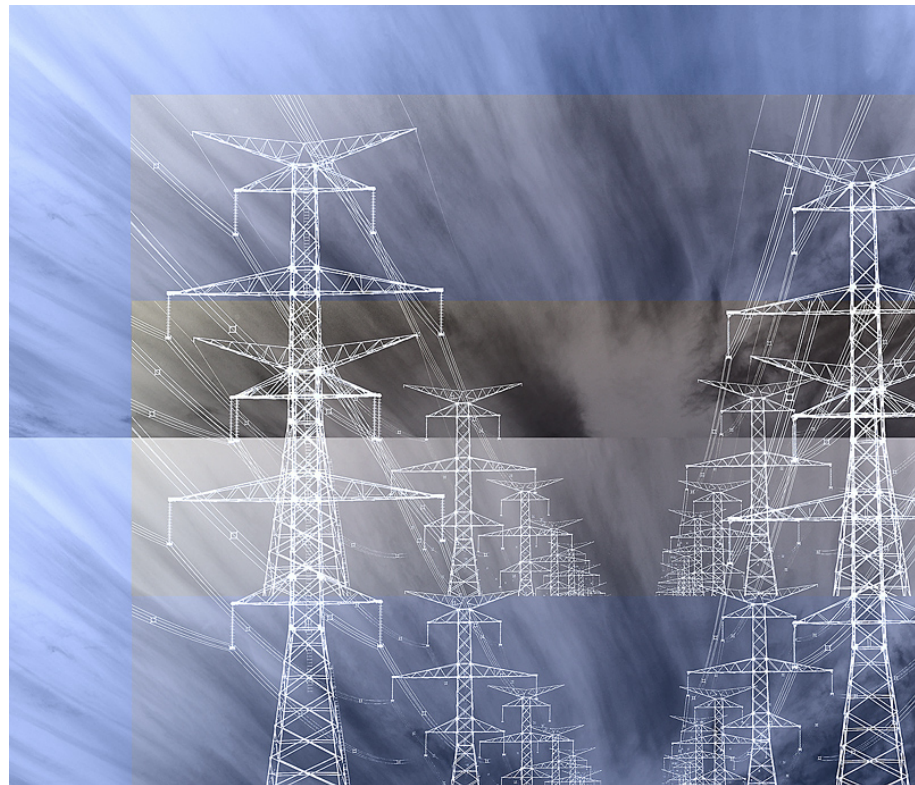


Forprosjekt: Kriterier for godkjenning av bruk av SAKS-tiltak i det norske kraftmarkedet



Notatnr
Forfatter

SAMBA/35/07
Anders Løland

Dato

25. oktober 2007

Forfatteren

Denne rapporten er skrevet av Anders Løland. I tillegg har Magne Aldrin, Ola Lindqvist, Ingrid Hobæk Haff, Linda Reiersølmoen Neef, Håvard Rue, André Teigland og Kjersti Aas bidratt til rapporten. Alle bidragsyterne er ansatt ved Norsk Regnesentral. Håvard Rue er professor i statistikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) og har en deltidsstilling ved Norsk Regnesentral.

Norsk Regnesentral

Norsk Regnesentral (NR) er en privat, uavhengig stiftelse som utfører oppdragsforskning for bedrifter og det offentlige i det norske og internasjonale markedet. NR ble etablert i 1952 og har kontorer i Informatikkbygningen ved Universitetet i Oslo. NR er et av Europas største miljøer innen anvendt statistikk. Det jobbes med svært mange forskjellige problemstillinger slik som estimering av torskebestanden, finansiell risiko, beskrivelse av geologien i petroleumsreservoarer og overvåking av klimaendringer. NR er også ledende i Norge innen utvalgte deler av informasjons- og kommunikasjonsteknologi. Problemstillinger kan være å overvåke inntrengning i datasystemer, e-læring i skole og næringsliv, bruk av datateknologi i markedsanalyser samt anvendelser av multimedia på forskjellige plattformer. NRs visjon er forskningsresultater som brukes og synes.

Tittel **Forprosjekt: Kriterier for godkjenning av bruk av SAKS-tiltak i det norske kraftmarkedet**

Forfatter **Anders Løland** <anders.loland@nr.no>

Dato 25. oktober 2007

Publikasjonsnummer SAMBA/35/07

Sammendrag

Statnett har fått godkjenning av NVE til å etablere ordninger for virkemidler i svært anstrengte kraftsituasjoner (SAKS). Denne rapporten oppsummerer NRs arbeid med forprosjektet "Kriterier for godkjenning av bruk av SAKS-tiltak i det norske kraftmarkedet" for NVE. Vi tar for oss i hovedsak to spørsmål:

1. Er "sannsynligheten for rasjonering" det eneste og mest formålstjenlige kriterium til bruk ved SAKS?
2. Hvilke metoder, verktøy og modelloppsett bør NVE benytte i sin vurdering av søknader fra Statnett om å ta i bruk SAKS-tiltak?

Front page photo © 2007 <http://www.clipart.com>.

Emneord	Rasjonering, forbruk, produksjon, import, sannsynlighet, forventning
Målgruppe	Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)
Tilgjengelighet	Åpen
Prosjekt	ForSAKS
Prosjektnummer	220349
Satsningsområde	Offentlig forvaltning
Antall sider	19
Copyright © 2007	Norsk Regnesentral

Innhold

1	Innledning	5
2	Sannsynlighet for rasjonering som kriterium	6
2.1	Sannsynligheten for rasjonering overstiger 50 %	6
2.2	Alternative kriterier	8
2.2.1	Effekt av tiltak	8
2.2.2	Forventet rasjonert volum gitt at sannsynligheten overstiger en prosent	8
2.2.3	Forventet rasjonert volum	8
2.3	Oppsummering av sannsynlighet for rasjonering som kriterium	10
2.3.1	Vanskelig å estimere forventningen	11
3	Metode, verktøy og modelloppsett	12
3.1	Rasjonering	12
3.1.1	Objektivt kriterium?	13
3.1.2	Historisk bruk av rasjonering	13
3.2	Statnetts forslag	13
3.2.1	Samlast	14
3.2.2	Enklere modell/nyutvikling	15
3.3	Forbedringer	15
3.4	Modell for tilsig, temperatur og vind	16
3.5	Justering til historiske data	16
3.6	Tiltak: når og i hvilken rekkefølge?	17
3.7	Oppsummering av metode, verktøy og modelloppsett	17
	Referanser	19

