

**Arbeidsnotat nr. 70/05**

**Samfunnsøkonomisk lønnsomhet av  
timemåling og toveiskommunikasjon**

**av**

**Christian Andersen  
Arne-Christian Lund**

SNF-prosjekt nr. 3320:  
Samfunnsøkonomiske virkninger av timemåling  
med toveiskommunikasjon.

Prosjektet er finansiert av Hafslund ASA og EBL

**SAMFUNNS OG NÆRINGSLIVSFORSKNING AS**

**Bergen, november 2005**

**ISSN 1503-2140**

© Dette eksemplar er fremstilt etter avtale  
med KOPINOR, Stenergate 1, 0050 Oslo.  
Ytterligere eksemplarfremstilling uten avtale  
og i strid med åndsverkloven er straffbart  
og kan medføre erstatningsa



## **Forord**

Dette arbeidsnotatet dokumenterer arbeidet på SNF prosjekt 3320 "Samfunnsøkonomiske virkninger av timemåling med toveiskommunikasjon". Prosjektet er finansiert av Hafslund ASA og Energibedriftenes landsforening, EBL.

Prosjektet ble gjennomført i løpet av april og mai 2005. Formålet har vært å vurdere samfunnsøkonomiske effekter av innføring av timemåling for sluttbrukere med etterspørsel mindre enn 100.000 KWh. På grunn av den begrensede tidsramme har det ikke vært mulig å gå i detaljer i analysen. Det er lagt vekt på en kritisk diskusjon av de samfunnsøkonomiske effekter som er beskrevet i den eksisterende teoretiske litteraturen og i eksempler på nytte-kostnadsanalyser som er gjennomført i andre land.

Bergen, november 2005

Christian Andersen

Prosjektleder



# Innholdsfortegnelse

Forord .....	iii
Innholdsfortegnelse .....	v
Sammendrag.....	vii
1 Innledning.....	1
2 Eksempler på nytte-kostnadsanalyser av timemåling .....	2
3 Diskusjon av enkelte elementer i nytte-kostnadsberegninger .....	10
4 Energiforbruk og døgnvariable priser .....	16
5 En modell med økning i andelen av sluttbrukere på timemåling.....	18
6 Endringer i energiforbruk ved toveiskommunikasjon.....	22
Litteratur.....	24



## Sammendrag

Det er flere aktører som berøres av timemåling og dynamisk prising. I en rekke analyser stilles det opp effekter for forskjellige aktører. En typisk inndeling vil være effekter knyttet til kraftprodusenter, kraftleverandører, nettselskaper og sluttbrukere. I en samfunnsøkonomisk analyse er det målsettingen å identifisere endringer i samlet nytte og kostnader. Overgangen fra å se på isolerte effekter for enkeltaktører og til samfunnsøkonomisk perspektiv reiser flere prinsipielle problemstillinger.

Når analysen tar utgangspunkt i effekter for forskjellige aktører er det viktig å identifisere overføringer mellom forskjellige aktører som i seg selv ikke bidrar til endringer i samfunnsøkonomisk overskudd. Det blir samtidig viktig at effekter som skal verdsettes er vurdert på en konsistent og konsekvent måte. I denne sammenheng kan det være nyttig at forskjellige effektene settes inn i en modell for aktørenes tilpasning i kraftmarkedet.

Dette arbeidsnotatet beskriver først oppstillinger over nytte- og kostnadselementer som er lagt til grunn i norske og utenlandske analyser av timemåling og dynamiske priser. Oversikten viser at det er stor overensstemmelse mellom forskjellige undersøkelser med hensyn til prinsipielle effekter det skal legges vekt på. Det er imidlertid en del variasjon med hensyn til hvilke effekter som faktisk operasjonaliseres og tallfestes. Det kan også være store avvik i verdien som settes på enkelte nytte- eller kostnadskomponenter. Noen enkelte effekter trekkes frem for nærmere diskusjon. Det er forsøkt å sammenlikne konkrete tallverdier fra litteraturen. Denne sammenlikningen har imidlertid vist seg å være vanskelig fordi det ikke alltid er klart hvilke forutsetninger som ligger til grunn for de tallene som brukes. Det er store variasjoner mellom anslag i forskjellige analyser. Det kan være flere årsaker til dette. Det kan være variasjon mellom de tekniske produktene (for eksempel måler typer) som er priset. Det fremgår imidlertid også at kostnadene ved gjennomføring av større utstiftninger av målere er avhengig av den konkrete gjennomføringsstrategi.

Det henvises i notatet til nyere teoretisk litteratur om effekten av timemåling og dynamisk prising. Modellformatet som benyttes i denne litteraturen gir mulighet for etablere en tolkningsramme for de enkelte aktørers tilpasning og gjør det enklere å se sammenhengen mellom effekter for de enkelte aktører og dermed identifisere endringer i samfunnsøkonomisk overskudd.





# 1 Innledning

Temaet for rapporten er nytteeffekter ved installering av timemålere og toveiskommunikasjon for kunder med årsforbruk mindre enn 100.000 KWh. Formålet med prosjektet har vært å gi en oversikt over effekter som er trukket frem i nytte-kostnadsanalyser av installering av timemålere. For enkelte av effektene er det gjennomført en kritisk diskusjon ut fra et samfunnsøkonomisk perspektiv.

Prosjektet har kombinert teoretisk temalitteratur med tilgjengelige resultater fra eksperimenter med innføring av timemåling og generelle prinsipper for samfunnsøkonomisk nytte-kostnadsanalyse. Den relativt korte tidsramme som er lagt til grunn for prosjektet har satt grenser for hvor dypt det har vært mulig å gå i de to problemstillingene.

Det har i de senere år utviklet seg en sterk interesse for problemstillinger knyttet til knapphet på energi eller effekt i kraftmarkedet. I USA har spesielt utviklingen i California fått stor oppmerksomhet. I det nordiske kraftmarkedet har utviklingen i løpet av høst og vinter 2002-2003 vært i fokus. Disse hendelsene har reist spørsmålet om hvordan økt prisfølsomhet i etterspørselen kan bidra til at forbruket tilpasser seg i knapphetssituasjoner. Det har derfor utviklet seg en betydelig teoretisk litteratur som tar for seg forholdet mellom fastpris og priser som avspeiler variasjonen i priser over tid i engrosmarkedet. Fordelen med denne litteraturen er at den ser effekter for forskjellige aktører i sammenheng innenfor rammen av en modell av et liberalisert kraftmarked. En utfordring er om det stiliserte bilde av kraftmarkedet treffer det som er de viktigste problemstillingene eller grunnleggende forhold i forhold til de markeder hvor analysen skal brukes.

En del av litteraturen tar for seg forskjellige nytte- og kostnadskomponenter ved gjennomføring av de nødvendige investeringer i målere for å gjennomføre dynamisk prising. Disse investeringer har implikasjoner ikke bare for dynamisk prising men også for fakturering, avlesning og andre deler av den samlede aktivitet i nettselskaper eller for strømleverandører. Typisk vil man her stå overfor oppstillinger av nytte og kostnadseffekter for sluttbrukere, nettselskap, strømleverandør og i forhold til kraftmarkedets funksjonsmåte (samfunnet). Styrken ved disse analyser er den konkrete beskrivelse av implementeringen og av forhold hos de enkelte aktørene. En utfordring er å sikre konsistens i vurderingene når effekter sammenlignes for forskjellige aktører. En annen utfordring knytter seg til verdsetting av effekter. Jo mer konkrete effekter det er snakk om, jo mer spesifikke vil de være for de

enkelte aktører eller selskaper. Det kan derfor være vanskelig å sammenlikne konkrete verdsettinger mellom forskjellige analyser.

Innenfor rammen av dette prosjektet har det vært nødvendig å konsentrere oppmerksomheten om et begrenset antall tema. Hovedvekten har derfor vært lagt på å trekke frem samfunnsøkonomisk relevante nytte- og kostnadselementer for forskjellige aktører og å sikre at de er behandlet på en konsistent måte i forhold til hverandre. Med konsistens menes at det tas utgangspunkt i prinsippene for samfunnsøkonomisk nytte- kostnadsanalyse. At de samme vurderingsprinsipper benyttes i alle ledd i oppstillingen. At det tas hensyn til overføringer mellom aktører som ikke nødvendigvis skal regnes som samfunnsøkonomiske gevinster.

Utgangspunktet vil være en oversikt over analyser som er gjennomført i Norge og i utlandet. Det vil bli lagt vekt på hvilke elementer det er relevant å ta med i en analyse som gjelder norske forhold, og det vil bli lagt vekt på at det er konsistens mellom elementer som tas med for forskjellige aktører i kraftmarkedet. Muligheten for å sammenlikne kostnader fra forskjellige analyser vil bli diskutert. Heretter vil betydningen av en økning av andelen sluttbrukere på dynamisk prising bli diskutert innenfor rammen av en enkel modell av kraftmarkedet. Denne analysen gir grunnlag for å beskrive endringer i samfunnsøkonomisk overskudd knyttet til endringer i priser, produksjon og forbruk.

