränskostnad är det vattenvärde som skall gälla vid begynnelsemagasinet BM för att driften ekonomiskt sett skall bli den bästa med det givna tillrinningsparet.

Om kurvorna ej skulle skära varandra innebär detta att vattenkraften ej är reglerbar i den utsträckning som skulle erfordras för att uppnå samma gränskostnader hos kraftslagen. I detta fall väljes den avvägning som ger ekonomiskt sett det bästa resultatet. Vattenkraften köres mot den restriktion som uppfyller denna målsättning. Gränskostnaden är här obestämd. Det sökta gränsvärdet på vattenkraft vid periodens början bestämes som gränsvärdet hos kompletteringskraft vid nämnda avvägning.

På detta sätt bestämes ett vattenvärde vid det valda begynnelsemagasinet för varje tillrinningspar (normalt 30 st). Varje tillrinningspar bedömes kunna inträffa med lika stor sannolikhet. Härav följer att varje framräknat gränsvärde är lika sannolikt. Det hopvägda sannolika gränsvärdet är en produktsumma av varje värde gånger dess sannolikhet.

På detta sätt beräknas för 21 olika magasinlägen en ny vattenvärdeskurva för början av intervallet. När denna är klar upprepas alltsammans för intervallet närmast före o s v tills konvergens erhålles.

4. Simulering

Simuleringar av två slag utföres.

4.1 Summasimulering

När vattenvärdesberäkningen är avslutad har strategin för körningen av kraftsystemet beräknats i form av styrkurvor varur utnyttningen av olika kraftslag kan bestämmas. Summasimuleringen innebär att driften av kraftsystemet i enlighet med denna strategi simuleras varvid kraftsystemet fortfarande representeras som ett enmagasinssystem.

Förutsättningarna vad gäller systemets representation och prognoserade parametrar är desamma i simuleringen som i optimeringen. Från ett bestämt magasinläge en bestämd tidpunkt köres kraftsystemet efter det avlästa vattenvärdet ett intervall, nytt magasinläge vid nästa intervalls början bestämes och nytt vattenvärde avläses o.s.v. På detta sätt studeras driften för i regel 52 veckor framåt för vart och ett av tillrinningsmaterialens 30 vattenår.

Denna simulering visar konsekvenserna av att följa den framräknade strategin under de givna förutsättningarna samt om vissa speciella utvecklingar antages på tillrinningssidan, nämligen de som observerats under vart och ett av de 30 vattenåren. Spill, utnyttning av kompletteringskraft (produk-

tion, inköp, leverans), ransonering, driftkostnader samt rena energibalanser för år och delar av år kan studeras mot bakgrund av de nämnda förutsättningarna. Statistisk bearbetning göres av en mängd dylika resultat från en sådan 30-års-simulering.

4.2 Detaljsimulering

Denna simulering utföres ej i Vattenfalls ordinarie kraftbalansprogram för strategiberäkning utan i en speciell version.

När de reglerbara tillrinningarna till summamagasinet skall bestämmas genom addition av magasinstillrinningarna till en mängd delmagasin är det nödvändigt att korrigera för tvångstappning från magasinet (bestämd av mintappning från magasin samt mintappning i stationer i kombination med mellantillrinningen) samt överrinningsspill.

Dessa korrektioner görs i en detaljmodell av vattenkraftsystemet vilket kan representeras genom upp till 100 element bestående av ett magasin med max- och mingräns, magasinstillrinning och mintappning från magasinet samt en kraftstation med produktionsekvivalent, mintappning, utbyggnadsvattenföring samt mellantillrinning. Ur ovanstående faktorer kan reglerbar och oreglerbar tillrinning bestämmas utan hänsyn till överrinningsspill.

Detta senare bestäms på följande sätt. Ovanstående ofullständigt korrigerade tillrinning användes i en vanlig vattenvärdesberäkning. Simuleringen går sedan till så att vattenvärdet avläses i intervallets början och total vattenkraftenergi bestäms som i summasimuleringen. Fortsättningen beror på tidpunkten på året.

Intervallet efter höstfloden - före vårfloden

Restmagasinet före vårfloden bestäms av det just avlästa vattenvärdet. Detta restmagasin fördelas mellan elementen så att samma sannolikhet för att magasinen skall fyllas under den kommande magasineringsperioden eftersträvas. Härefter fördelas tappningen från de olika magasinen så att alla med samma sannolikhet skall kunna uppnå respektive beräknade restmagasin.

Intervallet vårflodens ankomst - höstflodens slut

Vid vårflodens ankomst observeras varje magasins innehåll. Fördelningen av totala tappningen under intervallet göres här på så sätt att man från de slutmagasin man får vid intervallets slut skall få i möjligaste mån samma sannolikhet för att magasinen skall bli fyllda.

Efter att på detta sätt fördelat tappningen under ett intervall kan begynnelsemagasinet för nästa intervall bestämmas och ett nytt vattenvärde avläsas o.s.v. på samma sätt som just beskrivits. Magasinsutvecklingarna för alla delmagasinen följs upp för hela vattenårsserien och allt överrinningsspill bestäms och tillrinningen korrigeras.

Den nya korrigerade tillrinningen kan nu användas i optimeringen och det hela upprepas från början. Teoretiskt sett är det här frågan om en iterationsprocess som bör fortgå tills inget ytterligare överrinningsspill konstateras. I praktiken nöjer man sig med två varv.

