

Prosjektoppgave i bruk av kundedisplay for økt bevissthet på energieffektivisering

Student Hans Thomas Biørnstad

Bruk av kundedisplay for økt bevissthet på energieffektivisering

The use of smart meter displays for energy efficiency awareness

Trondheim desember 2010

NTNU

Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet
Fakultet for informasjonsteknologi, matematikk og elektroteknikk
Institutt for elkraftteknikk

1 Forord

Denne oppgaven er et resultat av prosjektoppgaven 'The use of Smart Meter Displays For Energy Efficiency Awareness', utført ved Institutt for Elkraftteknikk ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU). Denne oppgaven er gjennomført høsten 2010.

Jeg vil benytte anledningen til å takke mine veiledere, Hanne Sæle og Kjell Sand ved SINTEF Energi for innspill og veiledning i forbindelse med utformingen av denne oppgaven.

Trondheim 9. desember 2010

Hans Thomas Biørnstad

2 Sammendrag

Det har i denne studien blitt vist at det er et potensiale for energibesparelse ved installasjon av avanserte måle- og styringssystem (AMS) med kundedisplay i Norge. Sluttbrukersiden i kraftmarkedet har til dags dato vært uelastisk med en estimert elasticitet på $-0,49$. Dette skyldes at det i stor grad har vært tilbudssiden som har vært den aktive part i kraftmarkedet. Pilotprosjekter utført i utlandet har vist at sluttbrukere i større grad har økt sin respons til endringer i kraftpris ved installasjon av kundedisplay. Blant annet har et pilotprosjekt i California konkludert med at sluttbrukere med høyt forbruk viste stor respons ved økning i kraftpris under høylast. På den andre siden viste et pilotprosjekt i Canada at kunder som benytter strøm til oppvarming kun oppnådde en årlig reduksjon i energiforbruk på 1%.

Da store deler av norske husholdninger benytter strøm til oppvarming er det forventet at man ved innføring av AMS med display kan oppnå en bedre kraftbalanse i høylasttimer i tillegg til en reduksjon i årlig energiforbruk på minimum 1%. En standard lastprofil for en norsk husholdning viser at resultatene fra Canada kan overføres til Norge, der det i denne studien har blitt estimert at sluttbrukere som kun kutter last under høylast reduserer energiforbruket med 0.98%. Det er forventet at en eventuell introduksjon av tidsvariabel nettariff kan gi ytterligere gevinst for sluttbruker. Det er også blitt vist at sluttbrukere som benytter alternative oppvarmingsmetoder oppnådde en energireduksjon opp mot 16%. Denne energibesparelsen kan bety en avlastning på mellom 0,5 og 5,5% av årlig norsk kraftproduksjon, eller opp mot 7,5 TWh.

Innhold

1 Forord	i
2 Sammendrag	iii
3 Oppgavetekst	xiii
4 Innledning	1
4.1 Problemstilling	1
4.2 Fremgangsmåte og Metodikk	2
5 Avanserte Måle- og Styringssystem (AMS)	5
5.1 Utvikling innen strømmålere	5
5.2 Installasjon av AMS	7
5.3 AMS Kommunikasjon	9
6 AMS med Display	13
6.1 Direkte- og inndirekte tilbakemelding	13
6.2 Displayinformasjon	14

6.3	Ytterligere fordeler med AMS	15
6.3.1	Fordeler for nettselskap og kraftleverandør	15
6.3.2	Fordeler for kunde	16
6.3.3	Fordeler for tredjepartsaktører	17
6.4	Priselastisitet og prissignaler	18
6.4.1	Priselastisitet i kraftmarkedet	18
6.4.2	Prissignaler	21
6.5	Ulike Kundedisplay	24
7	Pilotprosjekter i utlandet	31
7.1	Pilotprosjekter i Tyskland	31
7.2	Pilotprosjekter i Storbritannia	32
7.3	Pilotprosjekter i Nord Amerika	34
7.3.1	Direkte tilbakemelding: NSTAR & Hydro One	34
7.3.2	Inndirekte tilbakemelding: SMUD & BC Hydro	35
7.4	Konklusjon pilotprosjekter i utlandet	38

8	Forventet resultat ved innføring i Norge	41
8.1	Forutsetninger	41
8.2	Kostnader og besparelser	44
8.3	Kraftbalanse	46
8.3.1	Kraftsituasjonen i Norge vinter 2010	46
8.3.2	Forbedringer i kraftbalanse ved innføring av AMS	48
9	Eksempel på energi- og kostnadsreduksjon	51
9.1	Kostnadsbesparelser ved lastreduksjon i høylasttimer	52
9.2	Kostnadsbesparelser som følge av flytting av last	54
9.3	Kostnadsbesparelser som resultat av prissignal	55
9.4	Årlig gjennomsnittlig besparelse med display	57
9.5	Konklusjon energibesparende tiltak	57
10	Konklusjon	59
11	Videre Arbeid	61

12 Vedleggsoversikt

65

Figurer

1	Et tradisjonelt analogt måleapparat.	5
2	Et 'smart meter' levert av Sacramento Municipal Utility District (SMUD).	7
3	Diagram for kommunikasjon over kraftnett [4].	10
4	Økning i bredbåndsabonnement i privat- og bedriftsmarkedet [5].	11
5	Oversikt over tilbakemeldingsmetoder [6].	14
6	Fordeling av klager [7].	17
7	Etterspørselselastisitet [11].	20
8	Intelliekons 'Happy Hours' tariffsystem [9].	22
9	PowerCost Monitor [18].	25
10	<i>PowerPlayerTM</i> [18].	26
11	Oversikt over løsningen til Control4 [18].	27
12	Google Power Meter [18].	28
13	Microsoft Hohm [18].	29