## **2 Eksempler på nytte-kostnadsanalyser av timemåling**

Dette avsnittet refererer til en rekke utenlandske og norske analyser som er gjort av samfunnsøkonomiske virkninger av installering av timemålere. Det vil i utgangspunktet bli lagt vekt på å dokumentere hvilke samfunnsøkonomiske virkninger som anses for relevante i de forskjellige undersøkelser. Her vil det bli lagt vekt både på hvilke effekter som trekkes frem og hvilke som kvantifiseres.

Det vil bli lagt størst vekt på analyser hvor det er gjennomført en bred analyse i regi av organer som er uavhengige av målerbransjen selv. Denne typen analyser er blant annet gjennomført i Victoria (Australia), Ontario (Canada), California og Sverige. Dette er alle analyser som har konkludert positivt med hensyn til utrulling av målere. Det kan være et problem at eventuelle analyser som har konkludert negativt er utilgjengelige. Formålet med

gjennomgangen er imidlertid bare at se hvilke effekter det legges vekt på, ikke å ta stilling til lønnsomheten av investeringene i seg selv.

### *Victoria, Australia*

I juli 2004 offentliggjorde *The Essential Services Commission* i delstaten Victoria, Australia, sin beslutning om full utrulling av timemålere (ESC 2004). Etter beslutningen skal timemålere installeres for alle typer sluttbrukere i løpet av noen år. Raskest skal installeringen skje for de største sluttbrukere, mens husholdningskunder og mindre bedrifter vil få installert over en lengre periode. Beslutningen om tvungen full utrulling ble tatt på bakgrunn av en nytte-kostnadsanalyse blant annet dokumentert i ESC 2002. Tvungen full utrulling ble besluttet for å høste skalafordeler ved installeringen og fordi markedsløsningen ikke ble antatt å ville gi en utskiftning tilstrekkelig rask til å høste disse fordelene.

I ESC 2004 beskrives de vesentligste nytteeffekter som knyttet til mulighetene for mer effektiv prisning og etterspørsel

- Gi sluttbrukerne mulighet og insitamenter til å styre sitt forbruk mer effektivt. Resultatet vil være en reduksjon i behovet for topplastkapasitet i produksjon og distribusjon.
- Gjøre detaljistprisene mer effektive.
- Gi distribusjonsselskapene mulighet og insitament til å sette mer effektive tariffer for overføring.

I tillegg til effektene på prisning og etterspørsel nevnes en rekke andre nytteeffekter.

- Øke effektiviteten av det kombinerte en gros og detaljmarkedet ved at prisning stemmer bedre overens
- Gi distributører mulighet for å øke leveringskvaliteten
- Øke nettselskapenes mulighet for å administrere nettverket effektivt. Dette kan være i forbindelse med automatisk avlesning.
- Øke nøyaktighet i avlesning og fordeling mellom sluttbrukere
- Gi mulighet for nye tjenester basert på bedre kommunikasjon
- Redusere uenighet om regninger og behovet for anslag. Bedre nøyaktighet ved skift av bosted.

Det er bare nytteeffektene knyttet til økt markedseffektivitet som kvantifiseres i analysen. Dette gjøres ved å anslå endring i toppplastprisen i forhold til en flat tariff (ESC 2002). Med utgangspunkt i anslag på etterspørselastisiteter beregnes reduksjonen i toppplastetterspørsel. Dette gir grunnlag for en besparelse verdsatt ut fra kostnadene ved utbygging av ny kapasitet.

Kostnadene ved utbygging er i analysen delt opp i fire komponenter

- Kostnader til innkjøp av målere og annet nødvendig utstyr
- Installering
- Vedlikehold
- Kostnader knyttet til avlesning og datahåndtering

Den første komponenten antas å være sterkt avhengig av strategien for utbygging, og minimeres ved en samlet utrulling over kort tid. Installeringskostnader antas å bli minimert ved gradvis utskiftning over tid. Vedlikehold antas å være uavhengig av utbyggingstempo. Kostnader til avlesning og datahåndtering avhenger av om det er grunnlag for fjernlesning av målerne.

Det refereres i ECS 2002 til undersøkelser fra USA som viser at husholdningers prisfølsomhet øker ved utbygging med toveiskommunikasjon. Det refereres ikke til tilsvarende analyser for bedriftsmarkedet. I analysen av toveiskommunikasjon er ikke kostnader til ekstra utstyr utover målere tatt med. I analysen av toveiskommunikasjon er det ikke økning i netto nytten for husholdningssektoren. Analysen for bedriftsmarkedet viser en økning i nettonytten. ECS 2002 anbefaler imidlertid ikke denne typen utbygging fordi kostnadene ved utbygging og betydningen for sluttbrukernes tilpasning er for usikker.

#### *Ontario, Canada*

Ontario Energy Board (OEB) ble i løpet av 2004 pålagt å utarbeide en plan for installering av nye målere for 800.000 sluttbrukere innen utgangen av 2007 og for alle sluttbrukere i Ontario innen utløpet av 2010. Bakgrunnen for pålegget var blant annet en rapport utarbeidet av OEB mars 2004 om betydningen av etterspørselssiden for å bedre energibalansen i Ontario. Et hovedformål var å gi sluttbrukere mulighet for redusere forbruket og utnytte energi mer effektivt og dermed bidra til en overordnet målsetning om en 5% reduksjon i energiforbruket. Dette skulle oppnås ved bruk av dynamisk prising av elektrisitet.

For energimarkedet ble økt prisfølsomhet vurdert som gunstig i forhold til forsyningssikkerhet, behov for kapasitet (på produksjonssiden), tap i nettet og håndtering av kapasitetsskranker. I forhold til produsentsiden ble omfordelinger mellom topplast- og lavlastteknologi diskutert. For kraftselgere fremheves muligheten for å basere oppgjør med sluttbrukere på det virkelige forbruket over tid. For distribusjonsselskapene ble muligheten for reduserte kostnader til avlesning, redusert tyveri og målermanipulasjon, reduksjon i klager, redusert behov for fakturering basert på estimater og endelig bedre avlesning når sluttbrukere flytter.

OEB (2005a) inneholder en konkretisering av utbyggingsplanene med prioritering av installering av målere hos de største sluttbrukere først, heretter mindre brukere i tettbygde strøk og endelig de resterende mindre sluttbrukere. OEB (2005b) Appendix C1 inneholder en konkretisering av muligheten for kostnadsbesparelser i forbindelse med utbyggingen. Av i alt 15 punkter er det bare tre som konkretiseres tallmessig. Oppstillingen retter seg ikke mot en samlet samfunnsøkonomisk vurdering. Det er imidlertid en interessant diskusjon av enkelte av postene. Appendix C2 inneholder en oversikt over kostnader knyttet til utrulling av målere. Her legges det vekt på både kostnader til innkjøp av målere og en nedbrytning av installeringskostnader på forskjellige delkostnader. Dette inkluderer behov for opplæring, mulighet for skader på utstyr ved installering og logistiske forhold ved håndtering av store mengder målere og annet utstyr.

### *California*

Etter kraftkrisen i California i 2001 ble det økt oppmerksomhet på betydningen av fleksibilitet på etterspørselssiden. En del av oppmerksomheten har rettet seg mot installering av avanserte målere og utformningen av dynamisk prising. Arbeidet har involvert både California Public Utility Commission (CPUC) og California Energy Commission (CEC). Disse to institusjonene satte i sommeren 2002 i gang utredningsarbeid med det formål å avklare problemstillinger knyttet til ”policies and practices for advanced metering, demand response and dynamic pricing”. Gjennom 2004 ble det arbeidet med å etablere et rammeverk for vurdering av kostnader og nytteeffekter av avanserte målere. Det ble i samme perioden gjennomført pilotstudier av forskjellige former for dynamisk prising.

CPUC/CEC (2004) diskuterer og kommenterer utkast til kostnads- og nyttekomponenter ved investering i avanserte målere. Kostnadssiden består av fem grupper med mellom 9 og 18 underpunkter. De fem gruppene er

- Meter system and installation
- Communication system
- Information technology and application
- Customer services
- Management and other costs

Den første gruppen inneholder investering i selve måleren, utgifter til installering, opplæring av personell og oppfølging og feilretting i forbindelse med installeringen. Den andre gruppen inneholder alle utgifter knyttet til tilrettelegging av kommunikasjon med målere. Den tredje gruppen inneholder kostnader knyttet til databehandling og lagring av informasjon fra målere, beregning av fakturagrunnlag fra dynamiske tariffer. Den fjerde gruppen inneholder kostnader knyttet til informasjon til kunder og tilbakemeldinger på spørsmål i en overgangsfase. Den siste gruppen inneholder kostnader til administrasjon av endringsprosessen

Nytteeffektene er kategorisert i fire grupper (antall underpunkter i parentes)

- System operations benefits (11)
- Customer service benefits (13)
- Demand response benefits (4)
- Management and other benefits (10)

Når det gjelder nytteeffektene er det ikke alle underpunkter som anses for kvantifiserbare. For de ikke kvantifiserbare legges det opp til en kvalitativ drøftelse av de enkelte effektene. Under den første gruppen er de kvantifiserbare effekter bl.a. reduksjon i utgifter til avlesninger, redusert antall telefoniske henvendelser på grunn av tvist om regninger og økt nøyaktighet av målere. Av de ikke kvantifiserbare komponenter kan nevnes redusert tyveri, håndtering av avbrudd og muligheten for å slå av og på brytere elektronisk.