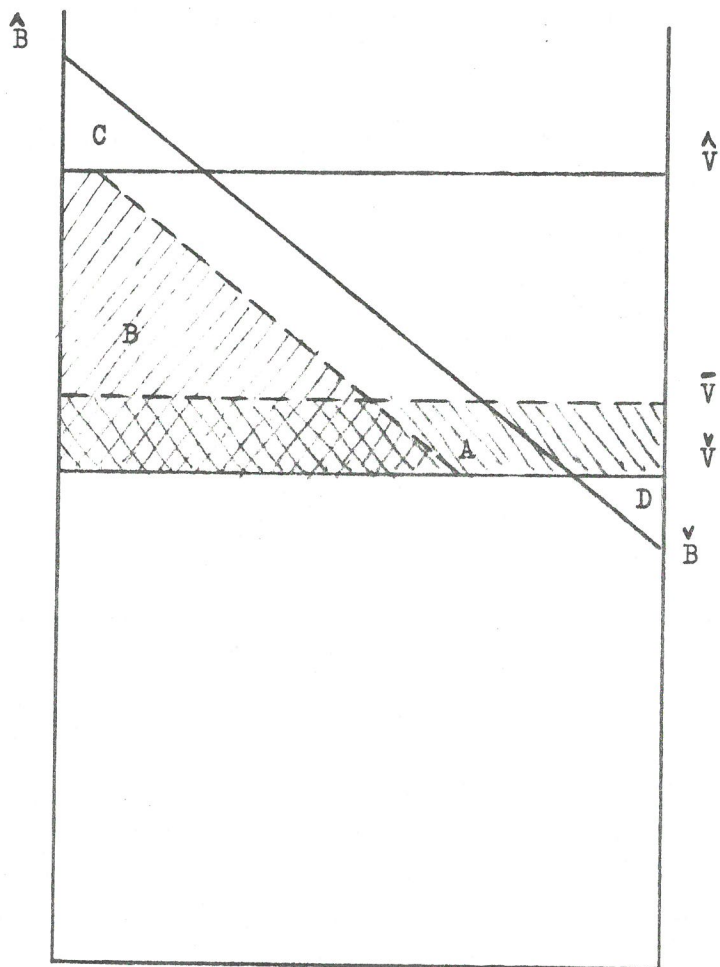


Fig. 1

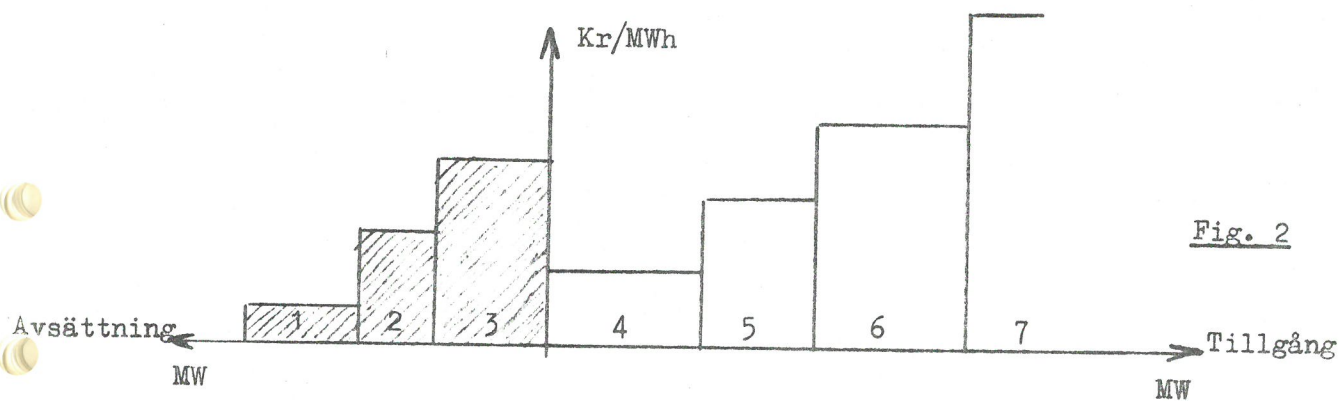


Fig. 2

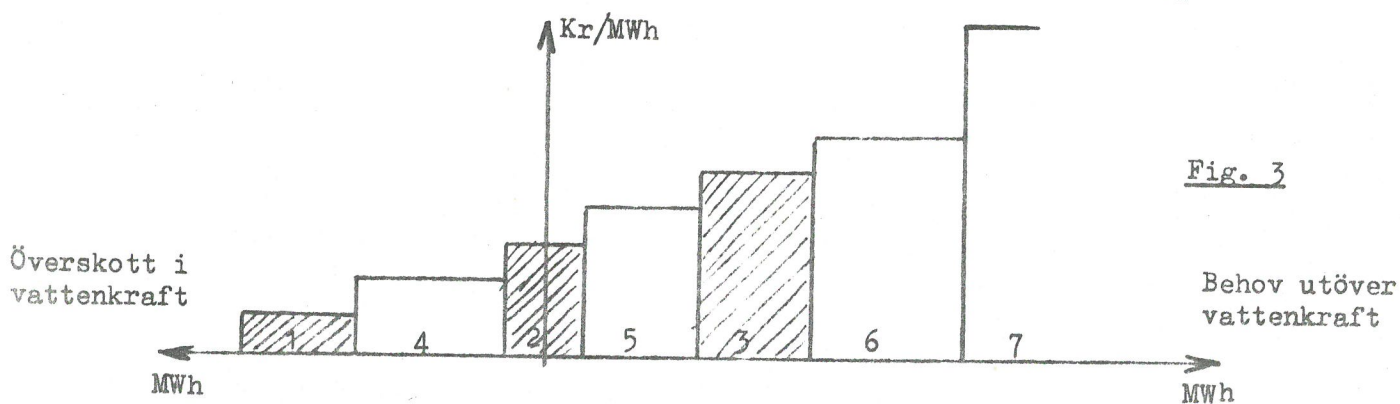
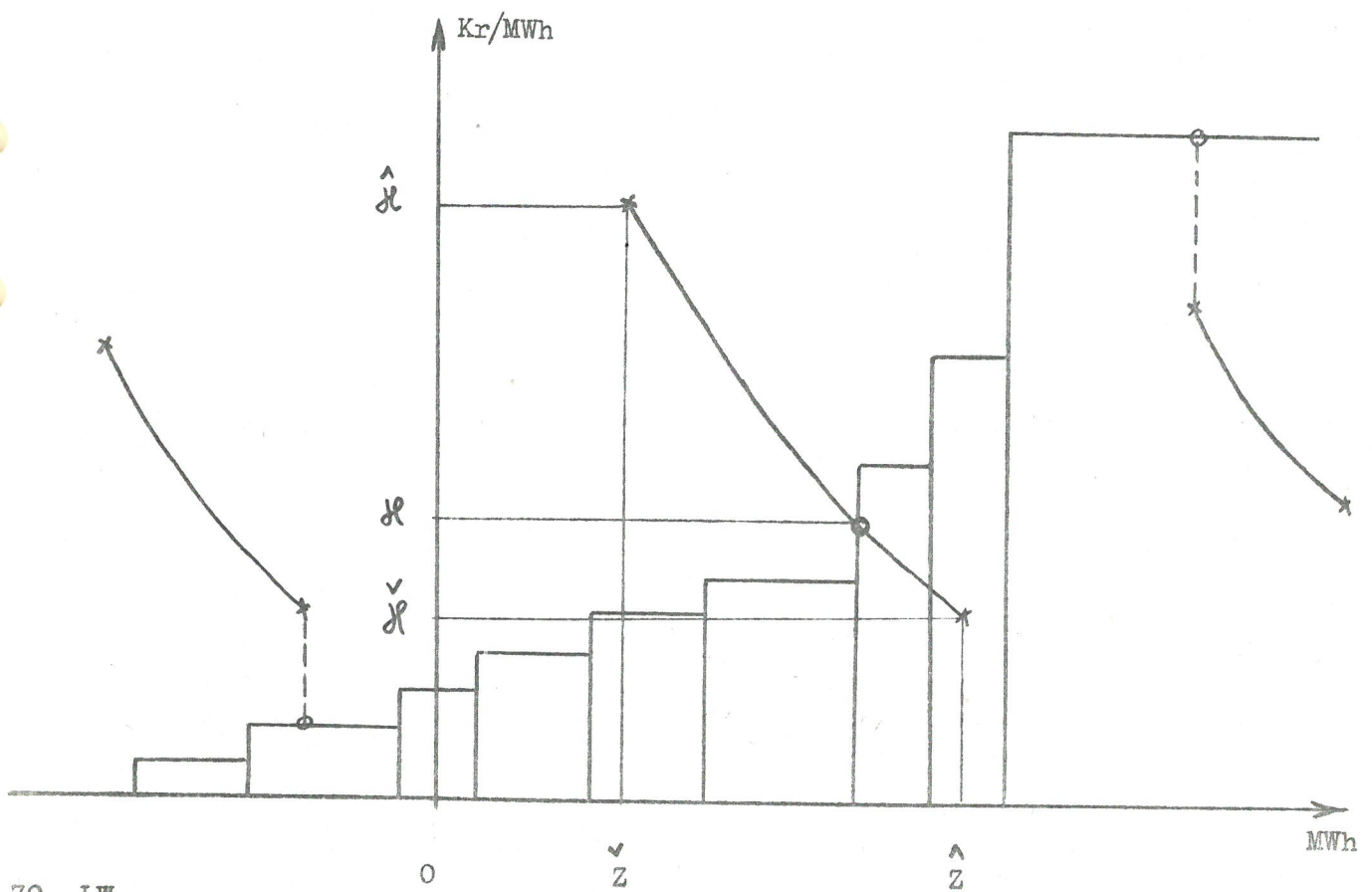
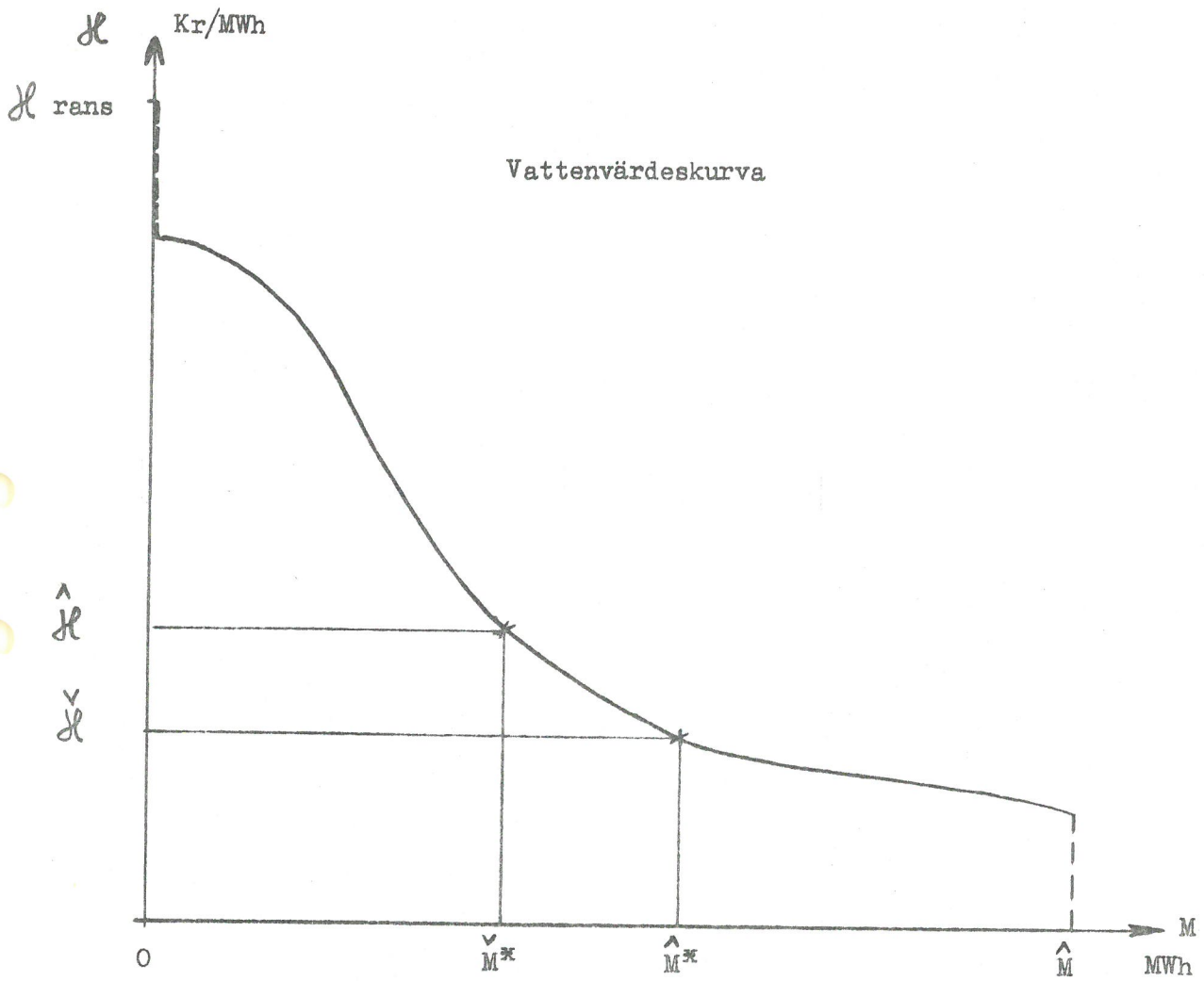