14	De syv ulike displayene som ble testet i det britiske pilotprosjektet [14].	32
15	Rapport fra SMUD [13].	36
16	Rabattordingen til BC Hydro [13].	37
17	Prissammenlikning [16].	42
18	Fordeling av oppvarmingsmetoder [16].	43
19	Sammenheng temperatur og energiforbruk i Trondheim [19].	46
20	Produksjon, forbruk og pris i NO3 og NO4 [19].	47
21	Produksjon, forbruk og pris i NO3 og NO4 [19].	48
22	Oversikt over oslolast i uke 1 og 2, 2010 [19].	49
23	Oversikt over last og spotpris uke 2.	51
24	Oversikt over original og redusert last uke 2.	52
25	Oversikt over original og ny lastprofil uke 2, 2010.	54
26	Kostnadsbesparelser ved reduksjon av last.	56
27	Kostnadsbesparelser ved flytting av last ved ny tariff.	56

Tabeller

1	Priselastisitet for elektrisitet i nordiske husholdninger [10].	19
2	Resultat fra pilotprosjektet til BC Hydro [13].	37
3	Resultater fra pilotprosjekter i Nord-Amerika.	38
4	Besparelse som følge av endring av forbruk i høylast.	53
5	Besparelse som følge av ny tariff.	55
6	Besparelse som følge av kundedisplay.	57
7	Kostnadsbesparelse som følge av energibesparende tiltak.	58

3 Oppgavetekst

Subject: Elkraft.

Title: The use of smart meter displays for energy efficiency awareness.

Supervisor: Sand, Kjell

Contact: Hanne Sæle SINTEF Energi, Even Bjørnstad, ENOVA

Description:

The last winter (2009/2010) has been colder than normal in parts of Norway giving increased energy use and high prices. The high price situation was also highly influenced by the situation in the transmission system (congestion) and in the generation system. The high price situations did receive much negative media attention calling for efforts to improve the electric power balance. More energy conscious energy users contributing to improved energy efficiency is one important measure to improve the power balance.

The objective of the project 'Smart metering environmental benefits' carried out at SINTEF Energy Research, is among others to contribute to improved energy efficiency with domestic electricity consumers. Tests will be carried out to see the response to smart meters displays giving households more information concerning tariffs, energy use etc. The candidate is expected to contribute to this work and will have access to all relevant data and measurements.

Tasks:

- Evaluate results from pilot tests of smart metering displays in terms of energy and power savings. Describe and evaluate the technologies used and user experiences, benefits and perceptions.

- Which price signals or price information show good effects?

- If large scale deployment had been in place during the winter of 2009/2010 which benefits might have been achieved:
 - Energy and power reductions
 - Economical benefits

4 Innledning

4.1 Problemstilling

I løpet av vinteren 2010 opplevde mange forbrukere i Midt-Norge at strømprisen ved enkelte tidspunkt var unormalt høye. Dette skyldtes høy etterspørsel av energi grunnet kulde, kjernekraftverk i Sverige som ikke hadde tilstrekkelig produksjon som følge vedlikehold og tidvis flaskehals i kraftforsyningen til Midt-Norge.

Selv om det i flere år har vært debatt på det politiske plan angående flaskehals og til tider knapphet kraftforsyningen til Midt-Norge, skapte de høye prisene et engasjement hos den vanlige sluttbruker. Media og kraftselskap gjorde mye for å informere kundene hvilke tiltak man kunne gjøre for å være mer sparsommelig, men det er dessverre alt for mye uvitenhet angående kraftmarkedet, kraftdistribusjon og personlig forbruk blant den jevne forbruker til å forbedre kraftbalansen.

Et av tiltakene for å bevisstgjøre forbrukere er å installere Avanserte Måle- og Styringssystem, AMS. AMS nyttiggjør seg toveis kommunikasjon mellom kunde og kraftleverandør, og kan eksempelvis presenteres direkte for kunde ved hjelp av et display plassert i husholdningen. AMS kan gi både kraftleverandører og forbrukere informasjon om hvor mye som forbrukes og hvilke tider forbruket er høyt og lavt. Dette er både gunstig for kraftselskapene ved at de kan få en mer nøyaktig prissetting og for forbruker ved at ens eget forbruk kan kartlegges. For nettselskap er det også store fordeler forbundet med full-skala utbygging av AMS i form av forbedret kraftbalanse i høylastperioder og økt informasjon om tilstander i kraftnettet.

Regjeringen erklærte i Soria Moria 2007 'at utbyggingen av toveiskommunikasjon mellom nettselskap og forbruker skal gi insentiver til energisparing' [1]. Det er enkelte nettselskap som har satt i gang med utbygging av AMS, men er det fortsatt mange nettselskap og kraftselskap som sitter på gjerdet. Mye av grunnen til at den storstilte utrulling av AMS lar vente på seg

er at det foreløpig ikke er lagt gode nok føringer for utbygging av full-skala AMS, samt at utbygging og drift av en slik tjeneste er kostnadskrevenende. Det er også en viss usikkerhet i hvilken grad AMS fører til energibesparelse, og om investeringskostnadene overstiger besparelsene som følge av redusert energiforbruk. Flere av disse momentene skal belyses i studien.