1 Innledning

Statnett har fått godkjenning av NVE til å etablere ordninger for virkemidler i svært anstrengte kraftsituasjoner (SAKS) (se Statnett (2006a) for hovedrapporten om SAKS). Denne rapporten oppsummerer NRs arbeid med forprosjektet "Kriterier for godkjenning av bruk av SAKS-tiltak i det norske kraftmarkedet" for NVE. Vi tar for oss i hovedsak to spørsmål:

1. Vurdering av om "sannsynligheten for rasjonering" er det eneste og mest formålstjenlige kriterium til bruk ved SAKS (kapittel 2): Statnett har foreslått (Statnett, 2006b) å ta i bruk SAKS-tiltak når sannsynligheten for rasjonering overstiger 50 prosent. Vi argumenterer for at dette målet ikke er godt nok og foreslår alternative kriterier.
2. Anbefaling av metode, verktøy og modelloppsett som NVE bør benytte i sin vurdering av søknader fra Statnett om å ta i bruk SAKS-tiltak (kapittel 3): Statnett har løselig foreslått hvordan en kan beregne sannsynligheten for rasjonering. Vi diskuterer Statnetts forslag og foreslår alternativer som kan ta hensyn til kriterier som foreslått i kapittel 2.

2 Sannsynlighet for rasjonering som kriterium

Statnett har foreslått å ta i bruk SAKS-tiltak når sannsynligheten for rasjonering overstiger 50 prosent ($P(\text{rasjonering}) > 50\%$). Vi argumenterer for at dette kriteriet ikke er godt nok (kapittel 2.1), foreslår alternative kriterier (kapittel 2.2) og oppsummerer (kapittel 2.3). I dette kapittelet antar vi at det er mulig å definere når rasjonering inntreffer. I kapittel 3 argumenterer vi for at det ikke er så lett å definere når rasjonering vil inntreffe.

2.1 Sannsynligheten for rasjonering overstiger 50 %

Statnett (2006b) viser (i figur 1 i SAKS Hovedrapport) at sannsynligheten for rasjonering ikke er et godt nok kriterium. Statnetts eksempel viser at kriteriet ikke tar hensyn til hvor effektive tiltak er i et område, og at en kan vente lenger med tiltak dersom disse er mer effektive. Det er flere problemer med denne definisjonen:

Tid: For hvilken tidsenhet/periode (neste måned, kvartal, halvår eller år) gjelder sannsynligheten?

Det er alltid en positiv (men stort sett svært liten) sannsynlighet for rasjonering. $P(\text{rasjonering})$ er alltid høyere for perioden fra i dag til neste år enn til neste måned, siden den første inkluderer den andre.

To (kunstige) eksempler viser hvor galt dette kriteriet kan være:

1. $P(\text{rasjonering i time 15 28. februar 2008}) = 60\% > 50\%$, mens $P(\text{rasjonering}) = 5\%$ ellers.
2. $P(\text{rasjonering i hver time i 2008}) = 30\%$, noe som er mye mer alvorlig enn eksempelet over.

Grense for tiltak: Dersom grensene som foreslått fastsettes til

- $P(\text{rasjonering}) > 0$ (fase 1¹),
- $P(\text{rasjonering}) > 10\%$ (fase 2) og
- $P(\text{rasjonering}) > 50\%$ (fase 3, SAKS),

sier de ikke nok om hvor alvorlig situasjonen er. Dersom sannsynligheten er større en 10% kan den være på 30 eller 40%, noe som er veldig alvorlig. Dersom sannsynligheten er større en 50% kan den være 51% eller 98%, som også er en dramatisk forskjell. Statnett sier at en må gjøre en samlet vurdering, men det er uansett gunstig med et så representativt og transparent kriterium som mulig.

1. Legg merke til at sannsynligheten for rasjonering alltid er positiv, men oftest er den svært liten. Derfor er det mer fornuftig å skrive $P(\text{rasjonering}) > \epsilon$, hvor ϵ er et lite, men positivt tall.

Dersom en følger reglene over slavisk, vil en sette inn tiltakene for sent eller for tidlig, fordi en ikke tar hensyn til hvor effektive tiltakene er på kort og lang sikt.

Område: Hvilket område (Norge, et elspotområde eller enda finere) gjelder sannsynligheten for? Vi vil alltid ha at

$$\begin{aligned} P(\text{rasjonering i Norge}) &> P(\text{rasjonering i elspotområde i Norge}) \\ &> P(\text{rasjonering i del av elspotområde i Norge}), \end{aligned}$$

siden alle områdene er en del av Norge.

Volum: Sannsynligheten sier ingenting om hvor mange og hvor mye som rammes, slik som rasjonert volum gjør. Statnett skriver at $P(\text{rasjonering})$ anses som et bedre kriterium enn sannsynlig rasjonert volum fordi en uansett hvor lite et område er vil unngå rasjonering. Dette kan en enkelt unngå ved å se på sannsynlig rasjonert volum per innbygger eller i forhold til normalforbruk i et område.

Men også til dette har Statnett en innvending:

“Spørsmålet er imidlertid om 3% rasjonering i et lite område er “bedre” for samfunnet enn 3% rasjonering i et stort område. For de som blir berørt er det i hvert fall like ille. Men at det er mindre energimangel (færre GWh som mangler) i et område, betyr bare at dosering av eventuelle tiltak muligens må være annerledes betyr ikke at Statnett skal vente lenger med å foreta seg noe enn om området er stort og eventuelt har større energimangel i absolutte termer.”

3% rasjonering i et stort område er faktisk verre for samfunnet enn 3% rasjonering i et lite område siden det rammer langt flere, med mindre man har en uendelig negativ nytte av rasjonering.

Kostnad: Sannsynlighet for rasjonering tar ikke hensyn til kostnaden ved tiltak mot kostnaden av rasjonering. Dersom rasjonering må unngås for enhver pris bør en iverksette tiltak så tidlig som mulig. Men Statnett gjør et poeng ut av at de billigste tiltakene skal iverksettes først (fase 1 – fase 2 – fase 3 (SAKS)). Derfor har selskapet en formening om hvor mye samfunnet bør være villig til å betale for å unngå rasjonering, men er kanskje ikke villig til å uttrykke det eksplisitt i kroner og øre.