Fig. 3



Vattenvärdesberäkningen i KR63

Beskrivningen gäller för programversion KR63-2B, den version som användes bl.a. i samkörningssammanhang.

1. Representation av kraftsystemet

1.1 Tidsindelning

Data läses in och lägges upp för en tidsperiod omfattande vecka 1 första kalenderåret t.o.m. vecka 26 det därpå följande kalenderåret. Tidsperioden indelas i veckor och omfattar således 78 intervall. Varje intervall (vecka) indelas i 6 perioder. 4 dagtid, 1 nattid och 1 helgtid. Inom varje period antages konstanta effektförhållanden. Längden av de 6 perioderna bestäms av användaren, dock måste summan vara 168 timmar.

1.2 Belastning

Denna representeras i kraftbalansprogrammet av årsenergin för två på varandra följande kalenderår. Dessutom anges en förbrukningskurva med relativa veckovärden samt relativa schematiska varaktighetskurvor för veckan. Veckorna kan ha olika varaktighetskurvor, totalt 52 st. Dagförbrukningen representeras genom 4 belastningsnivåer som tillsammans med den valda tidsindelningen bildar en trappstegsformad varaktighetskurva. Natt- och helgförbrukningarna representeras av resp. periods medeleffekt. Varaktighetskurvan för veckan består således av en stegkurva med 6 steg. Det förutsättes i beräkningarna att effekten för de fyra dagperioderna är ordnade i storleksordning med högsta effekten först. Vidare måste villkoret dagmedeleffekt \geq natteffekt \geq helgeffekt vara uppfyllt. Relativkurvorna erhålles för närvarande ur föregående års effektstatistik med korrektioner för helgernas placering. Flera förbrukningskurvor kan inläsas med olika relativkurvor vilka av programmet adderas till en. All vattenoberoende förbrukning och tillgång av fasta kraftinköp läggs beräkningsmässigt på förbrukningssidan men särskiljes vid redovisningen så att företagets prima förbrukning redovisas för sig och t.ex. ersättningskraft flyttas till vattensidan. Även kontraktskraft redovisas sedan separat. Uppdelningen av veckan på 6 perioder innebär att man erhåller en grov bild av belastningsvariationerna över veckan. I allmänhet är detta tillräckligt men under vissa perioder kan det innebära en alltför stor approximation. T.ex. under sommarperioden när man vill kolla hur mycket värmekraft som går att placera under låglasttid. All förbrukning räknas om med hänsyn till förlusterna till en punkt i nätet.

1.3 Vattenkraft

Vattenkraftmodellens grundbeståndsdel är en kraftstationsmodell med ett långtidsmagasin (ML) med reglerbar tillrinning (TR) och i anslutning därtill en kraftstation med produktionskurva, fallhöjd, korttidsmagasin (MK) och oreglerbar tillrinning (TL). (Fig. 1).