4.2 Fremgangsmåte og Metodikk

I denne oppgaven skal resultater fra pilotprosjekter i utlandet og studier gjort innenfor AMS evalueres for å belyse hvilken innvirkning en innføring av AMS med og uten display vil ha i Norge. Ulike teknikker innenfor presentasjon av måleresultater og tilbakemeldinger fra kunder skal undersøkes, der tilbakemelding ved bruk av kundedisplay står sentralt. I tillegg skal det i studien analyseres hvilke økonomiske og kraftmessige fordeler, samt utfordringer, kraft-Norge ville ha hatt dersom full-skala utbygging av AMS hadde vært på plass vinteren 2010.

Det har aktivt blitt benyttet internett i denne litteraturstudien for å finne relevant informasjon om AMS med display, samt teknikkens nyttevirkninger og utfordringer. Norges Vassdrags- og Energidirektorats database har hatt en sentral rolle for innsanking av informasjon om føringer i forbindelse med full-skala utbygging av AMS. I tillegg har databasen til Statnett vært til stor hjelp for å undersøke utfordringer, og potensiale for forbedringer, flere regioner i landet har i forbindelse med kraftbalanse. Papers og rapporter fra anerkjente forskningsmiljø, universiteter og energibyrå har også vært en viktig kilde til informasjon om pilotprosjekter, utbyggingskostnader, prissignaler og tiltak innenfor energieffektivisering.

De fleste av kildene benyttet i denne studien omhandler en rekke fullførte og planlagte pilotprosjekter fra flere nasjoner. For å innhente relevant informasjon har det i denne studien blitt valgt ut et lite utvalg av disse pilotprosjektene. Seleksjonen er basert på i hvilket stadiet pilotprosjektet er i, klimatiske og energimessige forskjeller, samt hvilken tilbakemeldingsmetode som har blitt benyttet. Blant kriteriene lagt til grunn for å bedømme effek-

ten av de ulike løsningene er om energi- og kostnadsbesparelser som følge av utbygging av AMS med display, kan forsvare de store investeringskostnadene og redusere den tidvise knappheten i kraftsystemet.

For å bedømme de ulike løsningene innenfor tilbakemelding til kunde, er brukervennligheten særlig vektlagt. For å kartlegge brukervennlighet skal det i denne studien sees på et pilotprosjekt i Storbritannia som foreløpig er i startfasen, der en intervjufase med kunder har stått sentralt. For å bedømme innvirkningen av prissignaler skal et pilotprosjekt i Tyskland studeres, der blant annet utradisjonelle prissignaler har blitt benyttet. For å avdekke energibesparelser som resultat av aktiv bruk av kundedisplay skal 4 pilotprosjekt i Nord-Amerika studeres. Valget av disse prosjektene er grunnet det store omfanget og likheter i klima eller energiforbruk. Siden flere av disse prosjektene er avsluttet, foreligger det også detaljerte beskrivelser om resultatet.

Til slutt skal det benyttes en standard lastprofil for å estimere årlige besparelser og kost/nytte for en gjennomsnittlig norsk husholdning. Dette gjøres ved å benytte seg av de energibesparende tiltakene som har blitt foreslått eller gjennomført i de ulike studiene og pilotprosjektene i kombinasjon med timesvariasjonen i spotprisen over et år.

5 Avanserte Måle- og Styringssystem (AMS)

5.1 Utvikling innen strømmålere

De fleste forbrukere er vant til den tradisjonelle strømmåleren som består av en spinnende disk og et mekanisk telleverk. Denne formen for strømmåler virker ved at metalledisken spinner proporsjonalt med den effekten som til en hver tid 'trekkes' ut fra hovedsikringen. Spoler induserer virvelstrømmer i disken med en kraft proporsjonal med strøm og spenning. I tillegg er det montert en permanentmagnet som demper rotasjonen slik at disken bremses når forbruket reduseres. Disse elektromekaniske målerne er avhengig av en manuell avlesning, der enten forbruker rapporterer inn verdiene, eller at leverandøren leser av måleverdiene hos forbruker. I forbindelse med fakturering er det vanlig å rapportere inn verdiene kvartalsvis enten per post, internett eller telefon. Hvis forbruker ikke rapporterer inn måleverdier blir forbruket estimert ut i fra tidligere innrapporteringer.



Figur 1: Et tradisjonelt analogt måleapparat.

Ulempen med denne formen for avlesning er at verken kunde eller leverandør kan bestemme når på døgnet energien ble forbrukt, samt at kundens energivaner er vanskelig å monitorere. Dette innebærer, avhengig av avtale, at en-

ergiforbruket regnes opp mot eksempelvis gjennomsnittlig kraftpris over kvartalet, eller en eventuell fastpris. De fleste kraftleverandørene tilbyr en rekke kraftavtaler, som medfører store forskjeller i hvor mye kunde betaler for energi, men med noen unntak har ikke selve avlesningen og målemetoden forandret seg mye. Kraftselskapene har i de senere årene åpnet for mer hyppigere innrapportering, slik at kunde eksempelvis kan rapportere inn målerverdi før og etter de har vært borte fra husstanden. Dette gir en mer riktig avregning av forbruket og kan være gunstig for forbruker hvis kraftprisene har vært høye i perioden de har vært borte.