Effekten av tiltak: Som diskutert tidligere tar ikke det foreslåtte sannsynlighetsmålet hensyn til effekten av tiltakene. Statnett foreslår å beregne

$$P(\text{rasjonering}|\text{ingen tiltak}).$$

Dersom en har ubrukte tiltak igjen bør en beregne både denne størrelsen og

$$P(\text{rasjonering}|\text{ytterligere tiltak})$$

for å kunne bestemme hvor raskt en bør iverksette ytterligere tiltak. Da blir det et spørsmål om når ytterligere tiltak skal iverksettes.

Estimering: Sannsynlighet for rasjonering er også foreslått av Statnett fordi “det vurderes enklest å estimere”. Det er for såvidt riktig, men en Monte Carlo-simuleringsbasert metode gir muligheten til å estimere de aller fleste mål.

Noe av denne kritikken, som område, tid og lignende, kan en riktignok komme med også for alternative kriterier.

2.2 Alternative kriterier

2.2.1 Effekt av tiltak

Kriteriet må ta hensyn til hvor effektive tiltakene er. Derfor anbefaler vi å beregne kriteriet (om det er sannsynligheten for rasjonering eller forventet rasjonering) både

1. gitt ingen tiltak og
2. gitt at tiltak settes inn (på optimalt tidspunkt).

Dermed kan en demonstrere effekten av tiltak og kontinuerlig overvåke når en må sette inn tiltak for å unngå rasjonering.

Dersom det anslås fortsatt stor sannsynlighet for rasjonering selv etter at siste tiltak er satt i verk, vil det selvfølgelig være en ekstraordinær situasjon, og en må vurdere tiltak utover SAKS-tiltakene.

2.2.2 Forventet rasjonert volum gitt at sannsynligheten overstiger en prosentsats

En naturlig utvidelse av Statnetts foreslåtte kriterium er å ta hensyn til hvor ille det kan gå, det vil si å beregne forventet rasjonert volum gitt at sannsynligheten overstiger en prosentsats x :

$$E[\text{rasjonert volum} | P(\text{rasjonering}) > x]. \quad (2.1)$$

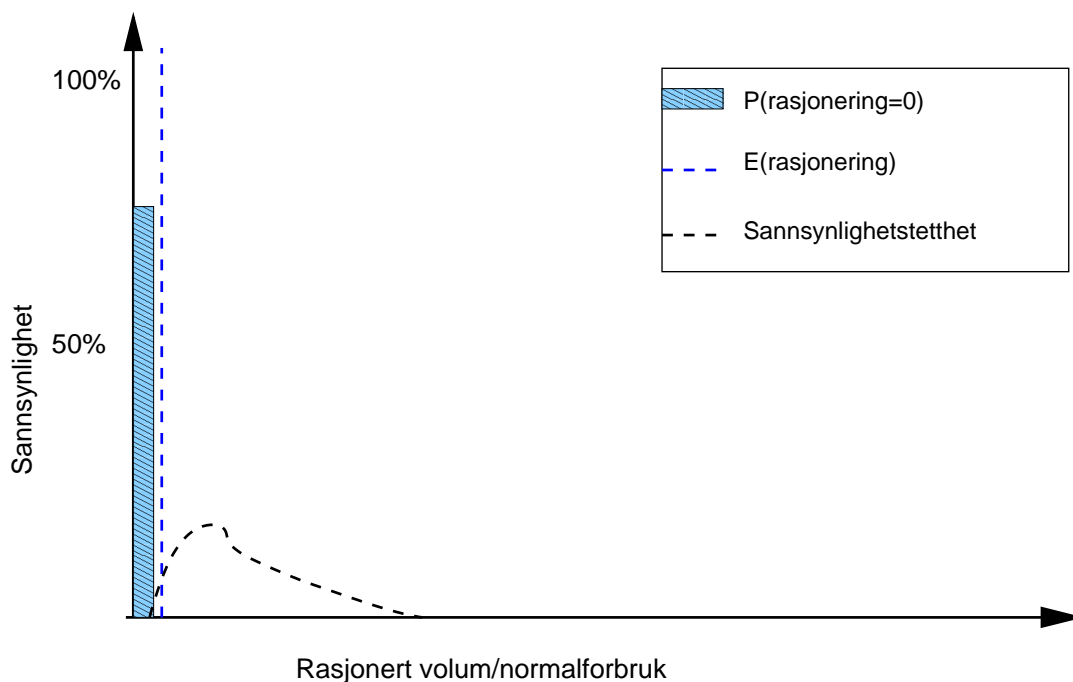
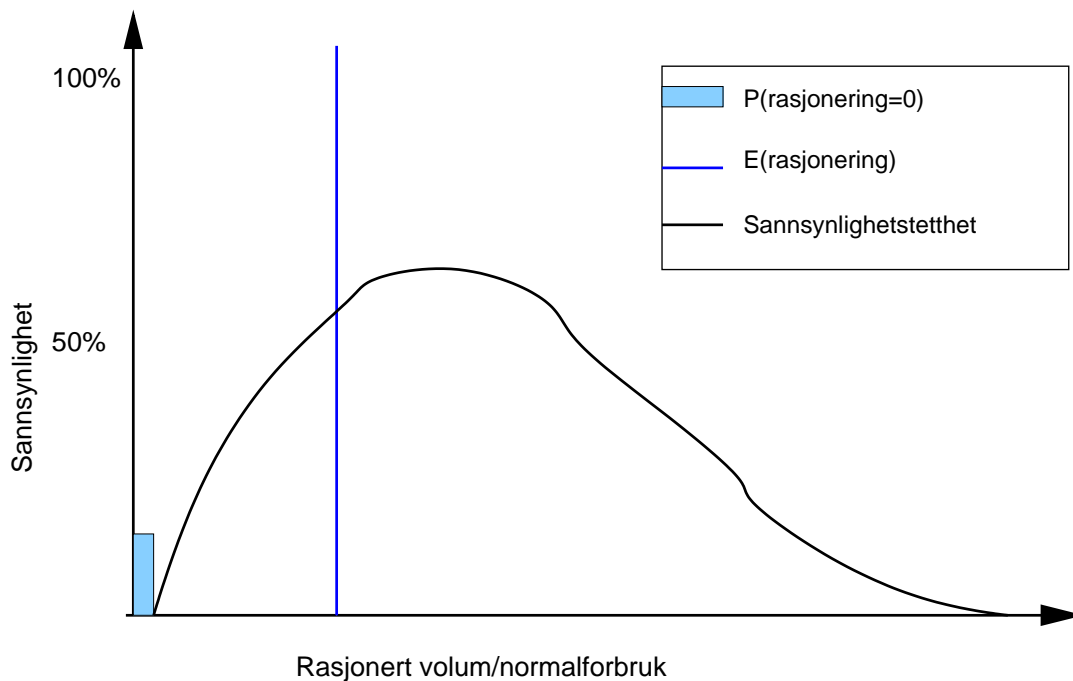
Dette er et vanlig kriterium i vurdering av finansiell risiko, hvor en er interessert ikke bare i sannsynligheten for tap, men hvor store tapene kan bli, gitt at en har tap. Det er i prinsippet interessant også i dette tilfellet, men bare hvis vi er villige til å sette en ulik pris på rasjonering avhengig av hvor mange den rammer. Dersom $x = 0$ i ligning (2.1) får vi den ubetingede forventningen ($E[\text{rasjonert volum} | P(\text{rasjonering}) > 0] = E[\text{rasjonert volum}]$).