Programmet adderar alltefter önskemål stationer till en eller flera vattenkraftgrupper (maximalt 9 st) med samma utseende som grundbeståndsdelarna. I optimeringsdelen sker vattenvärdesberäkningen i princip som i en enmagasinsmodell, dock sker produktionen momentant i de enskilda grupperna. I simuleringdelen köres dock de enskilda grupperna helt separat. Man skiljer på

"fritt reglerbar vattenkraft" och "planreglerad vattenkraft". Vattenkraftgrupper med $TR = 0$ varje vecka alla vattenår anses "planreglerade" och behandlas speciellt i de följande beräkningarna.

Reglerbar och oreglerbar tillrinning (TR , TL) definieras som den till långtidsmagasinet resp. mellan detta och stationen kommande tillrinningen. De anges i m^3/s veckomedelvärden och omräknas av programmet till MWh/vecka naturenergi. Tillrinningarna beskrives genom ett statistiskt material omfattande maximalt serien 1925 - 1965. Normalt användes en 30-årsserie (ex 1930-1959). Tvångstappningar ur magasin ($QAMIN$), förbi station ($QBMIN$) och genom station ($QCMIN$) kan föreskrivas varje intervall dock lika alla vattenår.

Alla tillrinningar och tvångstappningar ges som veckomedelvärden i m^3/s .

Långtidsmagasinet bestäms av varierbara övre och undre gränser angivna i Mm^3 (definierade vid början av varje intervall) vilka omräknas till MWh naturenergi.

Produktionen bestäms av stationernas produktionskurvor, stationernas maximi- och minimitappningar samt deras korttidsmagasin. Korttidsreglering kontrolleras med avseende på veckoreglering och dygnsreglering varvid programmet förutsätter att helgtid börjar lördag kväll.

Produktionsekvivalent och verkningsgrad beskrives med en kurva

där

$$P = f(Q)$$

P = elektrisk uteeffekt i MW
 Q = tappning i m^3/s

Kurvan approximeras till 5 punkter mellan vilka interpoleras rätlinjigt (fig 2).

(I simuleringen kan även fallhöjdens beroende av långtidsmagasinet och dess inverkan på produktionskonstanten beaktas.) Tappningar utöver utbyggnadsvattenföringen redovisas som spill (QB).

I programmet kan man inte ta hänsyn till den koppling som finns i verkligheten mellan magasinens innehåll och avbördningsförmåga. Detta kompenseras man i regel genom att lägga in ett tidsbestämt min-magasin i långtidsmagasinet. Tidpunkterna bestäms av erfarenhetsvärden. Tvångstappning för flottnings som är styrd av magasinens innehåll kan ej heller representeras. I programmet räknas vanligen med en delvattenkraft som planreglerad p.g.a. utrymmesbrist i maskinen. Viss långtidsreglering kan dock i verkligheten göras i dessa magasin, varför programmet ger en något sämre bild än verkligheten. Vattenberoende ersättningskraft tar man hänsyn till genom att justera stationens data. Vattenkraftens överföringsförluster till förbrukningspunkten ingår i stationernas verkningsgradskurvor och kan därigenom i viss mån göras beroende av stationernas utmatade effekt. Transiteringsabonnemanget kan i regel beaktas i endast ringa omfattning genom reduktion av vissa stationers maxeffekter.

1.4 Kompletteringskraft

Varje kompletteringskraftskikt bildar en produktionsgrupp med en rörlig MWh-kostnad. Varje vecka anges max- och mineffekt, max- och minenergi samt storlek på ev värmeackumulator i mottrycksverk. Dessutom anges en effekttillgänglighetsfaktor, samma hela året, för var och en av de 6 veckointervallen.

Priset på skikten är detsamma över hela året. Haveri- och revisionsavdrag göres med procentuella avdrag på effekt och energi. Tvångsproduktion av ånga p.g.a. överföringsbegränsningar kan läggas in tidsmässigt i mineffekt och minenergi. P.g.a. utrymmesbrist och för långa beräkningstider måste flera värmekraftaggregat slås ihop i skikten. Detta gör att priset på skikten blir ett vägt medelvärde av de ingående aggregaten. Start- och stoppkostnad beaktas ej. Försäljning av värmekraft läggs in som en minskning på det aggregat som försäljningen är haveribunden till. Om gränspri-set i belastningscentrum är högre än den rörliga kostnaden köres resp. kompletteringsskikt med så hög effekt som möjligt med hänsyn till maximieffekt, maximienergi och behov. Elpannor och/eller försäljning har negativa värden för minimeffekt och -energi.

1.5 Leveranssäkerhet, energibrist

I ett kraftsystem med övervägande vattenkraft är det ekonomiskt och oundvikligt att tillåta en viss risk för energibrist. Denna risk kan i KR63 begränsas på två olika sätt:

Minimizonkurvan, som beräknas med hjälp av givna rent fysikaliska storheter (tillrinningar, effekter) och som anger en gräns där alla kompletteringskraftresurser skall utnyttjas så mycket som möjligt för att risken för energibrist ej skall överstiga ett visst givet belopp.

Bristpris som tillsammans med rörliga kostnaderna på kompletteringskraften får ligga till grund för en ekonomiskt optimal beräkning av ovan nämnda gräns. Bristpriset väljes härvid så att en acceptabel bristfrekvens erhålles.

Oberoende av vilken riskbegränsningsmetod man väljer erfordras dock alltid minimizonkurvor för tappningsfördelning mellan olika vattenkraftgrupper. Sannolikheten för icke tömda magasin kan väljas godtyckligt varje vecka under belastningsåret och lagras av programmet som en tabell bestående av 52 veckovärden.

Minimizonens uppgift är således i första hand tappningsfördelning och i andra hand eventuellt en begränsning av bristrisken.

Vid beräkning av sannolikheten för energibrist är det i KR63 endast tillrinningen som är behäftad med en viss osäkerhet. Då tillrinningsmaterialet är, statistiskt sett, mycket begränsat blir den erhållna bristrisken mycket osäker och kan endast användas för jämförande beräkningar. Att, för en absolutvärdering av bristrisken, söka värdera olika vattenårsserier är helt obefogat så länge man inte arbetar med 1 000-års eller kanske 10 000-årsserier, eller med analytiska metoder.

Till detta kommer dessutom osäkerheten i andra variabler såsom belastning, haveririsker etc. som inte gör saken bättre.

2. Preparering av data för optimeringen

2.1 Minimizonkurvor

Före vattenvärdesberäkningen beräknas s.k. minimizonkurvor. Dessa kurvor kan ha två funktioner i KR63

- a) att fördela tappningen mellan de olika magasinsserierna då tömningsrisken överskrider ett visst värde
- b) ev. att, oberoende av hur billig bortransonerad energi är, begränsa bristfrekvensen i systemet.

I vattenvärdesberäkningen är det endast b) som direkt påverkar resultatet. I de fall man utnyttjar möjligheten b) (minimizonmetoden) ersätter man i vattenvärdesberäkningen sänkningsgränsen med minimizonkurvan för alla veckor denna ligger över sänkningsgränsen samt bristpriset med kompletteringssskiktens högsta rörliga kostnad. Ett eller flera kompletteringssskikt kan bestå av bristskikt.

Då det i det följande talas om sänkningsgräns och bristpris betyder det i minimizonmetoden minimizon och pris på dyraste kompletteringsenergi.