Den andre gruppen inneholder nytteeffekter som gir mulighet for bedre service til kundene. Blant de kvantifiserbare effekter nevnes økt nøyaktighet i avregning og tidlig oppdagelse av feil ved måler. Av de ikke kvantifiserbare effektene kan nevnes tilgang til informasjon om

kundenes forbruk, bedre valgmuligheter for kunder med hensyn til tariff og betalingstidspunkter og endelig verdien for kundene av nøyaktige regninger.

Den tredje gruppen, demand response benefits, inneholder virkningene av de langsiktige tilpasninger i kraftmarkedet. Det dreier seg om reduserte produksjons- og kapasitetskostnader ved skift av forbruk fra topplastperioder til lavlastperioder. Det legges også vekt på effekten på reservemarginen som bidrar til økt systemsikkerhet. Muligheten for utsettelse av oppgradering eller fornyelse av transmisjons- og distribusjonsnettene trekkes også inn som en kvantifiserbar effekt.

Den siste gruppen inneholder først reduksjon i enkelte spesifikke kostnader knyttet til måling. Det er også tatt med et punkt for bedre kontantstrøm knyttet til utsendelse av regninger.

Et av dokumentene som er tilgjengelig fra CECs hjemmeside er King (2004). Det er utarbeidet av en representant for et privat firma involvert i salg av målere. Dokumentet inneholder en oversikt over mulige nytteeffekter og kostnader. Oppstillingen samsvarer stort sett det som er gjengitt ovenfor. Det gis eksempler på områder i USA hvor avanserte målere er installert og hva som ble vurdert som vesentlige kostnads- eller nyttekomponenter i beslutningsprosessen for hvert område.

#### *Sverige: Månedsvis avlesning av kraftmålere*

I Sverige ble det i 2004 besluttet å gjennomføre en større reform av regelverket for måling og avregning. Reformen har to deler. Den første delen er en senkning av kravet for hvilke kunder som skal timemåles. Grensen var før reformen på sikringsstørrelse over 200A eller 135 kW til å omfatte alle med en sikringsstørrelse over 63A. Dette inkluderer i praksis mindre bedrifter og butikker. Dette skal gjennomføres fra 1. juli 2006. Den andre delen er at alle sluttbrukere som ikke timemåles skal ha avlest målere månedsvis, og avregning skal være basert på faktisk forbruk. Dette skal være gjennomført 1. juli 2009. Avlesning månedsvis betyr innføring av automatisk avlesning av målere for alle sluttbrukere. Det er ikke krav om timemåling av forbruket, men nettselskaper som ønsker å timemåle samtlige kunder skal ha anledning til dette.

I analysen av nytte- og kostnadseffekter av den nye ordningen skjernes det i den svenske utredningen mellom netteier, kraftselgere og kunder. For alle grupper er det både kvantifiserte og ikke kvantifiserte effekter. Det refereres her til Stem (2002).

Det er netteier som er ansvarlig for gjennomføring av investeringen. I investeringskostnadene inngår utgifter til nye målere og terminaler, montering av utstyr til innsamling av data, de nødvendige datasystemer og planleggingskostnader. I tillegg til dette kommer utgifter til løpende drift av systemet. I den svenske utredningen argumenteres det for at avlesning basert på faktisk strømforbruk fører til økte kredittkostnader. Denne kredittid kan reduseres ved hyppigere fakturering, men faktureringen i seg selv vil medføre kostnader.

Blant de kvantifiserbare kostnadsreduksjoner ved automatisk avlesning er kostnader til manuelle avlesninger, kostnader til kontroll og vedlikehold av eksisterende målere, samtaler til kundebetjeningen om fakturaer og endelig administrative besparelser knyttet til enklere fakturering.

En del andre effekter anses såpass usikre at de ikke er tallfestet. Dette dreier seg om bedre investeringsbeslutninger på grunn av bedre kontroll over flyten i nettet, jevnere belastning på grunn av muligheten for innføring av tidsdifferensierte tariffer, bedre avbruddsinformasjon og nye tjenester knyttet til datainnsamlingen.

For kraftleverandørene anses lavere kostnader for kundebetjening og enklere faktureringsrutiner som de viktigste effekter. Muligheten for å tilby andre kontraktsløsninger trekkes også frem. I forhold til kundebetjening er det leverandørbytte, endring av bopel og manglende rapportering av årlig avlesning som anses for de viktigste kostnadskomponenter.

For sluttbrukerne regnes mer forståelige regninger og bedre kopling mot faktisk forbruk og muligheten til å utnytte sesongsvingninger i prisen ved månedsavlesning som vesentlige momenter. Verdien av forståelige regninger kvantifiseres ut fra tidsbruken på kundenes telefonsamtaler med nettselskaper eller kraftleverandører om fakturaer. En annen vesentlig kvantifiserbar effekt er reduksjon i energiforbruket på grunn av bedre informasjon om forbruket. Det henvises her til flere nordiske undersøkelser. Den samfunnsøkonomiske verdi av reduksjon i forbruket verdsettes med utgangspunkt i den langsiktige marginalkostnad ved utbygging av ny produksjonskapasitet.

#### *Norge: NVE om toveiskommunikasjon*

NVE (2004b) diskuterer samfunnets nytteverdier og betalingsvillighet for toveiskommunikasjon. Nøyaktige måleverdier og presis avregning vil ha verdi for kraftleverandørene ved at det gir mulighet for å redusere volumrisikoen. Det vil også kunne



forventes reduserte kostnader til saldooppgjøret ved at avregning ikke mer vil bli basert på justert innmatingsprofil. For sluttbrukerne vil toveiskommunikasjon føre til redusert tidsbruk på måleravlesning og mulighet for å bli avregnet etter faktisk forbruksprofil. Muligheten for større sluttbrukerfleksibilitet er knyttet til at variable priser for overføring og fra spotmarkedet slår igjennom i den prisen sluttbrukerne står overfor. For kraftleverandører argumenteres det for at det kan være et problem at man må ha mange kunder i et konsesjonsområde før det svarer seg å tilby kontrakter basert på timemåling. Muligheten for utkobling av forbruk i knapphetssituasjoner blir nevnt, men tillegges ikke så stor vekt gitt den lave sannsynlighet for at denne situasjonen skal oppstå. Det legges også vekt på bruk av timemåling i ved måling av avbrudd, eventuelt i sammenheng med individualisert kompensasjon for ikke levert energi.

NVE gjennomførte i 2002 (NVE 2004a) spørreundersøkelser blant nettselskaper og kraftleverandører. For nettselskapene ble reduserte kostnader til måling, avregning og fakturering og til stengning ansett som de viktigste fordeler, men utsatte investeringer i nettet og reduksjon i nettap nevnes også. De samlede gjennomsnittskostnader per målepunkt til investering, installasjon og drift ble vurdert til 549 kr. De gjennomsnittlige årlige besparelser for nettselskapet ble anslått til 225 kr, hvorav 140 kom fra måling, avregning og fakturering. For kraftleverandører ble økt kundetilfredshet og reduserte risikokostnader vurdert som de viktigste fordelene.

*Norge: Forbrukerfleksibilitet ved effektiv bruk av IKT.*

SINTEF energiforskning AS har gjennomført forsøk med utbygging av toveiskommunikasjon for husholdningskunder i Buskerud Kraftnett og Skagerrak Nett. I rapporten Grande & Graabak (2004) beregnes nettselskapenes netto nytte ved etableringen. Det omtales også nytteeffekter for samfunnet og andre aktører. Det gjennomføres ikke beregninger av den samlede samfunnsøkonomiske lønnsomhet.

Investeringskostnadene som ligger til grunn for analysen dekker etablering av fysisk infrastruktur for innhentning av måleverdier og styring. I tillegg utgifter til montering og intern tid hos nettselskapet i forbindelse med utbyggingen. De årlige driftskostnader dekker kommunikasjon, kontroll/overvåking/feilretting inne, feilretting ute og endelig administrasjonsutgifter.

For nettselskapene var det også kostnadsbesparelser knyttet til måling, avregning og fakturering og reduserte kostnader til tapsoppgjør. Den vesentligste enkeltpost er knyttet til utsendelse av påminnelseskort. I tillegg nevnes muligheten for hurtigere fakturering.