I den senere tid har digitale strømmålere sakte men sikkert erstattet de gamle analoge, dette introduserer flere muligheter når det kommer til avlesning av energiforbruk. Digitale målere kan blant annet måle reaktiv effekt, maksforbruk, avbrudd og når energi har blitt forbrukt i løpet av døgnet. Hvis man i tillegg etablerer en toveis kommunikasjon mellom den digitale strømmåleren og kraftleverandør har man AMS. AMS åpner for større interaksjon mellom kunde og kraftmarkedet da kunden ikke lenger er en, tilnærmet lik, passiv part i systemet. Til nå har sluttbrukere kunnet velge kraftselskap, kraftavtale og til en viss grad kunnet monitorere eget forbruk ved hjelp av kvartalsvis forbruksstatistikk, men ved hjelp av AMS med display kan kunde mye tydeligere få oversikt over eget forbruk.



Figur 2: Et 'smart meter' levert av Sacramento Municipal Utility District (SMUD).

5.2 Installasjon av AMS

Det er flere utfordringer både kunde og kraftselskap står ovenfor ved utbygging av kraftnett med AMS. Det er viktig at det etableres en felles standard for måleapparat og kommunikasjon, da kunde må kunne bytte fra et kraftselskap til et annet uten at teknikken skal sette hindringer for dette. Denne problemstillingen reiser spørsmålet om hvem som skal ta kostnaden for installasjon av AMS. Det er derfor viktig å definere hvordan eier- og ansvarsforholdet er mellom nettselskap, kraftleverandør og kunde. 'Standard tilknytningsvilkår' definerer tilknytningspunktet:

'§ 4–1 Tilknytningspunktet markerer overgangen mellom nettselskapets distribusjonsnett og den elektriske installasjonen og angir grensen for eiendomsforhold samt ansvar for drift og vedlikehold.'

Tilknytningspunkt i norske husholdninger er mellom inntakssikringen og strømmåleren. Dette innebærer at nettselskapet eier, samt står ansvarlig for drift til og med målerenheten, og vil være den parten som må ta ansvaret for installasjon.

Kundene vil måtte komme til ta hele eller deler av regningen ved installasjon i form av høyere nettleie, dette er noe usikkert og vil kanskje variere fra nettselskap til nettselskap. Siden kraftleverandøren ikke nødvendigvis er eier av nettet vil det være lite sannsynlig at denne parten vil stå for installasjon og påfølgende kostnad av AMS, selv om disse har mye å tjene på innføringen.

NVE har slått fast at det ikke er rett å pålegge nettselskapene å stå ansvarlig for installasjoner bak målepunktet, da dette er kundens ansvar jfr. definisjon av tilknytningspunkt. Det innebærer i klartekst at nettselskap ikke blir pålagt å installere kundedisplay i forbindelse med innføring av AMS. NVE vil derimot kreve at utstyret som installeres av nettselskapene skal ha mulighet for tilkobling av display [2]. Kundedisplay blir videre forklart i kapittel 6.

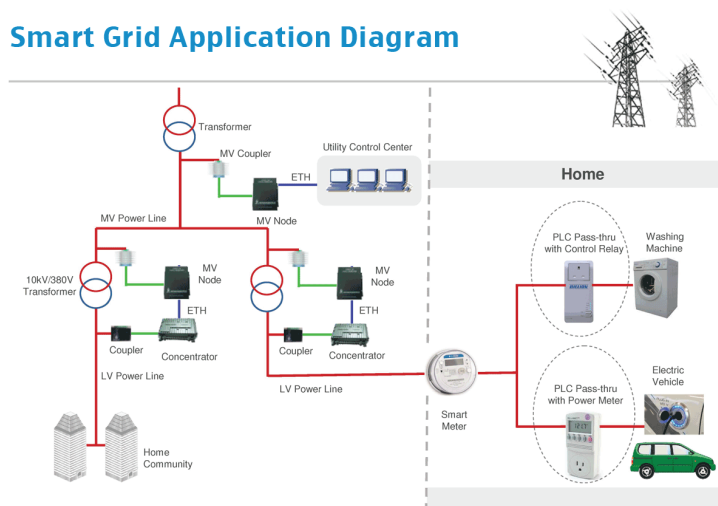
Det totale antall målepunkt i Norge er om lag 2,6 millioner. Det foreligger allerede krav om at målepunkt med et forventet energiuttak på mer enn 100.000 kWh skal ha timemåling. Selv om denne gruppen, som stort sett består av industri og næringsbygg, kun omfatter ca. 100.000 målepunkt, står disse for omtrent 60% av det totale energiforbruket i Norge. Det har i en studie gjort for NVE [3] blitt diskutert om installasjon av display er hensiktsmessig for alle husstander. Spesielt trekkes det frem at det i byene er mange leiligheter som benytter oljekjel eller fjernvarme til oppvarming og har normalt et forbruk på mellom 3000 og 8000 kWh i året. Det har derfor blitt foreslått at det skal forskriftfestes at kunder som kun benytter elektrisk oppvarming skal tilbys display. Dette er en kundegruppe som vanligvis har et energiforbruk, avhengig av størrelse og alder på bolig, fra 8000 kWh.