2.2 Tappningstabeller

I samband med minimizonberäkningen tillverkas vissa datatabeller för vattenvärdesberäkningen. Det förutsättes att man i driften (resp. i den efterföljande simuleringen) lyckas fördela tappningen mellan de fritt reglerbara magasinerna så att man alltid har ungefär samma vattenvärde i alla magasin. Om man då varje vecka antager några olika vattenvärden kan man med hjälp av simuleringssmodellen för en vecka, se punkt 3.5, beräkna summa tappning (elektrisk energi) från de fritt reglerbara magasinerna. Datatabellerna varje vecka utgöres av denna summatappning som funktion av upp till 10 olika antagna vattenvärden. För vattenvärden som kommer att ligga emellan de antagna värdena antages summatappningen vara lika med den tappning som motsvarar det närmast mindre antagna vattenvärdet. Bortsett från vissa schematiska antaganden i korttidsregleringen (fördelningen av mellantillrinningarna mellan veckans olika perioder) beräknas i simuleringssmodellen (se pkt 3.5) effektpådragen så att man med hänsyn till vattenkraftstationernas "bränslekostnad" (vattenvärden) kompletteringskraftens rörliga kostnad och bristpriset får så billig drift som möjligt. Effektbegränsningar och begränsningar i korttidsmagasinen beaktas vid beräkningarna. Vidare beaktas att vattenkraftens gränsverkningsgrad fördyrar vattenenergin vid höga tappningar. Mellantillrinningar, tvångstappningar, minimieffekter och minimienergier måste alltid uppfyllas, varför det i vissa sammanhang (låglasttid och stora flöden) kan uppstå överskott på produktion (kraftbalansspill). Beroende på mellantillrinningar och planreglerat vatten blir den erhållna datatabellen olika för olika vattenår. Normalt erhålles således 30 st tabeller för varje vecka som lagras på magnetband och hämtas ned igen för varje vecka i vattenvärdesberäkningen.

3. Optimeringen

3.1 Givet

För varje vecka och för varje vattenår summa magasininstappning vid upp till 10 olika vattenvärden i de fritt reglerbara magasinerna (lika i alla magasin).

3.2 Sökt

Ett gränsvärde på lagrat vatten vid början av varje intervall och för varje möjligt magasinläge. Målsättningen för gränsvattenvärdet är följande. Om vid godtycklig tidpunkt och godtyckligt magasinläge tillgångar utöver vattenkraft tages i anspråk upp till ett pris lika med gränsvattenvärdet och tillfälliga avsättningar göres till ett pris ned till ett värde lika med gränsvattenvärdet skall det sannolikt bästa ekonomiska resultatet eftersträvas vid en leveranssäkerhet som definieras via värderingen av bortransonerad energi (bristpris). Överskottsenergi som ej kan utnyttjas för tillfälliga avsättningar värderas till noll. Vattnets gränsvattenvärde definieras mellan sänkningsgräns (SG) (även om den är större än noll) och dämpningsgräns (DG).

Ovanför DG får man aldrig komma (det förutsättes att man kan spilla obegränsat). På samma sätt får man ej komma under SG (obegränsad brist). Om man skulle komma under SG p.g.a. att SG ökar mellan två veckor och en låg TR, påverkar detta beräkningarna så att vattenvärdena före denna tidpunkt höjes så mycket som motsvarar inverkan av bristpriset och bristfrekvensen. (Här skiljer sig principen något från Vattenfalls modell beroende på att man vill kunna använda minimizonmetoden.)

3.3 Beräkningsprincip

En vattenvärdeskurva (fig 3) förutsättes känd vid slutet av en vecka (= kurvan som gäller vid början av nästa vecka). Motsvarande kurva bestämmas för början av veckan så att målsättningen uppfylles. Detta upprepas för veckan före nämnda vecka o.s.v. baklänges i tiden. Då 52 veckor (vecka 26 är 2 till vecka 27 är 1) genomlöpts börjar man om med sista veckan igen och upprepar förfarandet tills att den nya kurvan avviker med mindre än en halv enhet i energipriset från föregående i någon punkt. Varje kurva bestämmas i 17 punkter. Som enhet i energipris användes normalt kr/MWh eller en tiondel därav. Då konvergens erhållits göres motsvarande beräkning för veckorna 26 - 1 under år 1. Vid bestämning av gränsvattenvärdet (\mathcal{H}) vid ett visst magasinläge (M) i början av en vecka förfäres enligt följande. En vattenvärdeskurva vid slutet av veckan förutsättes känd. Det ekonomiskt bästa resultatet erhålles om summan av under veckan erlagda driftkostnader för kompletteringskraft och minskningen under veckan i värdet hos lagrad vattenkraftenergi minimeras.

Om vid slutet av perioden det lagrade vattnets gränsvärde är större än gränsvärdet av under perioden utnyttjad dyraste kompletteringskraft innebär detta att kostnaden för den sist producerade MWh vattenkraft under veckan är högre än för den sist producerade MWh kompletteringskraft. En omreglering från vattenkraft till kompletteringskraft innebär ekonomisk vinst. Om det lagrade vattnets gränsvärde vid slutet av perioden är lägre än under perioden dyraste utnyttjade kompletteringskraft gäller att en omreglering från kompletteringskraft till vattenkraft ger ekonomisk vinst. Bästa ekonomi erhålles då värdet på lagrat vatten vid slutet av perioden är detsamma som värdet av dyraste under perioden utnyttjade kompletteringskraft och man därvid inom restriktionernas ram eftersträvat konstant körning på detta värde under veckan. Naturligtvis gäller även för vattenkraften att man inom restriktionernas ram skall eftersträva att gränsvärdet på lagrat vatten skall hållas konstant, varvid gäller att det sökta värdet vid periodens början är detsamma som värdet vid periodens slut och alltså lika med värdet av dyraste utnyttjade kompletteringskraft. Det gäller således att söka den avvägning mellan vattenkraft och värmekraft som innebär att priserna överensstämmer. Praktiskt löses detta genom att i magasinshattningstabellen inrita en kurva som visar hur gränsvärdet på lagrat vatten vid veckans slut varierar vid varierande utnyttjning av magasinshattning, d.v.s. vid varierande utnyttjning av kompletteringskraft.

3.4 Rutin för bestämning av vattenvärdet vid visst magasin

I fig 4 visas dels hur vattenvärdeskurvan ser ut vid slutet av veckan, dels hur magasinshattningsstegen ser ut (ur energibalanssynpunkt fritt reglerbar energi). För ett givet vattenår skall nu den rätta avvägningen mellan kraftslagen bestämmas. I magasinshattningsstegen ligger alla effekt- och energibegränsningar som ej härrör från bristande regleringsmöjligheter i långtidsmagasinen. Varje magasinshattning ger, förutom vattenvärdet i magasinshattningsstegen, tillsammans med tillrinningen under veckan aktuellt magasinshattning och därmed vattenvärdet vid veckans slut. Man får en kurva utvisande

vattenvärdet vid veckans slut som funktion av magasininstappningen. Tappningen bestäms av skärningspunkten mellan kurvorna. I denna skärningspunkt är gränskostnaderna för kraftslagen lika och denna gränskostnad är det vattenvärde som skall gälla vid begynnelsemagasinet M för att driften ekonomiskt sett skall bli den bästa med det givna tillrinningsparet. Om kurvorna ej skulle skära varandra innebär detta att vattenkraften ~~ej~~ är reglerbar i den utsträckning som skulle erfordras för att uppnå samma gränskostnader hos kraftslagen. I detta fall väljes den avvägning som ger ekonomiskt sett det bästa resultatet. Vattenkraften köres mot den restriktion som uppfyller denna målsättning. Gränskostnaden är här obestämd. Det sökta gränsvärdet på vattenkraft vid periodens början bestäms som gränsvärdet hos kompletteringskraft vid nämnda avvägning. På detta sätt bestäms ett vattenvärde vid det valda begynnelsemagasinet för varje tillrinningspar (normalt 30 st). Varje tillrinningspar bedömes kunna inträffa med lika stor sannolikhet. Härav följer att varje framräknat gränsvärde är lika sannolikt. Det hopvägda sannolika gränsvärdet är en produktsumma av varje värde gånger dess sannolikhet. På detta sätt beräknas för 17 olika magasinlägen en ny vattenvärdeskurva för början av veckan. När denna är klar upprepas alltsammans för veckan närmast före o.s.v. tills konvergens erhålles.