I diskusjonen av samfunnsøkonomiske virkninger legges det vekt på betydningen av økt priselastisitet i kraftmarkedet og muligheten for utkobling av forbruk ved knapphet i produksjons- eller overføringskapasitet. Dette kan ha betydning både for energi- og effektknapphet. Flaskehalsproblemer kan bli redusert og mindre etterspørsel i topplast fører til reduserte nettap.

For kraftleverandørene fremheves det at muligheten for prising basert på timemåling reduserer kraftleverandørens egen prisrisiko og at volumrisiko reduseres ved at kraftleverandørene får bedre oversikt over forbruket. Dette gir reduserte regulerkraftskostnader. Samtidig fremheves det at kundetilfredsheten kan økes ved mulighet for tilbud om nye produkter. Muligheten for bedre likviditet som følge av hyppigere utsendelse av strømreregninger kan også være en fordel for kraftleverandørene.

Sluttbrukernes interesser henføres i første rekke til at selvavlesning av forbruk ikke lenger er nødvendig, og til muligheten for hyppigere og mer korrekt avregning. Muligheten for fjernstyring av deler av forbruket og bedre tariffer fremheves også.

Det er muligheten for besparelser knyttet til bedre tilpasning til tidsvariable tariffer som er den vesentligste motivasjonen for sluttbrukerne. Det henvises her til besparelser ved overføring av forbruk fra høylast til lavlast i de to testområder.

### **3 Diskusjon av enkelte elementer i nyttekostnadsberegninger**

I de følgende avsnitt blir det gitt en nærmere diskusjon av enkelte av effektene som er trukket frem i Avsnitt 2.

#### **Investeringskostnader**

De samlede kostnader ved etablering av nye målere på sluttbrukernivå vil være sammensatt av flere elementer. Innkjøpsprisen til måleren er bare en del av disse kostnadene. Det legges i de fleste analyser vekt på kostnadene knyttet til installering og oppfølging. I enkelte analyser

leges det også vekt på utbyggingstakten. Det argumenteres da for at gunstigere priser kan oppnås på målere ved samlet innkjøp. På den annen side kan en utbygging innenfor et kort tidsrom føre til lavere kvalitet på utbyggingen og dermed større utgifter til oppfølging og feilretting.

NVE (2002) viser betydelige variasjoner i vurderingen av investeringskostnadene. Gjennomsnittsverdiene er imidlertid ikke så langt fra det som er resultatene fra Grande & Graabak (2004). Her er investeringskostnaden per målepunkt (ikke omregnet til årlig kapitalkostnad) omkring 3.250 NOK. STEM (2002) henviser til priser for integrerte målere og terminaler og angir et intervall mellom 1000-1500 SEK. For innsamlingsutrustning og kommunikasjon angis et intervall fra 25-400 SEK. Spennet avhenger av hvilken teknikk som ligger til grunn. Kostnadene til montasje vurderes å variere mellom 240-450 SEK. De norske tallene baserer seg ikke på anslag men på faktiske erfaringer fra en utbygging. Det er derfor grunn til å legge mest vekt på disse. DRAM (2004) gir et anslag på kostnader til målere med kommunikasjon til husholdninger på 50-100 USD. Anslag på installasjonskostnader per måler varierer mellom 50-100 USD ved spredt utbygging og 5-10 USD ved full utbygging. OEB (2005b) vurderer kostnader for måler og installering til \$250. Det er som nevnt vanskelig å sammenlikne kostnader fordi det ikke er klart hvilke målere som sammenliknes. Alle estimater viser at installasjonskostnader er en vesentlig del av de samlede kostnader.

### **Enkelte virkninger for kraftleverandør og nettselskap**

Målerverdiinnhenting og kundebehandling er blant de effekter som tillegges størst betydning i en rekke av analysene som er diskutert.

#### *Målerverdiinnhentning*

Måleverdier for kraftforbruket hentes inn med jevne mellomrom i forbindelse med den løpende fakturering. I tillegg må måleverdier innhentes ved flytting for å skjelle mellom forbruket hos de enkelte abonnentene. Automatisk måleravlesning gir mulighet for å redusere kostnader knyttet til dagens utformning av denne aktiviteten. Hvor store besparelser det er mulig å realisere vil avhenge av den konkrete organiseringen av dette arbeidet i forskjellige selskaper. Det kan derfor være vanskelig å sammenlikne besparelsene mellom forskjellige analyser. Grande & Graabak (2004) tar utgangspunkt i forsendelseskostnader for avlesningskort og avlesningsbearbeidning. Det er imidlertid viktig at besparelsene i kostnader vurderes ut fra det mest effektive alternativ. Hvis det er besparelser knyttet til forskjellige

former for elektronisk utsendelse av målerkort eller innrapportering av verdier, må gevinsten ved automatisk avlesning vurderes i forhold til dette alternativ. Det er i dag utbredt med forskjellige innrapporteringsmuligheter, for eksempel basert på tastafon og internett.

### *Leverandørbytter*

Ved leverandørbytte må måleverdier innhentes for å fordele kundens forbruk korrekt på ny og gammel leverandør. Automatisk måleravlesning vil redusere kostnadene til dette. Disse kostnadene må antas å være sammenliknbare med kostnadene knyttet til flytting. Disse kostnader legges det også vekt på i de analyser som er diskutert tidligere. Det er betydelig variasjon i verdiene som settes på leverandørbytter. I Grande & Graabak (2004) er det antatt en besparelse på 4-5 kr. per kunde mens Stem (2002) benytter et anslag på 25 kr. per kunde.

### *Saldooppgjør*

Behovet for saldooppgjør oppstår når samlet innmating i et nett skal fordeles på de enkelte leverandører som har sluttbrukere i nettet. Netteiers innmatingsprofil er basert på timevis netto innmating. Utgangspunktet for fordelingen på leverandører har tradisjonelt vært basert på en justert innmatingsprofil, hvor nettap og faktisk forbruk for timemålte sluttbrukere er trukket fra. Den justerte innmatingsprofil må fordeles på de enkelte leverandører basert på en fordelingsnøkkel. Saldooppgjørene fremkommer når stipulerte fordelinger avregnes mot faktisk forbruk for de enkelte leverandørene. For netteieren kan det knytte seg risiko til leverandørens betalingssevne ved oppgjørstidspunktet, hvis leverandøren har tatt ut mer kraft enn forventet. For leverandørene kan det knytte seg risiko til kunder som kommer til mellom to saldooppgjør. Denne risikoen har sammenheng med at de prisene som ligger til grunn for saldooppgjøret kan avvike fra de faktiske priser for den periode hvor kunden er aktiv. Virkningen er forskjellig avhengig av om kunden bruker mer eller mindre enn antatt.

Utformningen av saldooppgjør har vært omdiskutert. I Ediel (2004) diskuteres forskjellige utformninger av systemet. Vurderingen er at saldooppgjøret legger beslag på betydelige ressurser. I utgangspunktet vil dette bli redusert med innføring av timemåling av alle sluttbrukere over 100.000 KWh. En yterligere utvidelse av omfanget av timemåling vil fjerne behovet for saldooppgjør. Det er vanskelig å vurdere den konkrete verdien av dette. Ressursene som medgår til å drive systemet er reelle samfunnsøkonomiske kostnader, så en reduksjon vil være en samfunnsøkonomisk gevinst. Dette er ikke en effekt som er kvantifisert i andre analyser.

### *Volumrisiko*

Denne effekten knytter seg til leverandørenes innrapportering av volum på kraftbørsen og muligheten for at faktisk volum avviker fra det innrapporterte. Deltakerne blir avregnet ut fra sitt energiavvik per time mellom målt utveksling av elektrisk energi og kontraktsfestede rettigheter/forpliktelser i forhold til inngåtte avtaler på Nord Pool Spot og/eller bilaterale avtaler. Ved avvik vil avvikene bli belastet med satsene som gjelder for regulerkraftmarkedet. Regulerkraftmarkedets satser avviker fra spotprisen i kraftmarkedet. I et velfungerende regulerkraftmarked vil prisene for opp- og nedregulering avspeile reelle samfunnsøkonomiske kostnader knyttet til å kunne gjennomføre opp- og nedreguleringer av forbruk eller produksjon. I denne situasjonen vil reduserte avvik på grunn av bedre prognoser bety reduksjon i samfunnsøkonomiske kostnader. Hvor stor denne besparelse er, må vurderes i forhold til reduksjonen i avvik som fremkommer på grunn av bedre oversikt over forbruket til sluttbrukere under 100.000 KWh. Dette er ikke en effekt som er kvantifisert i andre analyser, så det er vanskelig å vise til sammenlikningsgrunnlag.