2.2.3 Forventet rasjonert volum

Forventet rasjonert volum per tidsenhet (for eksempel uke eller måned) i forhold til normalforbruk er et kriterium som tar hensyn til mange av aspektene diskutert over:

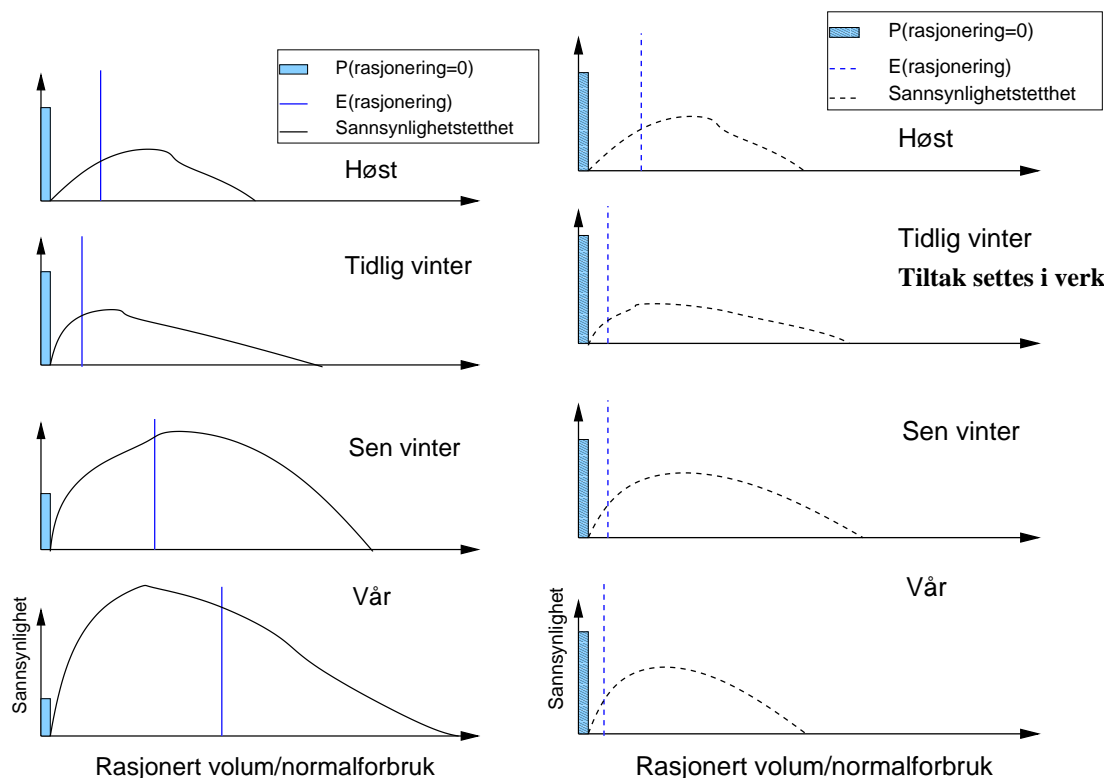
$$\frac{E[\text{rasjonert volum}(t)]}{\text{normalforbruk}(t)}, \quad (2.2)$$

hvor t er antall uker eller måneder fra i dag. For å kunne bruke dette må en si at forventningen (2.2) over en periode, for eksempel fra i dag og ett år fram, i et område skal ligge under en viss grense, for eksempel 1%. Denne grensen vil vi ideelt ønske var 0, men i praksis vil en alltid ha en positiv forventet rasjonering. Gitt dette kravet, vil en måtte sette i verk tiltak tidlig nok til at grensen opprettholdes, men en kan, hvis en vil følge



Figur 2.1. Oppe: Sannsynlighetsfordeling for rasjonert volum for ett år fram. Figuren viser sannsynlighetsfordelingen og forventede verdier gitt ingen tiltak. Den fylte søylen representerer sannsynligheten for ingen rasjonering. Sannsynlighetstettheten representerer fordelingen til rasjonert volum, gitt at det blir rasjonering. Nede: Figuren viser sannsynlighetsfordelingen og forventede verdier gitt at et tiltak settes i verk på et optimalt tidspunkt. $P(\text{ingen rasjonering})$ er mye høyere etter tiltak.

kriteriet slavisk og stoler på modellen som beregner sannsynlighetene, sette i verk tiltak



Figur 2.2. Venstre: Sannsynlighetsfordeling for rasjonert volum for fire perioder fram. Figuren viser sannsynlighetsfordelingen og forventede verdier gitt ingen tiltak. Den fylte søylen representerer sannsynligheten for ingen rasjonering. Sannsynlighetstettheten representerer fordelingen til rasjonert volum, gitt at det blir rasjonering. Høyre: Figuren viser sannsynlighetsfordelingen og forventede verdier gitt at et tiltak settes i verk på et optimalt tidspunkt. $P(\text{ingen rasjonering})$ er mye høyere etter tiltak.

akkurat i tide.