3.5 Balansen en vecka

Den centrala delen av programmet är en sekvens för beräkning av balansen en vecka. Denna sekvens användes vid minizon- och vattenvärdesberäkningarna samt i simuleringsdelen. Vid inhoppet i sekvensen förutsättes att förutom de av grunddata givna värdena även magasinlägen och vattenvärden i långtidsmagasinen är kända. Vid uthoppet ur sekvensen har följande storheter beräknats:

- effektpådrag i varje produktionsgrupp under olika delar av veckan,
- energiproduktion d:o under veckan,
- bränsleförbrukning,
- eventuellt överrinningsspill hos vattenkraften,
- örörliga kostnader för kompletteringskraften,
- magasinsändringar i långtidsmagasinen,
- eventuellt kraftbalansspill och/eller brist,
- gränskostnader för energi i belastningscentrum.

3.51 Begränsningar i energi

Energiproduktionen begränsas av de max- och minvärden som är givna i grunddata. Dessutom kontrolleras följande villkor: Maxenergin får ej överstiga total tillrinning plus återstående magasininnehåll. Eventuellt begränsas energin från långtidsmagasinet av avbördningssvårigheter. Minenergin får ej vara mindre än mellantillrinningen. Om tillrinningen är större än den ofyllda delen av långtidsmagasinet måste om möjligt överskjutande del läggas i minproduktionen. Den maximala magasinökningen, som kan föreskrivas, påverkar även den minenergin. Minenergin skall vara mindre än eller lika med maxenergin.

För värmekraften är alla begränsningar givna i grunddata.

3.52 Begränsningar i effekt, korttidsreglering

I grunddata är vissa värden på max- och mineffekt givna. Max- och min-energin tillsammans med korttidsmagasinets storlek inför dessutom ytterligare restriktioner på effekten under olika delar av veckan.

Tillrinningen till korttidsmagasinen förutsättes vara jämn under veckan. Vidare antages att korttidsmagasinen är fyllda vid början av varje vecka (måndag kl. 7.00) och att dagtappningen är större eller lika med medel-, natt- och helgtappning var för sig. Medeltappningen blir alltid lika med tillrinningen till korttidsmagasinet. Om man antar sexdagarsvecka erhålles följande ekvationer (vid femdagarsvecka utbytes 6 och 5 mot 5 och 4 respektive):

$$(N_d - N) \frac{td}{6} = - (N_n - N) \frac{tn}{5} = - (N_s - N) ts \leq K$$

$$(N_d - N) td - (N_n - N) tn = - (N_s - N) ts \leq K$$

där

N = tillrinning

N_d = tappning dagtid

N_n, N_s = d:o natt och helg respektive

K = korttidsmagasin

t = antal timmar under respektive period

Det första sambandet anger begränsningar i dygnsregleringen och det andra i veckoregleringen. Innan tappningen under respektive period av veckan beräknas, kan med dessa samband vissa övre och undre gränser för tappningen beräknas. Då beräkningen sker i ordning dag- natt- helg kommer på så sätt de största restriktionerna att åligger helgtappningen. Det är risk för att man spiller kraft natt- och helgtid i stället för att köra värmekraft under dagtid, vilket ibland kan vara mera ekonomiskt. Denna approximation är dock sannolikt av underordnad betydelse. I fig 5 visas ett exempel på tillåtna värden på dagtappning.

Om dagtappningen (enligt metod beskriven nedan) är A blir som synes tillrinningen (= veckomedeltappningen) begränsad till intervallet B - C. Restriktionerna nattid blir därvid enligt fig 6.

Om natttappningen beräknas till D blir slutligen tillåtet värde på helgtappningen en rät linje mellan E och F (fig 7).

För planreglerade verk ligger tillåtna värden på tappningen utefter en vertikal linje för N lika med den givna tillrinningen till korttidsmagasinet.

3.53 Körning efter α -kurvor, gränskostnader

Om vattenkraftgruppernas resp. α -kurvor multipliceras med vattenvärden erhålles gränskostnadskurvor (stegformade kurvor eller stegar). Alla steg eller delar av steg som motsvarar mineffekten under respektive intervall plockas ur och motsvarande produktion beräknas. Om summa produktion därvid överstiger belastningen erhålles kraftbalansspill och ytterligare beräkningar för intervallet behöver ej göras. Gränskostnaden för energi i belastningscentrum sättes då lika med noll. Då belastningen ej täckes av minproduktionen fortsättes beräkningarna enligt följande: Alla återstående steg som ligger under den aktuella maxeffekten, sorteras i storleksordning efter

rörliga kostnader. Belastningen fyller upp med de billigaste stegen först. Det sist i anspråk tagna steget bestämmer gränskostnaden för intervallet. Om stegen ej räcker till uppstår brist varvid priset på bristenergin sättes till gränskostnad för energi i belastningscentrum.

I och med den rätlinjiga interpolationen mellan origo och punkten för bästa verkningsgrad i produktionskurvan behöver man icke ta någon hänsyn till tomgångsförlusterna för stationerna.

För planreglerad vattenkraft finnes ej några vattenvärdeskurvor i något magasin, utan man får bestämma vattenvärdet på annat sätt. Om man har för lågt vattenvärde för den planreglerade vattenkraften kommer den att korttidsreglera för hårt eftersom programmet i första hand försöker tillgodose belastningar under dagtid. Detta har till följd att man får köra igång för dyr kompletteringskraft under natt- och helgtid, kanske t o m ransonera. Om man å andra sidan har för högt vattenvärde är det risk för att man får onödigt spill under natt- och helgtid, samtidigt som man kanske kör annan för dyr energi under dagtid. För att i någon mån undvika riskerna för dylika felkörningar arbetar programmet enligt följande principer:

För den planreglerade vattenkraften ansättes varje vecka ett vattenvärde, som är lika med medelvärdet av de fritt reglerbara gruppernas vattenvärde. Med förut beskrivna beräkningsprinciper köres balansen för den aktuella veckan. Resultatet av körningen analyseras med hänsyn till värdena på brist (R), kraftbalansspill (S) och gränskostnad för energi i belastningscentrum (C) under olika delar av veckan. Tre olika händelser noteras.

$$\begin{array}{l}
 1 \quad R_N \leq R_{D1} \text{ och } (D1 = \text{högsta dagtid}) \\
 \quad R_H \leq R_{D1} \quad " \quad \begin{cases} (N = \text{nattid}) \\ (H = \text{helgtid}) \end{cases} \\
 \quad S_N \leq S_{D1} \quad " \\
 \quad S_H \leq S_{D1} \quad " \\
 \quad C_N \leq C_{D1} \quad " \\
 \quad C_H \leq C_{D1} \quad "
 \end{array}$$

Den gjorda körningen accepteras och programmet fortsätter med nästa vecka.

$$\begin{array}{l}
 2 \quad R_N > R_{D1} \text{ eller} \\
 \quad R_H > R_{D1} \quad " \\
 \quad C_N > C_{D1} \quad " \\
 \quad C_H > C_{D1} \quad "
 \end{array}$$

Om vattenvärdet är större eller lika med rörliga kostnaden för dyraste kompletteringsakiktet (k_{max}) accepteras körningen. Om ej ökas vattenvärdet till k_{max} och körningen göres om. Vattenvärdet i fritt reglerbara grupper ändras på samma sätt om magasinssinnehållet är mindre än en procent av maximimagasinet.