### *Kundeservice*

Reduksjon i antall henvendelser til leverandør eller nettselskap er en gevinst som fremheves som viktig i en rekke analyser av timemåling og automatisk avlesning. Det er spesielt henvendelser vedrørende fakturering som nevnes. Et bedre og mer forståelig faktureringsgrunnlag skal derfor kunne redusere antall henvendelser. Det argumenteres i en enkelt analyse for at mer kompliserte tariffer isolert sett kan trekke i retning av flere henvendelser. De fleste analyser tar imidlertid utgangspunkt i en reduksjon i behovet for kundebehandling. Grande & Graabak (2004) beregner ikke noen gevinst knyttet til klager mens Stem (2002) beregner en verdi på kr. 10 per kunde/år.

### *Arbeidskapital*

Husholdningskunder faktureres etterskuddsvis basert på avlesning av målere hver andre måned. I perioden mellom faktureringene må leverandøren finansiere kraftkjøpet. Dette medfører en rentekostnad som i første omgang belastes leverandøren. Den samme finansieringsstruktur må gjelde for alle kraftleverandører, og finansieringskostnaden vil derfor bli lagt inn i den margin kraftleverandøren har mellom engrosprisen og prisen til sluttbrukerne. Finansieringskostnaden for kraftleverandøren motsvares av en "kredit" til sluttbrukerne, som de imidlertid betaler for gjennom strømprisen.

Kraftleverandørenes finansieringskostnader kan reduseres ved hyppigere fakturering, så lenge som det ikke knytter seg for store kostnader til selve faktureringen. I prinsippet behøver denne fakturering ikke å være knyttet til avlesning av måleren. Et stipulert beløp kan også redusere finansieringskostnaden. En reduksjon av kraftleverandørens finansieringskostnad vil imidlertid motsvares av en reduksjon i kreditten for sluttbrukerne. Ut fra dette vil ikke reduksjonen i finansieringskostnaden svare til en økning i samfunnsøkonomisk overskudd. Det dreier seg om en overføring fra sluttbrukerne til kraftleverandørene. En tilsvarende argumentasjon finnes i Stem (2002, p. 21-22).

Denne typen overføringer har imidlertid en samfunnsøkonomisk virkning via prisingen. Den rabatt som ligger implisitt i etterskuddsvis betaling vil bli lagt inn i prisen for kraft som er nødvendig for å dekke leverandørens kostnader. Denne prisøkningen har i seg selv en etterspørselseffekt. Den vil imidlertid være forholdsvis liten og uansett vanskelig å estimere.

#### *Teknisk kvalitet/overvåkning*

Det argumenteres for at toveiskommunikasjon vil kunne bidra til raskere og mer korrekt feilsøking og feilretting ved utfall. Det argumenteres også for at det vil være positive effekter knyttet til overvåkning av spenningskvaliteten. Både strømvbrudd og problemer med spenningskvaliteten medfører samfunnsøkonomiske kostnader. Samfunnsøkonomiske avbruddskostnader er dokumentert i flere norske undersøkelser. KILE ordningen er gjennomført med det formål å internalisere disse kostnader for nettselskapene. I hvilket omfang toveiskommunikasjon i seg selv bidrar til at omfanget eller varigheten av avbrudd reduseres er et relativt teknisk spørsmål. Det har vært diskutert å endre KILE ordningen sådan at det blir utbetalt en kompensasjon direkte til konsumentene som berøres av et avbrudd. Dette omtales som IKILE. Innenfor dagens teknologi kan dette gjennomføres ved at de enkelte konsumentene i et område med avbrudd mottar det beløp som svarer til de stipulerte avbruddskostnadene for den sluttbrukergruppe konsumenten tilhører. Omfanget av ikke levert energi må her stipuleres ut fra det gjennomsnittlige forbruket i timen før avbruddet fant sted. Med toveiskommunikasjon vil det være mulig å basere beregningen av kompensasjon på det faktiske forbruket for hver enkelt konsument i timen forut for avbruddet. Dette kan gi en bedre fordeling på hver enkelt sluttbruker og mellom forskjellige sluttbrukergrupper. Den samfunnsøkonomiske effekten må komme fra bedre investeringsinsitamenter for netteieren eller bedre insitamenter for sluttbrukerne. Bedre investeringsinsitamenter for netteieren vil avhenge av at timemåling gir mulighet for å oppnå et bedre estimat på hvilke kunde grupper

som har tapt på avbruddet. For den enkelte sluttbruker er det være insitamenter til å sikre seg mot avbrudd. Hvor store kostnader sluttbrukere er villig til å betale for sikring avhenger av avbruddenes omfang og den aktivitet som er avhengig av leveringen av strøm. I hvilket omfang dette i seg selv påvirkes av kompensasjon er det ikke mulig å gå inn på i denne analysen.

### **Kundens kostnader ved måleravlesning**

Dagens teknologi for måleravlesning betyr at mange sluttbrukere må avlese måleren selv og rapportere verdien. Denne rapportering kan skje via telefon, post, SMS eller internett. Automatisk måleravlesning gjør dette unødvendig. I enkelte analyser settes det en verdi på kundens tidsbruk til dette formål.

Verdsettelse av tidsbesparelser er ofte benyttet i nytte-kostnadsanalyse.<sup>1</sup> Et klassisk resultat er at verdien av tid knyttes til lønn etter skatt. Begrunnelsen for dette var at individet ble antatt å fordele den tilgjengelige tid mellom arbeid og fritid sådan at nytten ved å øke fritiden på marginen svarer til den lønn man går glipp av ved å redusere arbeidstiden på marginen. Dette resultatet er avhengig av at det ikke er bindinger på arbeidstiden (normalarbeidsdag) eller ulønnete aktiviteter hvor det må brukes en gitt minimum tid. Hvis man ser på måleravlesning som en ulønnet aktivitet det må brukes noe tid på i løpet av året, kan det vises at verdien av å redusere tiden brukt på måleravlesning til fordel for helt fri tid er lik verdien av den helt frie tid minus marginalnyttens av tiden brukt på måleravlesning. Det vil knytte seg usikkerhet til disse størrelsene. Som en tilnærming kan lønnen etter skatt benyttes.

Skal man vurdere verdien av å redusere tid brukt til måleravlesning må man ta hensyn til at det er tale om et antall meget korte tidsintervaller spredt over et år. Hvis man vil ta med denne verdikomponenten må man være nøye på å være konsistent i forhold til tidsbruk i andre deler av analysen. Tidsbruk og oppmerksomhet inngår implisitt som nødvendig innsatsfaktor flere steder i en ordning med toveiskommunikasjon. Dette gjelder for eksempel ved raskere fakturering som fører til økt tidsbruk. Det samme gjelder tid til å følge med i prisutviklingen og til å gjennomføre nødvendige tilpasninger av forbruket. Hvis det ikke er mulig å gjennomføre en helt konsekvent vurdering av tidsbruk bør man bruke verdsetting bare ved betydelige enkeltkomponenter som skiller seg ut fra øvrig tidsbruk.

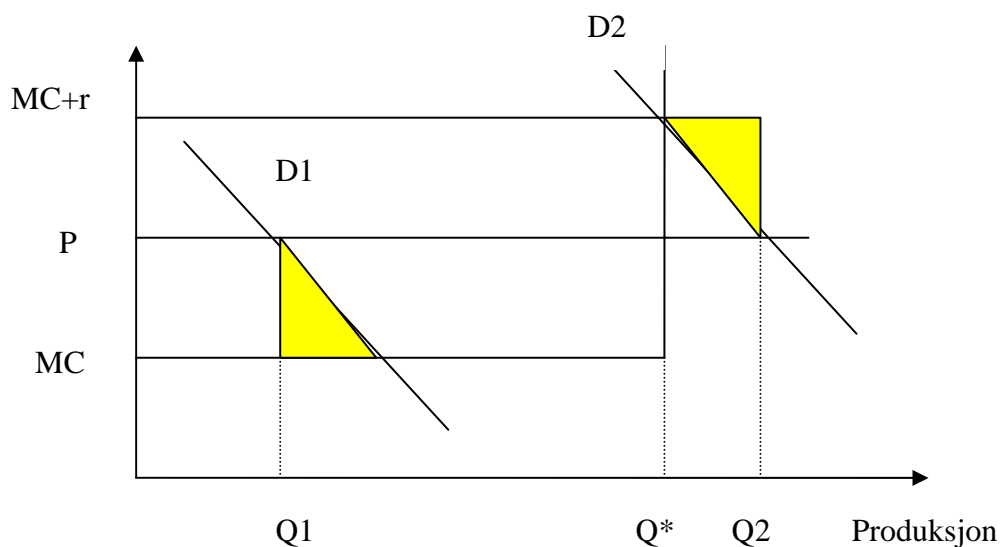
---

<sup>1</sup> Det gjelder spesielt innenfor transportanalyser. Om praktisk bruk av verdi av tid se NOU 1997:27 eller Layard & Glaister (1994). Skillet mellom fri tid og minimumstid som må brukes på forskjellige aktiviteter diskuteres i DeSerpaa (1971) eller Jara-Diaz & Guevara (2003).