Figur 2.1 viser hvordan en kan framstille både sannsynlighetsfordelingen og forventede verdier og illustrere effekten av tiltak. Figur 2.2 viser tilsvarende informasjon som figur 2.1, men oppdelt i fire perioder.

2.3 Oppsummering av sannsynlighet for rasjonering som kriterium

Vi finner mange problemer med sannsynlighet for rasjonering som kriterium. Derfor foreslår vi et alternativ:

1. Vi foreslår å bruke forventet rasjonert volum i forhold til normalforbruk, hvor forventningen beregnes ett år fram fra i dag, som kriterium for SAKS. Vi foreslår å beregne forventningen ett år fram for å få et mål som hele tiden kan sammenlignes med tidligere beregnede verdier og inneholder førstkomende vårløsning². Det må

2. Det mest kritiske er hva som skjer fram til neste vårløsning. Om en beregner forventningen til og med neste vårløsning, må dette kriteriet sammenlignes med en grense som er justert for antall dager/uker fram til neste vårløsning.

da velges en (lav) grense for hva som er akseptabel forventet rasjonert volum. Kriteriet bør beregnes både for Norge som helhet og for de enkelte delområdene (typisk elspotområdene). Ved å følge dette kriteriet vil en hele tiden sette i verk tiltak på optimalt tidspunkt slik at forventet rasjonert volum er lavt (som beskrevet i kapittel 2.2.1 og 3.6).

2. I praksis vil en kanskje også si at den samfunnsøkonomiske prisen på rasjonering er svært høy. Da kan en også kreve at sannsynligheten for rasjonering, igjen for ett år fram og for det enkelte delområde, skal være mindre enn en viss grense.

Ved å kombinere disse to kriteriene får en et strengere kriterium enn det første. I tillegg er det essensielt at en forstår og kommuniserer hvorfor kriteriene anbefaler tiltak og selvfølgelig supplerer med subjektive vurderinger.

2.3.1 Vanskelig å estimere forventningen

Det kan være at metodikken for estimering av forventede verdier ikke er god nok eller en ikke klarer å estimere forventningsverdier, for eksempel fordi metoden bryter sammen under rasjonering. Da kan det allikevel være fornuftig å bruke sannsynligheten for rasjonering som kriterium, men fortsatt for ett år fram og med en grense slik at tiltak blir satt i verk på optimale tidspunkt for at sannsynligheten for rasjonering skal forbli lav.

3 Metode, verktøy og modelloppsett

Ideelt sett bør en utvikle en ny modell for Monte Carlo-simulering av blant annet tilsig, magasinnivå, forbruk, import (eksport) og pris gitt dagens verdier og historiske data for disse variablene, for å vurdere om og hvor ofte rasjonering er sannsynlig. Simuleringsverktøyet må i tilstrekkelig grad gjenspeile den historiske variasjonen og samvariasjonen mellom alle variablene og de fundamentale sammenhengene mellom dem, samt de fysiske beskrankningene i elkraftsystemet. Basert på det kriteriet en vil bruke, får en en "optimal" regel for når SAKS-tiltak bør iverksettes (og en kan undersøke historisk når det ville vært igangsatt). Dette er imidlertid en svært omfattende oppgave, og vi anser det ikke som realistisk i dag. Vi tar derfor utgangspunkt i Statnetts forslag, og diskuterer og videreutvikler dem.

Først diskuterer vi når vi har rasjonering (kapittel 3.1). Videre ser vi på Statnetts forslag (kapittel 3.2), vi ser på en forbedring av Statnetts forslag (kapittel 3.3), vi argumenterer for at tilsigs-, temperatur- og vindkraftdata bør utnyttes bedre enn i dag (kapittel 3.4), vi diskuterer kort muligheten til å justere Samlasts scenarier til historiske data (kapittel 3.5), vi argumenterer for hvordan optimale tidspunkt for tiltak kan finnes (kapittel 3.6) og oppsummerer til slutt (kapittel 3.7).

3.1 Rasjonering

For å klargjøre definisjonen, sier vi at vi har rasjonering når

$$\text{produksjon} + \text{import} (- \text{eksport}) < \text{ønsket forbruk.} \quad (3.1)$$

Vi skriver "ønsket forbruk", siden vi antar at det ved rasjonering finnes forbrukere som er villige til å betale for strøm, men ikke kan få den. Er vi (nesten) i en rasjonerings situasjon, vil eksporten naturlig nok være lik null. Selv om vår definisjon er noenlunde klar, og det finnes relativt klare retningslinjer for hvordan rasjonering skal skje i praksis (Kristiansen og Larsen, 2005), er det ikke åpenbart når rasjonering vil inntreffe i praksis. Inntil SAKS-tiltak settes i verk, er det nokså klart hva som skjer når, men etter at siste SAKS-tiltak (uten tilstrekkelig effekt) er satt i verk vil prisene være svært høye og forbruket vil gå ned. Modellmessig kan en tenke seg at etterhvert som prisene blir høye nok, blir forbruket lavt nok. På ett eller annet tidspunkt vil ikke Olje- og energidepartementet/regjeringen godta de sosiale konsekvensene av svært høye priser, og dermed innføre rasjonering, selv om det på mange måter også er belastende med rasjonering. Det er med andre ord et politisk spørsmål når rasjonering inntreffer. Dermed er

$$P(\text{rasjonering}) = P(\text{politiske myndigheter mener rasjonering er nødvendig}).$$

Å modellere sannsynligheten for en politisk beslutning er en svært vanskelig øvelse, og vi finner det også underlig å basere beslutningen om SAKS-tiltak på sannsynligheten for

en politisk beslutning om rasjonering seinere. Det virker ikke som om Statnett har tatt dette inn over seg (Statnett, 2006a,b).