3 $S_N > S_{D1}$ eller

$S_H > S_{D1}$ och

2 ej inträffar.

Om vattenvärdet är lika med noll accepteras körningen. Om ej minskas vattenvärdet till noll och körningen göres om. Vattenvärdet i fritt reglerbara grupper ändras på samma sätt om magasininnehållet överstiger 99 procent.

Om under första iterationen fall 2 eller 3 inträffar är det möjligt att under andra iterationen det motsatta fallet (3 eller 2) inträffar. I så fall multipliceras den gjorda ändringen i vattenvärdena med $-0,5$ i resp. grupp och produkterna får utgöra nya ändringar i vattenvärdena och veckan räknas om en tredje gång. Förfarandet upprepas ända tills körningen accepteras.

Större delen av veckorna i en balans räknas endast en gång. Några veckor varje vattenår räknas dock två gånger. Tre eller flera iterationer per vecka inträffar mycket sällan.

Baklängesreglering är tillåten för all energi utöver minimiproduktionen i alla grupper. (Med baklängesreglering menas här större effektpådrag under natt och helg än under dagtid). Planreglerad vattenkraft, där maxenergi = minenergi, kan således ej baklängesregleras.

4. Simulering av driften

Vattenvärderna avläses direkt ur vattenvärdeskurvorna vid början av varje vecka. För den planreglerade vattenkraften väljes ett vattenvärde, som är lika med medelvärdet av de fritt reglerbara gruppernas vattenvärde.

I planreglerade grupper styr vattenvärdet korttidsregleringen. Högt vattenvärde ger en liten korttidsreglering och ett lågt vattenvärde ger en stor korttidsreglering.

I och med att vattenvärdena i veckans början är kända sker sedan beräkningarna för veckan enligt punkt 3.5 Balansen en vecka.

4.1 Beräkningsperiod

Simulering kan köras under maximalt 52 veckor för de olika vattenåren. Dessa 52 veckor måste ligga inom de maximalt 78 veckor som grunddata och tappningsplanerna kan omfatta.

4.2 Utgångslägen i magasin

I en aktuell balans känner man i allmänhet magasininnehållen en viss startvecka. Man låter då alla vattenår starta med dessa magasininnehåll och räknar högst 52 veckor framåt i tiden.

Om man ej känner startmagasinen kan flera olika möjligheter tänkas.

Första vattenåret startar simuleringen alltid med magasinslägen motsvarande ett vattenvärde lika med värmekraftpriset för det mittersta eller det närmast billigare skiktet. Vid slutet av vattenåret erhålles vissa magasinslägen och däremot svarande vattenvärden. I början av nästa vattenår kan de erhållna magasinslägena väljas som nästa vattenårs startmagasin.

Fig. 1

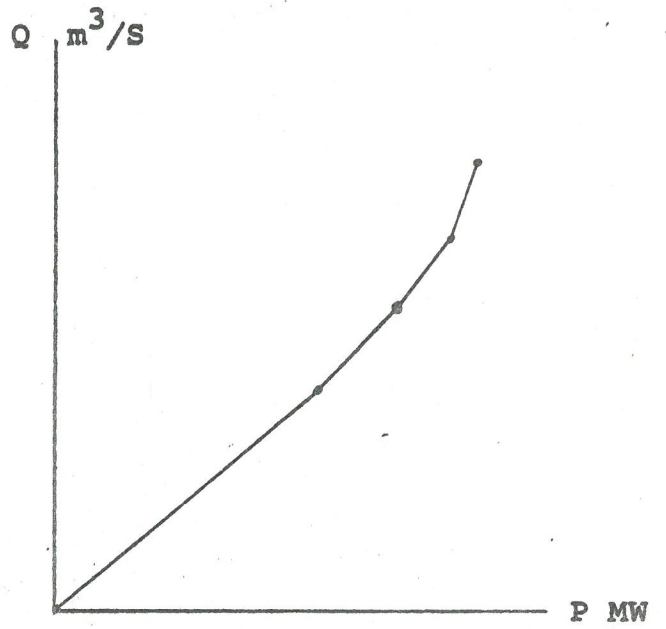
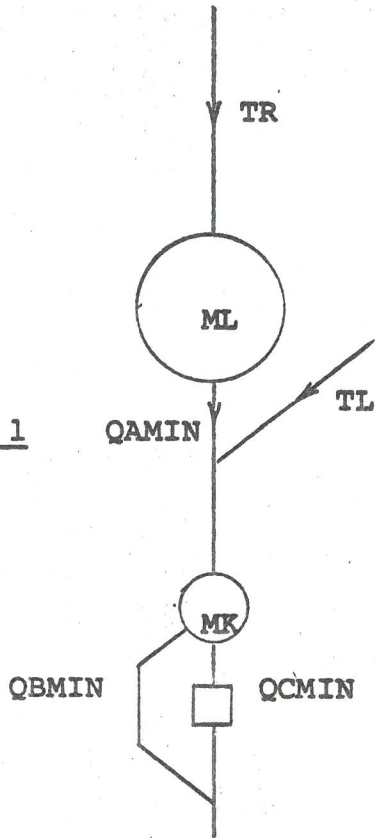