## 4 Energiforbruk og døgvariable priser

I analyser av timemåling refereres det ofte til effekter relatert til konsumentens tilpasning til prisvariasjoner over døgnet, besparelser i nettap på grunn av redusert topplast og redusert behov for kraftutbygging og nettutbygging. Siden disse temaer er tett knyttet sammen vil de bli diskutert samlet i dette avsnitt.

Vi vil først se på betydningen av å øke andelen sluttbrukere som er timemålt. Vi antar her at timemålte sluttbrukere også får tidsvariable tariffer som avspeiler prisvariasjonen i spotmarkedet (døgvariable tariffer). Figur 1 illustrerer denne problemstillingen. Her antas det at alle konsumenter enten er på fastpris eller på tidsvariabel tariff. En tilsvarende analyse finnes i Borenstein et al. (2002).



Figuren viser produsert kvantum langs X-aksen og priser og kostnader langs Y-aksen. Det er to etterspørselskurver som beskriver betalingsviljen for kraft i henholdsvis lavlast (D1) og høylast (D2). I utgangspunktet står alle konsumenter overfor en fast pris, P, som ikke varierer over døgnet. Dette fører til at det etterspørres en mengde  $Q_1$  i lavlast og  $Q_2$  i høylast. Det antas at de kortsiktige produksjonskostnader er konstante og gitt ved MC. De langsiktige kostnader ved å opprettholde en kapasitet på en enhet er gitt ved kapitalkostnaden r. De samlede kostnader ved å produsere  $Q_2$  i høylast er derfor gitt ved  $(MC+r) \cdot Q_2$ . I lavlast er produksjonen mindre enn kapasiteten så her påløper bare marginalkostnaden MC. Bruken av



en fast pris når produksjonskostnadene varierer over døgnet fører et samfunnsøkonomisk tap som i figuren er angitt med to fargete trekantene. Det første tap skyldes at prisen i lavlast er høyere enn de marginale produksjonskostnadene. Dette fører til at etterspørselen er lavere enn det som er samfunnsøkonomisk optimalt. Tapet svarer til en reduksjon i konsumentoverskudd i forhold til en situasjon hvor prisen i lavlast var lik MC. I høylast er prisen konsumentene står overfor lavere enn kostnaden ved å opprettholde kapasiteten  $Q_2$ . Det etterspørres derfor mer i høylast enn det som er samfunnsøkonomisk optimalt. Det samfunnsøkonomisk optimale kvantum er gitt ved  $Q^*$  hvor prisen og konsumentenes betalingsvilje for kapasiteten akkurat svarer til  $MC+r$ . Det samfunnsøkonomiske tapet svarer til differansen mellom konsumentenes betalingsvilje for produksjonskapasiteten fra  $Q^*$  til  $Q_2$  og kostnadene ved å opprettholde kapasiteten. Samlet sett vil en overgang fra fast pris  $P$  til en variabel pris redusere etterspørselen i topplast og øke etterspørselen i lavlast.

Den samfunnsøkonomiske gevinsten ved overgang til variabel pris vil svare til de to fargede trekantene. I forhold til lavlast vil økningen i konsum øke konsumentoverskuddet. I høylast vil reduksjonen i nødvendig kapasitet føre til en reduksjon i produksjons- og kapasitetskostnader som svarer til  $(MC+r)*(Q_2-Q^*)$ . Produksjonen i dette område var ikke samfunnsøkonomisk lønnsom siden betalingsviljen var lavere enn de samlede kostnadene. Produksjonen er imidlertid ikke helt verdiløs, siden det er en positiv betalingsvilje. Det er derfor bare den fargete trekanten som utgjør den samfunnsøkonomiske nettobesparelsen ved reduksjonen i produksjonskapasitet<sup>2</sup>.

Det er her argumentert for at timemåling ved å gi grunnlag for døgnavariable tariffer fører til reduksjon i etterspørselen i topplast. Reduksjonen i etterspørselen i topplast fører på sin side til redusert behov for kapasitet på produksjonssiden<sup>3</sup>. I forhold til kraftnettet vil reduksjonen i etterspørselen i topplast kunne bety en tilsvarende reduksjon i kapasitet. En reduksjon i topplast gir også et redusert nettap.

---

<sup>2</sup> Se Ruff (2002a) og Ruff (2002b) for en tilsvarende diskusjon.

<sup>3</sup> I denne enkle modellen ser man en reduksjon i kapasitet. I en modell med vekst i etterspørsel over tid er det mer naturlig å snakke om utsettelse av investeringer.

## 5 En modell med økning i andelen av sluttbrukere på timemåling

Vi formulerer her en modell som illustrerer noen effekter ved overgang til fra fast pris til dynamisk pris over døgnet. Oppsettet er basert på Borenstein & Holland (2003). Modellen formulerer et kompetitivt marked med spesifisert tilbudskurve  $S(p)$ . Videre er det en etterspørsel gitt ved kurven  $D_i(p)$ , og denne varierer over døgnet. Det antas at forbruket over de forskjellige periodene ikke påvirker hverandre. Vi antar videre at tilbud og etterspørsel er deterministisk. Vi ser her utelukkende på kortsiktige effekter, og vurderer ikke i særlig grad hva som skjer på lengre sikt. Det vil være relevant å studere langtidseffekter fordi endret forbruksmønster vil kunne lede til endret tilbud. Dette kan skyldes at vannkraftprodusenter omdisponerer sine ressurser, og at (termiske) produsenter kan trekke seg ut av markedet når toppplastprisene reduseres.

Vi antar at en andel  $\alpha$  av forbruket har timesmåling. Resten, andelen  $1-\alpha$  betaler en volumveid gjennomsnittspris  $\bar{p}$ , der dette gjennomsnittet beregnes over alle periodene i modellen. Alle forbrukerne verdsetter strøm på samme måte. Når  $\alpha$  er gitt kan etterspørselsfunksjonen derfor skrives som  $\tilde{D}_i(p, \bar{p}) = \alpha D_i(p) + (1-\alpha)D_i(\bar{p})$ . Markedsprisen  $p_i$  (i alle periodene) og fastprisen  $\bar{p}$  må bestemmes simultant slik at likevekt oppnåes i markedet. Gjennomsnittsprisen vil derfor variere med  $\alpha$ . Legg merke til at hvis  $\alpha$  var 0 ville den effektive etterspørselen i markedet oppleves som totalt inelastisk. Legg også merke til at  $D_i(p)$  og  $\tilde{D}_i(p, \bar{p})$  krysser hverandre i  $\bar{p}$ .

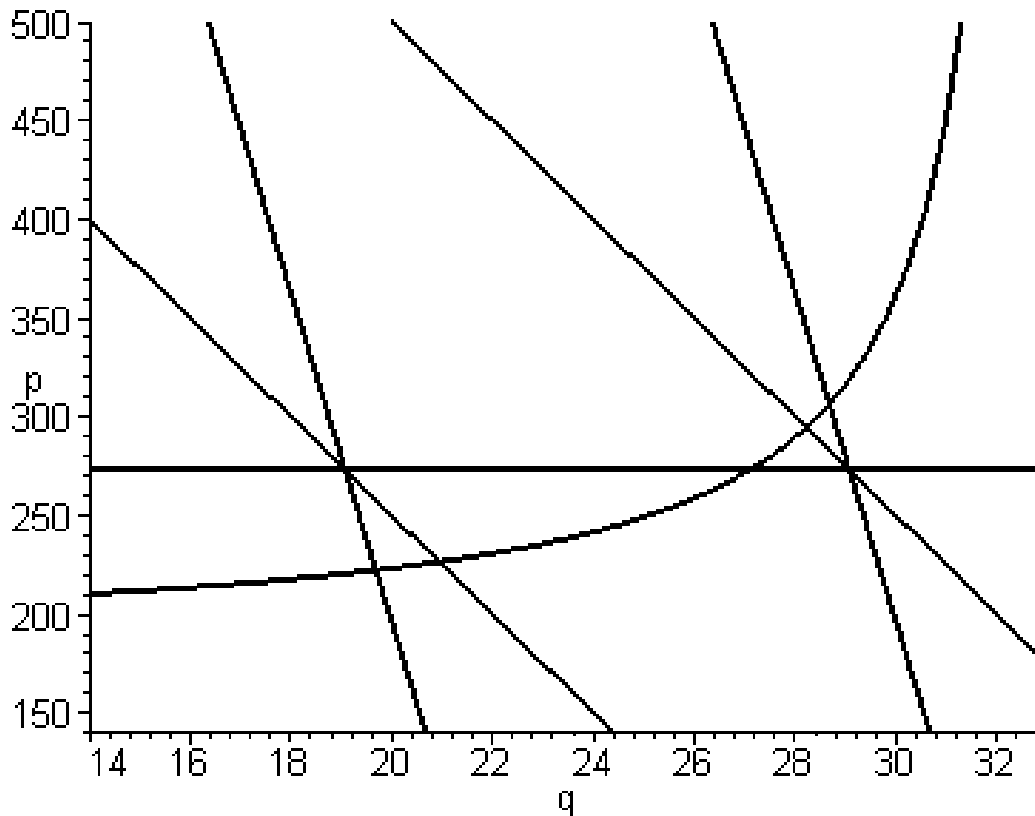
For enkelhetsskyld antar vi at konkurranse i sluttbrukermarkedet gjør at det ikke er marginer på  $\bar{p}$ . Prisen  $\bar{p}$  er altså akkurat stor nok til at sluttbrukerselskapet får dekket kostnadene ved å kjøpe strøm i engrosmarkedet.