3.1.1 Objektivt kriterium?

En risikerer særlig å underestimere sannsynligheten for rasjonering, fordi det kan tenkes at politikerne innfører rasjonering tidligere etter politisk press eller lignende, noe en modell ikke gjør. Trolig bør en i beregningen anta at rasjonering inntreffer under forhold som er uavhengig av politiske beslutninger og klart definert på forhånd, som en høy pris, et minimumsforbruk eller minimumsmagasinnivå (alle justert for hva som er høyt eller lavt gjeldende tid på året). Dermed vil en ikke direkte regne på sannsynligheten for rasjonering, men på sannsynligheten for en ekstremt kritisk situasjon.

3.1.2 Historisk bruk av rasjonering

Som beskrevet av ECON (2005) har vi ikke opplevd rasjonering i Norge i moderne tid. Strømbrudd har funnet sted, og det finnes eksempler på situasjoner med svært høye priser over lengre tid, men ikke så mange som er relevante for Norge. I Norge opplevde vi relativt høye priser vinteren 2002/2003, men som presisert av myndighetene (Statnett, 2006a) er ikke høye priser i seg selv "å betrakte som ekstraordinære forhold", og vinteren 2002/2003 ble definert som "anstrengt", men ikke "svært anstrengt".

Dermed har vi ingen historiske data å forholde oss til. Hadde vi hatt det, kunne vi ha justert vår metode slik at den oppførte seg noenlunde riktig på data fra en rasjoneringsperiode. Siden vi ikke kan gjøre dette, betyr det at enhver metodes anslag på sannsynligheten for rasjonering kan være tildels svært feil, og vi kan ikke korrigere denne feilen. Om vi for eksempel underestimerer sannsynligheten for rasjonering, vil tiltak bli satt i verk for sent.

3.2 Statnetts forslag

Statnett foreslår å Monte Carlo-simulere blant annet tilsig, temperatur, magasinnivå, forbruk, import (eksport) gitt dagens verdier for disse variablene, for å vurdere om og hvor ofte rasjonering er sannsynlig. Dessuten må det tas hensyn til hvilke tiltak som allerede er igangsatt og effekten av tiltak. Statnett nevner to alternative verktøy:

Samlast: Samlast (basert på Samkjøringsmodellen) er en fundamentalmodell, som gitt tilsigs-, vind- og temperaturscenarier og mange antagelser, beregner optimal pris, vannmagasinnivå, forbruk, import, eksport, med mer, gitt at antagelsene i modellen er riktige. Fra Samlast får en dessuten (i tillegg til det som Samkjøringsmodellen allerede gir) beregnet framtidig utnyttelse av nettet, altså flyt.

Statnett ser ut til å ikke ville fokusere på pris, selv om høyere pris gir noe lavere forbruk og allerede er en del av Samlast.

Enklere modell: Ikke ferdig utviklet, men må legges til rette for Monte Carlo-simulering av import, temperatur, tilsig og forbruk, for å vurdere usikkerheten rundt kraftbalansen gjennom en sesong.

Vi ser på disse to som mulige alternativer. I det følgende diskuterer vi fordeler og ulemper med dem.

3.2.1 Samlast

Det er mange fordeler med Samlast. For det første har den en detaljert modell av kraftsystemet i Norge (og Norden), som tar hensyn til de viktigste fysiske begrensningene i systemet når det gjelder produksjon og import- og eksportkapasitet. For det andre tar den hensyn til mange av forklaringsvariablene, særlig tilsig og temperatur, men også pris og kapasitet for termisk kraft. Dessuten tas det hensyn til tilbud og etterspørsel, slik at for eksempel økte priser gir lavere forbruk.

En viktig egenskap ved Samlast i denne sammenhengen er at modellen ikke bryter sammen ved og under rasjonering (Wolfgang et al., 2005). En kan bestemme en rasjoneringspris. Blir prisen høyere enn denne, rasjoneres det i modellen helt til prisen blir lavere. Setter en prisen høyt, vil en dermed godta svært høye priser før en må rasjonere. Setter en prisen (for) lavt, får en rasjonering (for) ofte. Alternativt går det an å sette en nedre grense for fysisk forbruk, som betyr at prisen blir svært høy når en nærmer seg denne grensa. Det at også prisen modelleres simultant er viktig, siden høyere pris gir lavere forbruk.

Gitt at modellen ellers er god, kan det være problematisk at en selv definerer når rasjonering inntreffer. Er magasinene nesten tomme og tilsiget er ekstremt lavt gir selvfølgelig modellen rasjonering uansett, men i ikke fullt så ekstreme situasjoner, kan modellen derfor over- eller undervurdere hyppigheten av rasjonering.

Alternativt kan en, som Statnett (2006b) diskuterer, ta utgangspunkt i minimum magasinifylling. Kommer magasinifyllingen under dette nivået, vil det være nødvendig å rasjonere. Gitt at en klarer å definere et slikt minimumsnivå, vil en med denne framgangsmåten ikke anta at rasjonering kan finne sted inne i modellen (ved for eksempel en rasjoneringspris) ved generering av scenarier. Hyppigheten av rasjonering vil kun beregnes i ettertid (som andel av hvor ofte magasinifylling havner under minimumsnivået, gitt at rasjonering ikke vil finne sted).

I tillegg er det flere problemer med Samlast¹:

- Den er brukerkalibrert. Det er mange, subjektive valg brukeren må foreta. Dessuten er modellen tung å kjøre (tar lang tid). Det sistnevnte bør ikke være noe stort problem hvis en SAKS-vurdering ikke skal gjøres for ofte.
- Siden det er en fundamentalmodell bryr den seg ikke om historiske data (bortsett fra for tilsig, temperatur og vind, se kapittel 3.4). Det betyr også at den optimale løsningen som modellen gir ikke alltid gjenspeiler det vi observerer i markedet/virkeligheten av (minst) to grunner:
 1. Modellen har ikke en komplett beskrivelse av virkeligheten.
 2. Modellen tilpasses ikke historiske data, og modellen lager ikke simuleringer av

1. Alle modeller har selvfølgelig sine styrker og svakheter. Dette er ikke ment som en ensidig kritikk av Samlast.

mulige priser, produksjon, forbruk og så videre, men optimale forventninger av disse, gitt modellen (og dens inngangsverdier).