5.3 AMS Kommunikasjon

AMS nyttiggjør seg av toveis kommunikasjon mellom kunde og kraftleverandør, der kommunikasjonen kan foregå over en rekke medier. De mest vanlige mediene er internett og radiosignaler. I tillegg kan også GPRS benyttes, men dette krever at et sim-kort er installert i måleapparatet.

Internett blir mer og mer vanlig i husholdningene og er kanskje den mest nærliggende måten å kommunisere mellom kraftleverandør og kunde da denne teknikken per dags dato har størst kapasitet og er godt utbygd. Allikevel er det fortsatt husstander som ikke har tilgang til internett, det er derfor essensielt at det legges til rette for alternative kommunikasjonsmetoder. Et av alternativene er å sende informasjon over kraftnettet, denne kommunikasjonsformen er blant annet utnyttet for å styre veibelysning. Siden kraftnettet primært er konstruert for å levere kraft har teknikken noen begrensninger. Støy som følge av installasjoner på kraftnettet forstyrrer signalene, samt at signaler heller ikke vil kunne 'gå over' transformatorer uten at det er installert en kobling mellom primær- og sekundærsiden. Det må derfor installeres en 'bypass' bestående av et filter, en kobling og en beskyttelse. I tillegg er rekkevidden ved kommunikasjon over kraftnettet relativt dårlig, fra et par hundre meter til noen få kilometer, avhengig av antall støykilder. Eksempler på kilder som forringer signaler er releer, transistorer og likerettere. Dette betyr at man vil være avhengig av forsterkere for å ikke tape informasjon. Det vil i forbindelse med AMS være ønskelig at målerenheten hos sluttbruker vil kunne varsle nettselskap om eventuelle feil og tilstander i nettet. Hvis det eksempelvis oppstår et brudd i kraftledningen vil dette også resultere i et brudd i kommunikasjonen, som selvfølgelig ikke er heldig da målerenheten ikke får varslet nettselskap om tilstanden. Det er allikevel en rekke selskaper som videreutvikler denne formen for kommunikasjon, så selv om det er mange ulemper i forhold til kommunikasjon over internett eller GPRS, kan ikke denne teknikken avskrives totalt. Figur 3 viser oppsett for kommunikasjon over kraftnettet [4].

Som tidligere nevnt kan også radiosignaler benyttes til å overføre informasjon mellom kundens installasjon og kraftselskap. Løsningen krever at kundens strømmåler har en sender/mottaker for radiosignaler innebygd, samt at



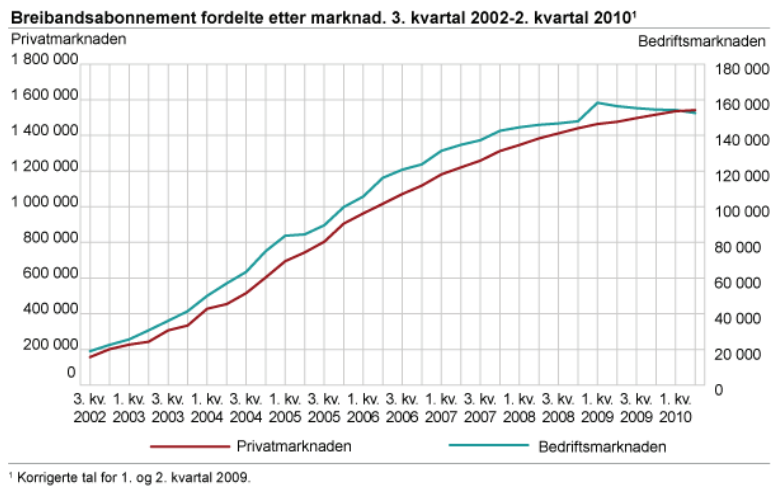
Figur 3: Diagram for kommunikasjon over kraftnett [4].

nettselskapet har et nettverk av radionoder i sitt ansvarsområde. Blant fordelene med kommunikasjon over radio er at nettet kan dekke store områder og at det letter belastningen på internettet. I tillegg vil det være hensiktsmessig med et eget kommunikasjonsnett basert på radio når man i fremtiden iverksetter utbygging av 'smart grid'. En av fordelene med et eget radionettverk for formidling av signaler i et 'smart grid' er at nettselskapene ikke er avhengig av å etablere tilgang til internett for hvert eneste målepunkt i nettet.

Flere av alternativene til internettkommunikasjon krever mer eller mindre store utbygginger for å realiseres. Det vil derfor ikke være hensiktsmessig eller økonomisk forsvarlig å iverksette eksempelvis kommunikasjon over radio for kun en husstand i et område hvis de resterende har tilgang til internett. Alternativet vil i dette tilfellet være for eksempel kommunikasjon over GPRS eller 3G-nettet der denne tjenesten er tilgjengelig.

Det er viktig at internetttilgangen er av god kvalitet i husholdningen for å sikre en stabil kommunikasjon mellom kunde og leverandør. De siste årene har antallet husholdninger med bredbåndstilgang økt kraftig og det er forventet at antallet vil stige i årene som kommer. Ifølge statistisk sentralbyrå

(SSB) hadde 71% av husstandene i Norge tilgang til bredbånd 2. kvartal 2010, en økning fra 69% fra samme tid året før. Figur 4 viser økningen i bredbåndstilkobling fra 2002 til 2010 [5]. Det vil, basert på flere av de overnevnte argumentene, i første rekke være mest hensiktsmessig å primært satse på kommunikasjon over internett og/eller mobilnettet.