Figur 1 viser en toperiodisk modell der  $\alpha=0.3$ . For enkelhetsskyld har vi benyttet lineære etterspørselskurver, med parallelle skift mellom høylast og lavlast. I dette eksempelet fant vi  $\bar{p} = 273$ ,  $p_1 = 222$ ,  $p_2 = 306$ . Kurvene  $D_i(p)$  svarer til den etterspørselen vi ville ha hatt hvis samtlige kunder hadde timesmåling. Kurvene  $\tilde{D}_i(p, \bar{p})$  gir den effektive etterspørselen når en andel  $\alpha=0.3$  har slike målere. Disse kurvene blir loddrette når  $\alpha=0$ .

Denne enkle figuren kan benyttes til å illustrere noen effekter som skyldes at ikke alle forbrukere ser den virkelige prisen. For eksempel ser vi at konsumet i lavlast blir mindre enn optimalt, og dette representerer et tap i konsumentoverskuddet. Videre ser vi at forbruket er større enn optimalt i høylast. Ved en overgang til full timesmåling økes konsumet betydelig i lavlast, og reduseres noe i høylast. Totaleffekten er faktisk økt energiforbruk. Dette resultat henger sammen de konkrete verdier for konveksiteten i tilbudskurven og elastisiteten i etterspørselen.

Figuren illustrerer som forventet at markedsprisen i lavlast,  $p_1$ , øker hvis  $\alpha$  økes, og at  $p_2$  reduseres. Døgnsvingningene reduseres dermed.

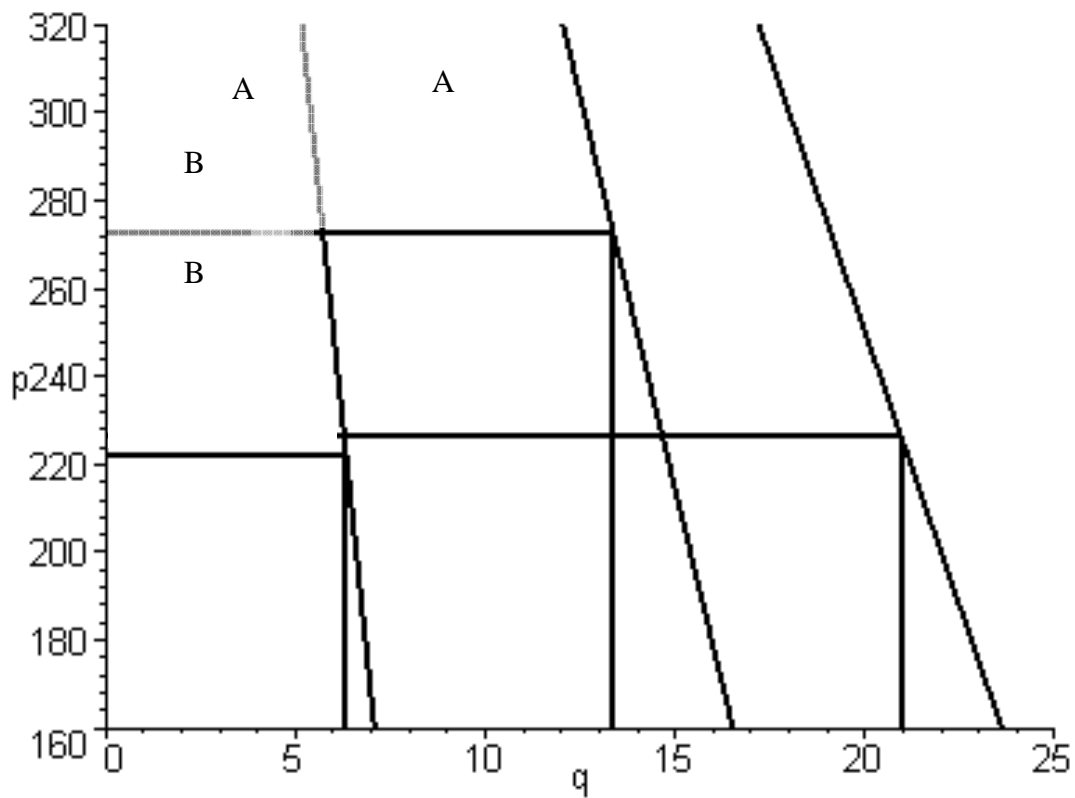
Figuren viser også at høylastforbruket reduseres når andelen  $\alpha$  økes. Timesmålere teller derfor positivt i effektsammenheng, og kan i prinsippet redusere behovet for økt effektkapasitet. Dette bør imidlertid også studeres i et lengre perspektiv, for eksempel kan økt energiforbruk i det lange løp føre til økte effektproblemer i et vannkraftdominert system, i hvert fall hvis en tar hensyn til usikkerhet.



Figur 1 Tilbud og etterspørsel.  $q$  kan oppfattes som GWh,  $p$  som NOK. Figuren viser lavlast og høylast, samt korrekt volumveiet pris i dette tilfellet. Kurven lengst til venstre er  $D_1(p)$ , og denne krysser  $\tilde{D}_1(p, \bar{p})$  i  $\bar{p} = 273$ .

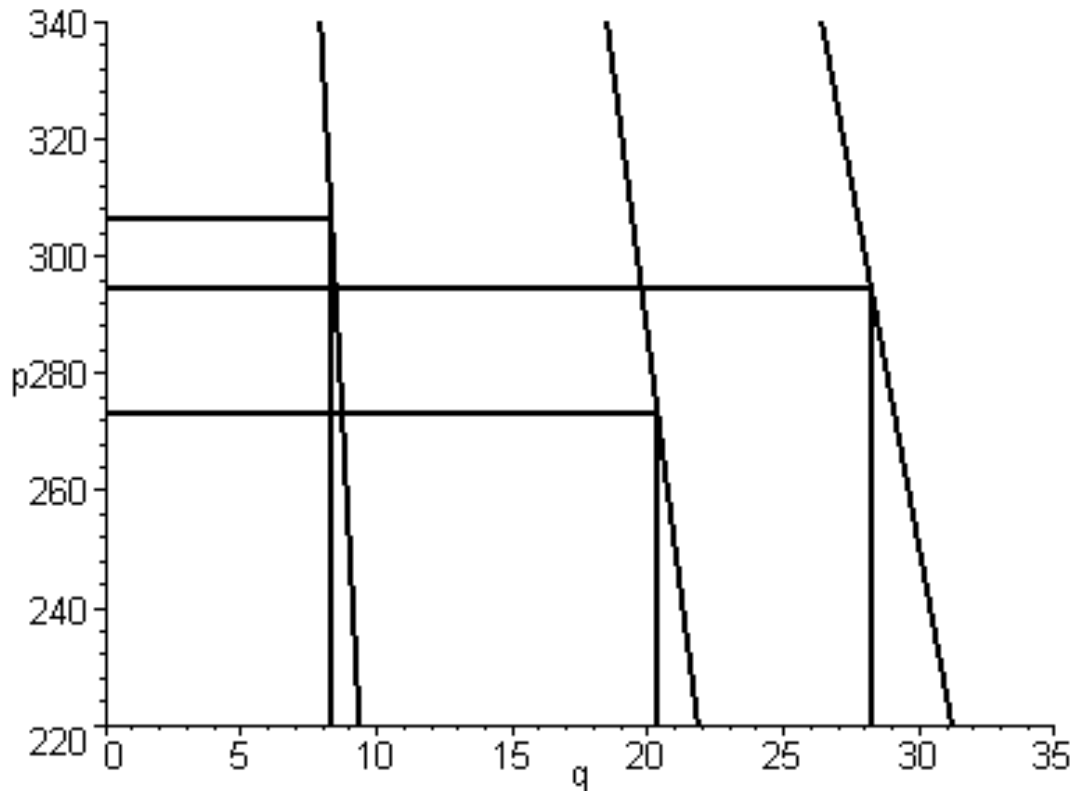
Borenstein og Holland viser at velferd i denne modellen maksimeres ved at alle har timesmålere. Da taes det ikke hensyn til eventuelle kostnader knyttet til installasjon og drift.