Standardoppskriften er å bruke for eksempel 70 historiske tilsigs-, vind- og temperaturår, mate hver av disse inn i Samlast og få ut scenarier for blant annet priser, magasin-fylling og sannsynlighet for rasjonering. Det er ikke gitt at hvert scenario har 1/70 sannsynlighet, siden hele fordelingen for eksempel kan ha for lav/høy forventningsverdi og varians. Det kan derfor være et poeng å justere scenariene til historiske observasjoner (kapittel 3.5).

3.2.2 Enklere modell/nyutvikling

Statnetts forslag har mye for seg, siden en slik modell kan være nokså enkel. Hvis en ser bort fra pris, men isteden fokuserer på de mer fysiske variablene som produksjon, forbruk, tilsig og import, kan en allikevel kunne beregne sannsynligheten for rasjonering etter definisjon (3.1), eventuelt at vannmagasinnivå kommer under et minimumsnivå (Statnett, 2006b). En ytterligere forenkling er å si at det blir produsert så lenge det er vann i magasinene (og at tilsiget fyller opp med ny energi), slik at en ikke modellerer produksjonen i seg selv. Ved å sette en nedre grense for forbruk, får en rasjonering i de tilfellene at produksjonen går under denne grensen. Dette er selvfølgelig en sterk forenkling, men kan gi rask og verdifull innsikt.

3.3 Forbedringer

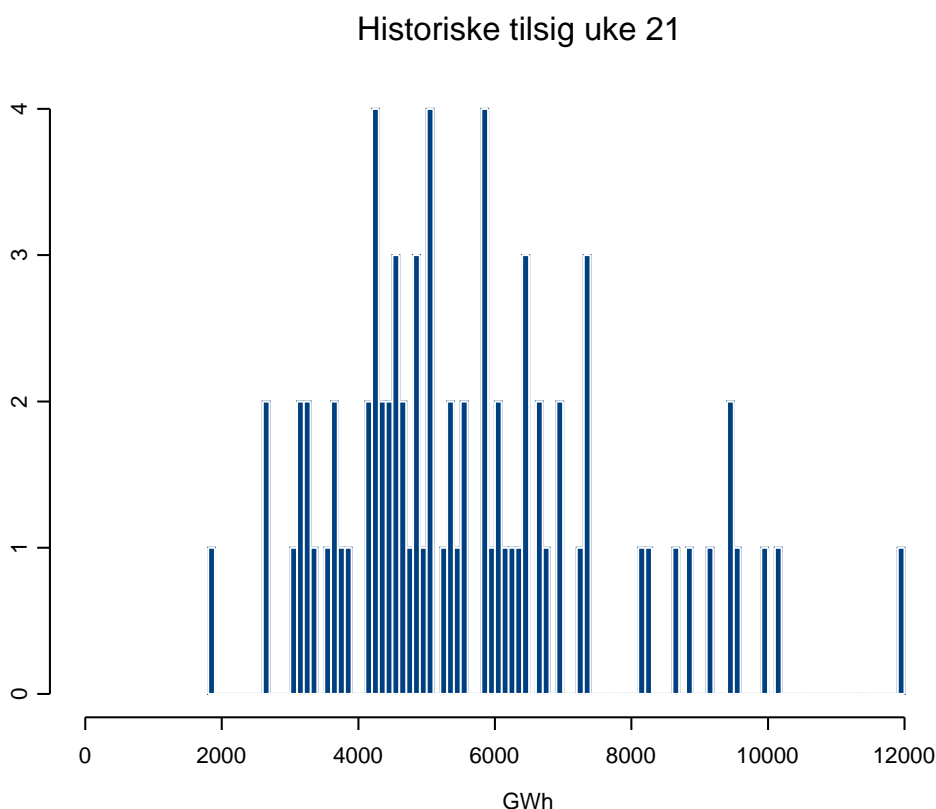
Vi har argumentert for å ta hensyn til rasjonering ved å enten sette en rasjoneringspris eller et minimumsforbruk. Uansett er det problematisk, siden valget implisitt bestemmer når rasjonering inntreffer i simuleringene, det vil si: vi har definert nøyaktig når den politiske beslutningen om rasjonering vil inntreffe.

Samlast: Vi mener det er viktig å ta hensyn til all kunnskapen innebygd i Samlast, men at bruken av modellen kan forbedres på to områder: bruk av historiske tilsig (kapittel 3.4) og justering av de scenariene Samlast produserer (kapittel 3.5). Vi anbefaler bruk av en grense for rasjoneringsforbruk, og å sette denne relativt høyt, fordi vi gjerne vil være føre var og unngå å underestimere sannsynligheten for rasjonering.

Enklere modell: En utvidelse av en enklere modell er å inkludere pris og forbruk (muligens også temperatur) som stokastiske variable, og å anta en fundamental sammenheng mellom disse størrelsene, men hvor parametrene kan estimeres basert på historiske data. En ytterligere utvidelse er å simulere pris og forbruk betinget på vannmagasinsscenarier fra Samlast. Rasjonering inntreffer når forbruket går under en viss forhåndsdefinert grense eller prisen går over en viss grense. Fordelen med denne framgangsmåten, selv om den er forenklet, er at det mulig å justere parametrene i modellen til historiske data slik at de beskriver det sannsynlige utfallsrommet bedre enn en ren fundamentalmodell kan gjøre.

3.4 Modell for tilsig, temperatur og vind

Som tidligere nevnt er alle metoder avhengige av å simulere spesielt tilsig og temperatur og, i noen tilfeller, vind. Dagens bruk av Samkjøringsmodellen/Samlast (og andre metoder) er basert på historisk tilsig, temperatur og vind. Dette kan være et problem, siden gjenbruk av historien ikke gir mulighet for enda mer ekstreme utfall enn observert i historien (se figur 3.1). Sannsynligheten for dette er absolutt til stede og svært viktig å ta hensyn til i forbindelse med en ekstremsituasjon som rasjonering. Derfor anbefaler vi å lage en parametrisk tidsrekkemodell for tilsig, temperatur og vind som tar hensyn til den historiske variasjonen og samvariasjonen mellom dem. Istedenfor å være begrenset til historiske data, kan en da generere vilkårlig mange Monte Carlo-simuleringer av disse forklaringsvariablene, hvor de mest ekstreme utfallene kan (og bør) være mer dramatiske enn de vi har observert historisk.