Fig. 2

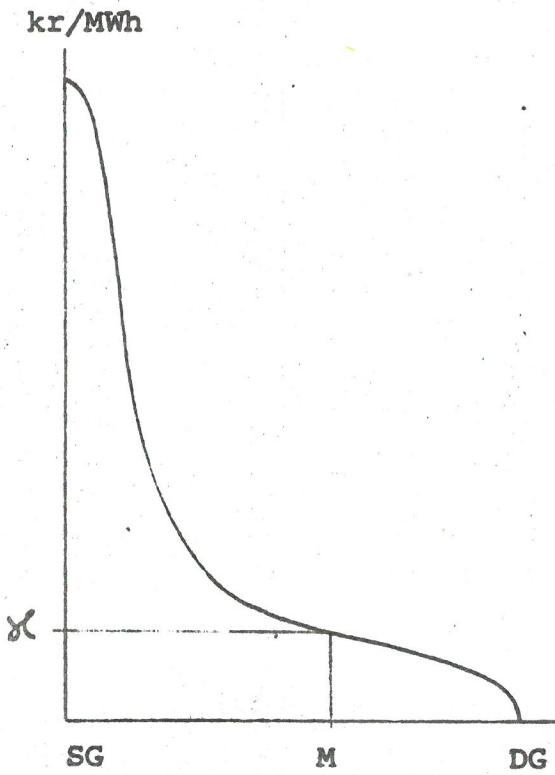


Fig. 3

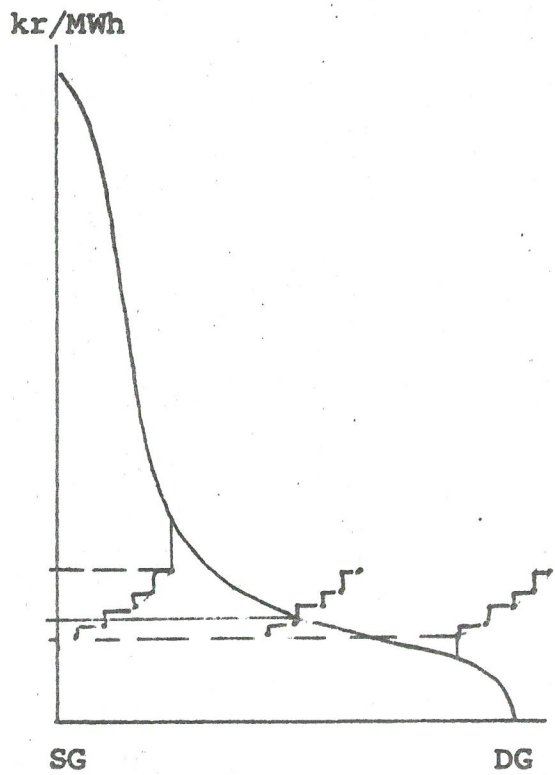


Fig. 4

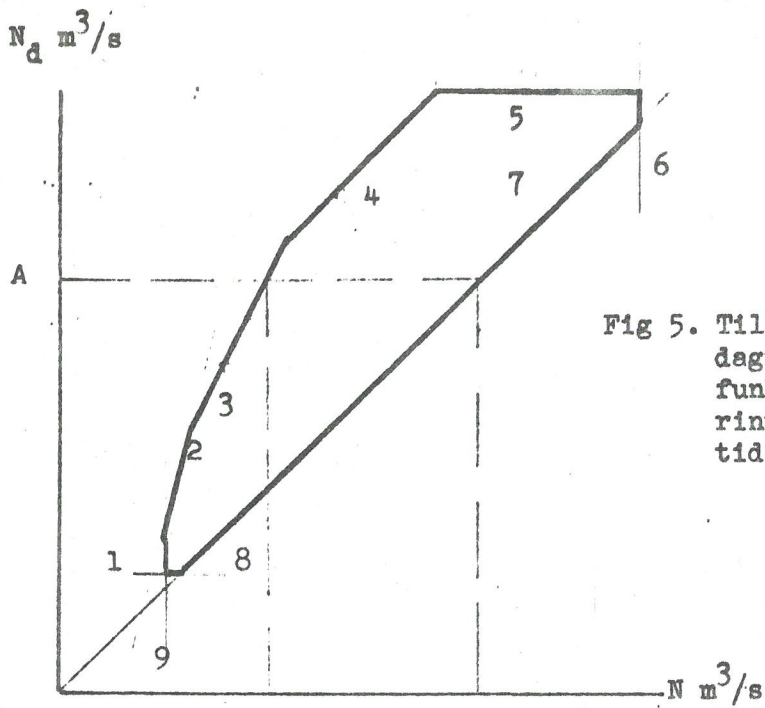


Fig 5. Tillåtet värde på dagtappning som funktion av tillrinningen till korttidsmagasinet.

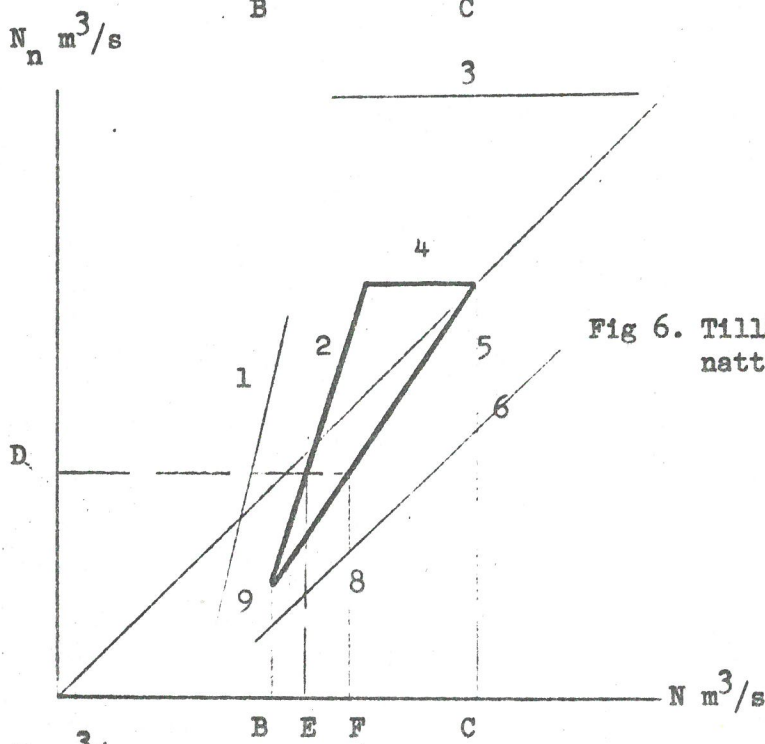


Fig 6. Tillåtet värde på natttappning.

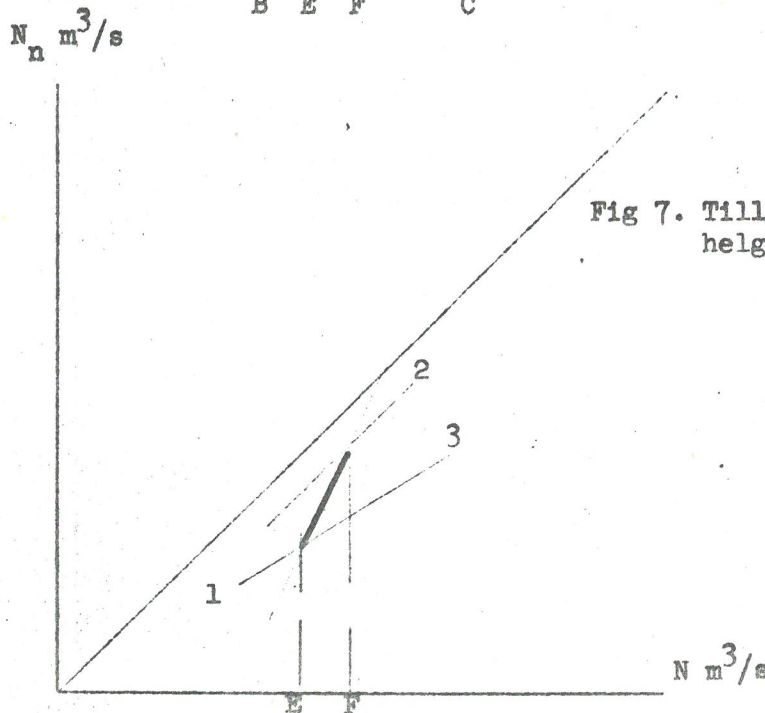


Fig 7. Tillåtet värde på helgtappning.