Denne modellen kan også benyttes til å illustrere hvordan konsumentoverskuddet endrer seg for de forskjellige aktørene når andelen  $\alpha$  endres. Anta at vi har løst problemet som er skissert ved Figur 1. Vi har da bestemt markedsprisene  $p_1, p_2$  og fastprisen  $\bar{p}$ . Figur 2 viser i hvilken grad de to gruppene verdsetter energien som konsumeres. For eksempel vil konsumentene som har gjennomsnittspris ha et konsumentoverskudd gitt ved arealet A, mens de timesmålte konsumentene har et konsumentoverskudd gitt ved arealet B.



Figur 2 Lavlast. Figuren viser i hvilken grad de forskjellige gruppene verdsetter strøm. Kurven til venstre er andelen  $\alpha$  som har timesmålt pris og den i midten gjelder fastpris delen av markedet. Kurven helt til høyre er etterspørselen når alle har timesmålere.

Figur 3: Enkeltgrupper høylast



## 6 Endringer i energiforbruk ved toveiskommunikasjon

I avsnitt 4 og 5 ble effektene av installering av toveiskommunikasjon analysert ut fra effektene på konsumentenes tilpasninger til tidsvariable tariffer. Dette kan tolkes som tidsvariasjon over døgnet eller over året. Hovedpoenget er at dynamiske tariffer vil føre til redusert forbruk i perioder med høye priser og økt forbruk i perioder med lave priser sammenliknet med en situasjon med ikke variable priser. Ser man på det samlede energiforbruk vil disse to effektene være motsattrettede. Simuleringer av tilpasningen i markeder i USA, se Borenstein (2005) eller Holland & Mansur (2005) har vist at det kan forekomme en økning i samlet forbruk. Dette vil imidlertid ikke endre på det forhold at forbruket i topplast er redusert hvilket gir mulighet for besparelser til investering i topplastkapasitet.

I norsk sammenheng er det også argumentert for at tidsvariable priser fører til en reduksjon i topplastforbruket. Dette er for eksempel tilfelle i Grande & Graabakk (2004, s. 33-34). Barbose et al. (2004) rapporterer resultatene av en survey blant kraftleverandører i USA som

over lengre tid har tilbudt dynamisk prising. Her viste det seg imidlertid at deltakelsen i programmene har vært forholdsvis lav, og det rapporteres ikke resultater for husholdningskunder. Blant deltakerne i programmene var det registrert reduksjoner i topplast mellom 12 og 33%. CRA (2005) beskriver resultatet av en omfattende test av forskjellige dynamiske tariffstrukturer som ble gjennomført i California i løpet av 2003 og 2004. For husholdningskunder ble det påvist reduksjoner i topplastetterspørselen på 5 til 13% avhengig av periode og utforming av den enkelte tariffen som ble testet. Det ble også registrert en reduksjon i samlet forbruk over perioden, men med lavere prosentatser enn det var tilfelle for topplastforbruket.

Resultatene som er referert til over tilsier at det kan oppnås reduksjoner i topplastforbruk når man kombinerer dynamiske tariffer og målere med tilstrekkelig fin oppløsning. Faruqui & George (2002) argumenterer for at resultatene av denne typen tester har vist at resultatet er følsomt for egenskaper ved produksjonsteknologi, sluttbrukergrupper og tariffstrukturer. Det kan derfor være vanskelig å overføre konkrete prosentatser for etterspørselsreduksjon mellom land.

Argumentasjonen ovenfor knytter seg spesielt til effekten av endret prisstruktur på sammensetningen av forbruket og spesielt på nivået på topplastforbruket. I noen sammenhenger argumenteres det for at økt kunnskap eller oversikt over energiforbruket i husholdningene vil gi grunnlag for reduksjon i etterspørselen. En sådan formulering strider ikke i seg selv mot at det er resultatet av en tilpasning til priser og denne effekten er ikke avhengig av at tariffene endres. En oversikt over forbruket i en husholdning i topplast kan gi mulighet til å identifisere deler av forbruket hvor nytten ikke er tilstrekkelig stor til å forsvare de priser man står overfor selv med flat tariff. Dette kan også være utgangspunktet for å tolke nordiske undersøkelser av effekten av bedre informasjon husholdningenes energiforbruk og fakturering basert på faktisk forbruk<sup>4</sup>. I disse undersøkelsene er informasjonen ikke knyttet til endring i tariffer eller måling, men informasjon og økt faktureringshyppighet har hatt en effekt på energiforbruket. Undersøkelsene det henvises til er imidlertid forholdsvis gamle (1989 og 1993) og henviser derfor til et energimarked som var annerledes enn dagens og hvor det i utgangspunktet var mindre oppmerksomhet omkring prisnivå og prissvingninger. I CRA (2005) er det rapportert liten effekt fra rene informasjonstiltak.

---

<sup>4</sup> Se STEM (2002, p. 75) for en oversikt. Ketola (2000) referer til samme typen analyser.

## 7 Litteratur

Barbose, G.; C. Goldman & B. Neenan (2004): A survey of utility experience with real time pricing. Ernes Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. LBNL-54238.

Borenstein, S. (2005): The long run efficiency of real-time electricity pricing. CSEM WP 133r. UCEI.

Borenstein, S.; M. Jaske & A. Rosenfeld (2002): Dynamic pricing, advanced metering and demand response in electricity markets. CSEM WP 105. UCEI.

S. Borenstein & S.P. Holland (2003): Investment efficiency in competitive electricity markets with and without time varying retail prices. CSEM WP 106r. UCEI.

CPUC/CEC (2004) Recommended framework for the business case analysis of advanced metering infrastructure. Draft report. April 2004. Tilgjengelig fra <http://www.dramcoalition.org/id100.htm>

CRA (2005): Impact evaluation of the California Statewide Pricing Pilot. Charles Rivers Associates. Final report march 2005.

DeSerpa, A. (1971): A theory of the economics of time. *The Economic Journal*. Vol 81, pp. 828-846.

DRAM (2004) (Demand response and advanced metering coalition): Overview of advanced metering technologies and costs. April 2004.

Ediel (2004): Prosjekt for gjennomgang av saldooppgjør. Tilgjengelig fra [www.ediel.no](http://www.ediel.no).

ESC 2002 (Essential Services Commission): Installing interval meters for electricity customers – costs and benefits. Position paper, november 2002. [www.esc.vic.gov.au](http://www.esc.vic.gov.au).

ESC 2004 (Essential Services Commission): Mandatory rollout of interval meters for electricity customers. July 2004. [www.esc.vic.gov.au](http://www.esc.vic.gov.au).

Faruqui, A. & S.S. George (2002): The value of dynamic pricing i mass markets. *The Electricity Journal*. July 2002 pp. 45-55.

Grande, O.S. & I. Graabak (2004): *Forbrukerfleksibilitet ved effektiv bruk av IKT.Kost/nyttevurderinger og anbefalinger* (TR A5979). SINTEF Energiforskning AS.

Holland, S.P. & E.T. Mansur (2005): The distributional and environmental effects of time-varying prices in competitive electricity markets. CSEM WP 143. UCEI.

Jara-Diaz, S.R. & C.A. Guevara (2003): Behind the subjective value of travel time savings. *Journal of Transport Economics and Policy*. Vol. 37, part 1, pp. 29-46.

Ketola, A. (2000): Mäneskelige dimensjoner vid energianvänding. Lund Institute of Technology. Rapport 3192.



King, C. (2004): Advanced metering infrastructure (AMI). Overview of system features and capabilities. <http://www.energy.ca.gov/demandresponse/documents/index.html>

Layard, R. & S. Glaister (1994): Cost-benefit analysis. Cambridge University Press.

NOU 1997:27 Nytte-kostnadsanalyser.

NVE (2004a): Kartlegging av bruk og nytte av toveiskommunikasjon. Rapport 14/2004.

NVE (2004b): Toveiskommunikasjon i det norske kraftmarkedet. Rapport 18/2004.

OEB 2005a (Ontario Energy Board): Smart meter implementation plan. January 2005. [www.oeb.gov.on.ca](http://www.oeb.gov.on.ca).

OEB 2005b (Ontario Energy Board): Smart meter implementation plan. Appendices. January 2005. [www.oeb.gov.on.ca](http://www.oeb.gov.on.ca).

Ruff, L. (2002a): Economic principles of demand response in electricity. Edison Electricity Institute. October 2002.

Ruff, L. (2002b): Demand response: Reality versus "Resource". *The Electricity Journal*. December 2002, pp. 10-23.

Stem 2002 (Statens energimyndighet): Månadsvis avläsning av elmätare. ER 12:2002. Tilgjengelig fra [www.stem.se](http://www.stem.se).

Stem 2002 (Statens energimyndighet): Flexibiliteten på elmarknadens etterfrågesida – hur kan potentialen hos små elavnändere aktiveras?