Figur 3.1. Historisk tilsig for Norge, uke 21, for årene 1931–2007. Å trekke tilsig blant disse for uke 21 gir ikke mulighet for noe mer eller mindre ekstremt enn disse tilsigene.

3.5 Justering til historiske data

La oss i det følgende anta at Samlast produserer B scenarier av de ulike størrelsene som er involvert. La oss anta at for forbruk er sammenhengen mellom scenariene (\tilde{F}_t) og

virkeligheten (F_t) gitt ved

$$F_t = \tilde{F}_t + \beta_t + \sigma_t \varepsilon_t, \quad (3.2)$$

hvor β_t korrigerer for skjevhet, og korreksjon for varians gjøres av $\sigma_t \varepsilon_t$. ε_t er standard normalfordelte, mens σ_t er standardavviket. Dersom ligning (3.2) gjelder, er det mulig å korrigere Samlasts scenarier i ettertid, slik at de i større grad spenner ut det faktiske utfallsrommet for, i dette eksempelet, forbruk. Denne korreksjonen kan gjøres ved å sammenligne Samlasts historiske scenarier/prediksjoner med historiske data for de samme størrelsene. Dersom en bare er interessert i sannsynligheten for rasjonering, er denne justeringen ikke så viktig, fordi den i liten grad vil påvirke om rasjonering har funnet sted. Men om forventet rasjonert volum skal beregnes, kan en slik justering forbedre virkelighetsbeskrivelsen.

3.6 Tiltak: når og i hvilken rekkefølge?

Vi antar i det følgende at fase 1- og 2-tiltakene allerede er igangsatt, og at vi står igjen med SAKS-tiltakene. Metodikken kan likefullt brukes på vurdering av fase 1 og 2. I tillegg til at vi, jamfør diskusjonen i kapittel 2.3, ønsker å iverksette tiltak på optimalt tidspunkt, bør virkemidlene ikke gi vesentlig lavere pris og ikke redusert import til området (Statnett, 2006b). Dette bør da legges inn som tilleggskrav ved innføring av tiltak. Videre følger vi Statnetts argumentasjon om at energiopsjoner i forbruk skal brukes før reservekraftverk. Begge tiltakene gir en øyeblikkelig bedring i kraftbalansen, enten ved lavere forbruk eller høyere produksjon. Gitt en metode for beregning av forventet rasjonert volum (eller sannsynligheten for rasjonering), har en da et stort optimeringsproblem: Tiltak kan settes inn på ulikt tidspunkt, for ulik lengde og av ulik styrke (for eksempel energiopsjoner eller begge tiltak). Å løse dette optimeringsproblemet er kanskje for vanskelig eller tidkrevende. En realistisk forenkling er å si at første mulige tiltak er at alle energiopsjoner tas i bruk og neste mulige tiltak er at alle reservekraftverk tas i bruk². Vi foreslår at en prøver ut et fornuftig sett av scenarier; mulige tiltak for ulike perioder, og velger det som ligger nærmest en optimal løsning. Merk at en må legge inn muligheten for både energiopsjoner og reservekraftverk. Ett scenario kan dermed være å bruke halvparten av energiopsjonene neste måned og reservekraftverk om to måneder. Denne framgangsmåten kan brukes både for Samlast (selv om det kan bli mange kjøring) og en enklere modell.

3.7 Oppsummering av metode, verktøy og modelloppsett

Vi har argumentert for at rasjonering i praksis inntreffer når politikerne bestemmer seg for det. Derfor kan enhver metodes anslag på sannsynligheten for rasjonering være tildels svært feil, og vi kan ikke korrigere denne feilen ved hjelp av historiske data. Allikevel må en ta en beslutning om bruk av SAKS-tiltak hvis Statnett søker om det. Denne må en da ta basert på så objektive grunnlag som mulig, men også med en god porsjon skjønn, siden en ikke kan vite om modellen(e) gir riktig svar.

2. Dette er selvfølgelig betinget på at tiltakene gir bedring i kraftbalansen i det området der faren er stor for rasjonering.

Vi antar at vi har et kriterium for innføring av SAKS-tiltak, som diskutert i kapittel 2. Gitt dette kriteriet, anbefaler vi å:

- Trekke tilsig, temperatur- og vinddata fra en parametrisk modell som gir muligheten for mer ekstreme hendelser enn vi har observert historisk, og dermed generere langt flere simuleringer enn kun 60-70 basert på historiske år (kapittel 3.4).
- Bruke en enkel modell, men forbedret som beskrevet i kapittel 3.3, til å generere Monte Carlo-simuleringer av størrelsene nødvendig for å evaluere muligheten for framtidig rasjonering. Denne framgangsmåten gir et raskere svar enn Samlast, og trolig med en riktigere beskrivelse av utfallsrommet. Vi anbefaler i tillegg å bruke Samlast, for å kunne sammenligne svarene.
- Finne optimale tidspunkter for tiltak ved å prøve ut et fornuftig sett av mulige tiltak for ulike perioder, og velge det som gir en løsning som ligger på riktig side av kriteriet (kapittel 3.6).

Den dagen Statnett søker om å benytte et SAKS-tiltak bør derfor NVE undersøke effekten av dette tiltaket som beskrevet over; effekten uten tiltak, med tiltaket og med tiltaket samt eventuelle gjenværende tiltak.

Referanser

ECON (2005). Konsekvenser av langvarige strømutfall og høye kraftpriser i flere måneder. Rapport 2005-014.

Kristiansen, R. og Larsen, B. (2005). Veiledning for rasjonering i kraftsystemet. NVE. Veileder nr. 3-05.

Statnett (2006a). SAKS Hovedrapport. Tiltak for å unngå eller mestre Svært Anstrengte KraftSituasjoner.

Statnett (2006b). Søknad om godkjenning av en reservekraftordning. Søknad til Norges Vassdrags- og Energidirektorat. Saksnr. 04/251.

Wolfgang, O., Doorman, G., Gjelsvik, A., Mo, B., Haugstad, A., Førsum, F. R. og Singh, B. (2005). Samkjøringsmodellen: En oversikt med vekt på økonomisk tolkning. SINTEF/SNF.