Figur 4: Økning i bredbåndabonnement i privat- og bedriftsmarkedet [5].

6 AMS med Display

6.1 Direkte- og inndirekte tilbakemelding

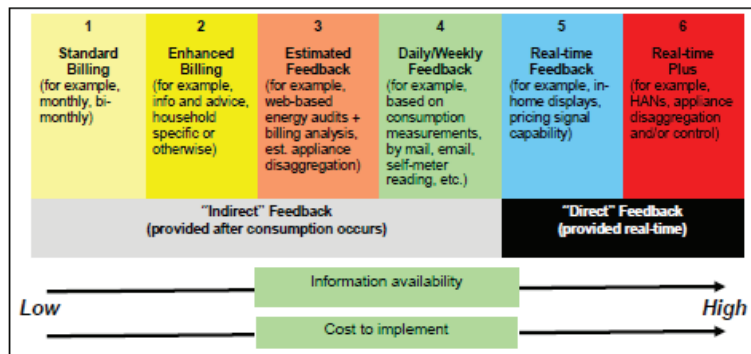
For å bevisstgjøre kunden på egne energivaner kan kraftleverandøren tilby ulike former for tilbakemelding. Det er vanlig å dele denne tilbakemeldingen opp i indirekte- og direkte tilbakemelding. Selv om denne studien i hovedsak omhandler AMS med display, er det viktig å belyse alternative tilbakemeldingsmetoder for å danne seg et helhetlig bilde av hvilken innvirkning tilbakemelding til kunde har.

Indirekte tilbakemelding er en oversikt over kundens forbruk som kraftleverandøren kan sende ut med jevne mellomrom. Denne oversikten kan sendes ut enten per post, e-post eller publiseres via en web portal. På denne måten kan kunden tydeligere se sine egne energivaner og hva dette koster husholdningen. Denne løsningen er på mange måter en oppdatert versjon av den tradisjonelle kvartalsavregningen kunden får fra kraftselskapet.

Indirekte tilbakemelding er lettere å distribuere til en større kundegruppe da denne tjenesten ikke innebærer installasjon av et display. Selv om de fleste forbrukere ønsker å redusere kostnader, er det allikevel usikkert om indirekte tilbakemelding basert på en internettportal vil gi en reduksjon av kraftkostnader og avlastning på nettet. Grunnen er at tjenesten krever at kunde aktivt må logge seg inn på en nettside for å avdekke eget forbruk. Det vil være en utfordring for leverandør å få en web-basert løsning til å virke både interessant og nyttig. På samme måte som nettbank har blitt et naturlig element i hverdagen, er det ønskelig at avlesning av energiforbruk blir en like naturlig rutine i kundens hverdag.

Direkte tilbakemelding krever derimot installasjon av et display som til en hver tid informerer kunden om forbruket. Denne informasjonen kan være totalforbruk, prisinformasjon, forbruk til enkeltapparater og historikk. Hvilke funksjoner som er implementert i displayet vil være avhengig av produktet og hvilken informasjon kraftselskapet tilbyr. Direkte tilbakemelding kan

også utvides til å innebære en applikasjon til mobiltelefon eller tv-apparatet, slik at kunde til en hver tid kan oppdatere seg på energibruken i hjemmet. En oversikt over de ulike mulighetene innenfor tilbakemelding til kunde er presentert i figur 5.



Figur 5: Oversikt over tilbakemeldingsmetoder [6].

Et display som til en hver tid kan informere kunde er trolig en bedre løsning hvis en ønsker å redusere energiforbruket hos sluttbruker og avlaste kraftnettet. Siden informasjonen om eget forbruk blir presentert på et display som ikke nødvendigvis krever en ekstra handling fra forbruker, er det nærliggende å tro at man kan oppnå en større respons. Utfordringen innenfor direkte, og til dels web-basert indirekte tilbakemelding, er å opprettholde kundens interesse for reduksjon av eget forbruk. Det er derfor viktig å fokusere på måten resultater presenteres for kunde.

6.2 Displayinformasjon

Hvordan informasjonen presenteres på displayet er et viktig aspekt. Kundens forhold til elektrisitet kan på mange måter sammenliknes med forholdet til bensinpriser. Man ser på det som en nødvendighet for å kunne utføre sitt daglige virke og kunden stusser ikke over prisene, eller sitt eget forbruk, før det enten blir unormalt høyt eller får presentert en prissammenlikning. I tillegg er elektrisitet usynlig for de fleste og blir derfor et lavinteresseprodukt.

Det er derfor viktig at informasjonen presenteres på en oversiktlig og interessant måte slik at kunde kan se konsekvensene av eget forbruk, både på godt og vondt, på en enkel måte.

Flere av pilotprosjektene som skal undersøkes i denne oppgaven har lagt mye vekt på nettopp hvordan informasjonen skal formidles til kunde. Her har blant annet kunder fra ulike sosiale grupper og aldere blitt intervjuet. Kundene har blitt oppfordret til å skrive en dagbok der de noterer erfaringer og inntrykk. Ved å foreta slike pilotprosjekter kan utviklere av displaytjenester lettere danne seg et bilde av hvordan sluttbrukere ønsker å få presentert informasjonen. Undersøkelsene gjort i disse pilotprosjektene har avdekket at den vanlige forbruker ikke nødvendigvis sitter på kompetanse innenfor kraft-distribusjon og har lite kjennskap til de forskjellige enheter brukt på dette feltet. Det er derfor viktig at man ikke overlesser displayinformasjonen med mer eller mindre uforståelige enheter og måleresultater. Det bør allikevel implementeres muligheter for avanserte avlesninger, men selve hovedvinduet bør være enkelt og informativt.

Majoriteten av sluttbrukere er mest interessert i å se hvilken innvirkning eget forbruk har på familieøkonomien. Det er derfor viktig at selve kostnaden som resultat av forbruk har en sentral rolle på displayet, både som en aktuell og historisk verdi. For å oppnå denne funksjonaliteten er det nødvendig med dynamiske priser og korrekte prissignaler.

6.3 Ytterligere fordeler med AMS

6.3.1 Fordeler for nettselskap og kraftleverandør

Det er mange faginstanser som påpeker at en strømmåler uten mulighet til å kunne rapportere inn feil og generelle tilstander hos sluttbruker ikke er et 'smart-meter', men et 'dumb-meter'. Derfor bør AMS i tillegg til å informere kunde om eget forbruk og mer nøyaktig prissetting, bidra til bedre kontroll av leveringskvalitet og service. Tilstander som vil være av interesse for kraftsel-

skap er eksempelvis over- og underspenninger, hurtige spenningsvariasjoner og jordfeil. Ved avbrudd vil det også bli lettere for nettselskap å utbedre feilen, da de sitter på mye mer nøyaktig informasjon hvor feilen er, i tillegg til faser, strøm og spenninger i kraftnettet. I tillegg kan nettselskap og kraftselskap også styre og flytte forbruk i høylastperioder. Styling av last hos sluttbruker blir nærmere diskutert i kapittel 8.3.2.

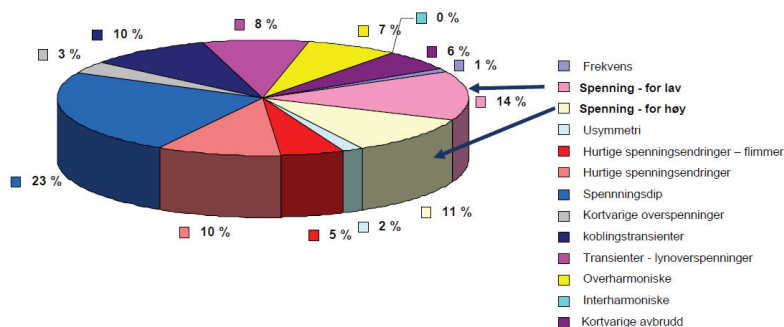
Det er også forventet at kostnadene til kraftselskap og nettselskap i forbindelse med avlesning, samt inn- og utkobling reduseres siden man med AMS kan sentralstyre dette. Introduksjon av AMS kan også eliminere feilkilder som juks i forbindelse med avlesning og feilmontering. Kraftselskap vil også kunne redusere kostnader gjennom lettere og raskere leverandørbytter, samt muligheten til å tilby nye kraftprodukter til kunde. På den andre siden ser også kraftselskapene på en noe større kostnad som et resultat av blant annet økt databehandling og drift.

6.3.2 Fordeler for kunde

Leveringskvaliteten på norsk kraft varierer veldig mellom regioner, der kvaliteten på kraftnettet og plassering av industri har en stor betydning for husholdningenes leveringskvalitet. Selv om kraftselskap får inn en rekke klager på kvaliteten, er det mange feil som kunde enten ikke oppdager eller har kompetanse til å avdekke. Figur 6 viser fordelingen av kundeklager der spesielt klager i forbindelse med for høye eller lave spenninger er markant. Dette er feil som i mange tilfeller er lett for kunde å avdekke. Innføring av AMS med display vil åpne for en mye bedre rapportering av tilstander hos sluttbruker, slik at kunden ved hjelp av displayet aktivt kan følge med på produktet de betaler for. Resultatet av dette er at kunden har mulighet til å være mer spesifikk ved innrapportering av forhold som ikke er akseptable, i tillegg til at kraft ikke lenger er noe usynlig som kunde i mange tilfeller føler er plettfri. Dette kan i mange tilfeller redusere irritasjon hos kunde og kostnader i forbindelse med feilsøking for nettselskap.

Andre fordeler med AMS er at nettselskap kan rykke ut for å rette opp

feil før kunden melder inn klage, samt lettere informere kunde om planlagte inn- og utkoblinger. Ved uforutsette utkoblinger kan også nettselskap sende informasjon til kunde med et estimert tidspunkt for gjeninnkobling. Alle de overnevnte argumentene er forventet å øke kundetilfredsheten og er et viktig moment i spørsmålet om det er hensiktsmessig å installere display hos sluttbruker.



Figur 6: Fordeling av klager [7].

Kraftselskap kan også lettere informere kunde om ulike forhold i markedet, som for eksempel utfall av produksjon og høye priser. Hvis AMS med display hadde vært utbygd i Midt-Norge vinteren 2010 ville denne økte informasjonen kanskje vært gunstig for å redusere knapphet i leveransen. Hvis kunde hadde blitt informert at de høye kraftprisene var et resultat av utfall av produksjon i Sverige, samt høy etterspørsel på visse tidspunkter i døgnet, ville dette mest sannsynlig ha ført til økt forståelse, som igjen kunne ha resultert i at kunde foretok nødvendige tiltak for å redusere eget energiforbruk.

6.3.3 Fordeler for tredjepartsaktører

AMS med eller uten display åpner også for at tredjepartsaktører kan bli en større del av kraftmarkedet. I denne forbindelse kan tredjepartsaktører være leverandører av alarmtjenester, rådgivere innenfor energibesparelse og kraftleverandører. Det vil i mange sammenhenger også være hensiktsmessig at forbruk av gass og fjernvarme også kan vises på kundedisplayet, det er

derfor viktig at det legges til rette for at andre aktører kan sende og hente ut informasjon hos sluttbruker. Måten dette må gjøres på er at kommunikasjonsskanalen ikke er stengt for tredjepartsaktører. Norsk Teknologi har lagt mye arbeid i å få NVE til å sørge for at kommunikasjonsnettene og informasjon sent over nettet blir åpne og tilgjengelige for tredjepartsaktører. Dette er essensielt for å oppnå en full effekt av verdiøkende tjenester i fremtiden.

NVE har senere påpekt at tredjepartsaktører ikke kan innhente informasjon sendt mellom kunde og kraftleverandør uten samtykke fra de ulike leverandørene og kunde. Kunde står derimot fritt til å dele sine forbruksdata over en kanal som ikke tilhører netteieren. Hvis kundedisplayet har tilkobling til internett, som ikke eies av kraft- eller nettselskapet, bør kunde ved en feil i husstanden kunne sende sin informasjon til eksempelvis en installatør etter eget ønske slik at ikke netteier har monopol på slike tjenester.

6.4 Priselastisitet og prissignaler

AMS med kundedisplay er et sentralt verktøy for å oppnå en større interaksjon mellom kunde, nettselskap og kraftleverandør. For å oppnå en reduksjon i sluttbrukers energiforbruk er det viktig at kunden i større grad er en del av selve kraftmarkedet. Dette kan oppnås ved at kunde øker sin aktivitet ved å respondere på prissignaler. Et sentralt moment er at kundedisplayet må ha støtte for dynamiske priser som innebærer at displayet kan motta og presentere endringer i kraftpris. En studie gjort ved 'University of Cambridge' omhandler hvordan forholdet mellom kunde og kraftmarked kan forbedres for å få et mer effektivt kraftmarked [9].

6.4.1 Priselastisitet i kraftmarkedet

Studien i [9] påpeker at sluttbrukersiden i kraftmarkeder tradisjonelt har vært uelastisk da det kun har vært tilbudssiden som har vært den aktive parten. Elastisitet i kraftmarkeder defineres som endring i etterspørsel som

følge av endring i pris. Det er spesielt husholdningene som karakteriseres som uelastiske, mens industri i mange tilfeller defineres som elastiske da disse har timesmåling og kan stoppe hele eller deler av produksjonen ved prisøkning. Tabell 1 viser priselastisitet i nordiske husholdninger.

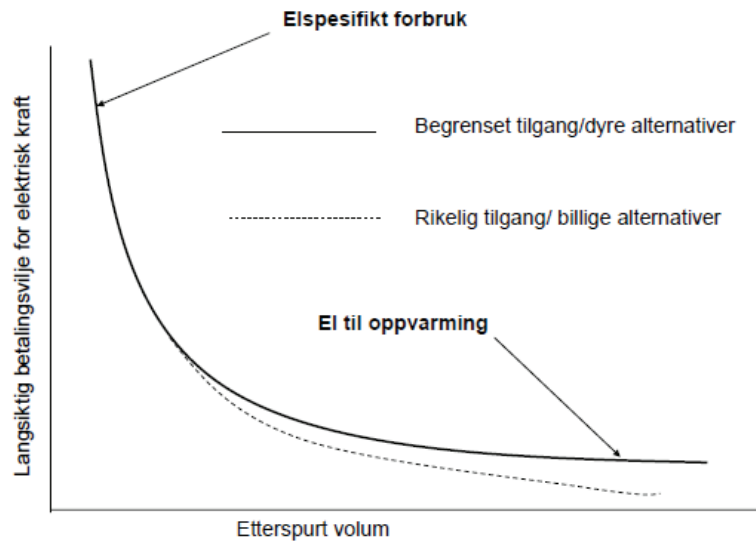
Begrep	Danmark	Finland	Norge	Sverige	Norden
Gjennomsnitt	-0,48	-0,68	-0,49	-0,55	-0,53
Standardavvik A (trad.)	0,21	0,32	0,09	0,21	0,08
Standardavvik B (regr.)	0,23	0,20	0,13	0,20	
Standardavvik C (obs.)	0,42	0,71	0,33	0,47	0,43
[min ; max]	[-1,05 ; -0,07]	[-1,54 ; -0,12]	[-0,91 ; 0,20]	[-1,31 ; -0,09]	[-1,54 ; 0,20]
Konfidensintervall 90% A	[-0,97 ; 0,01]	[-1,32 ; -0,05]	[-0,65 ; -0,33]	[-0,98 ; -0,13]	[-0,68 ; -0,39]
Konfidensintervall 90 % B	[-0,86 ; -0,09]	[-0,90 ; -0,34]	[-0,70 ; -0,27]	[-0,89 ; -0,20]	
Observasjoner	4	5	13	5	27

Tabell 1: Priselastisitet for elektrisitet i nordiske husholdninger [10].

Som man kan se ut i fra tabellen er den norske priselastisiteten estimert til å være $-0,49$. Ut i fra definisjon av priselastisitet betyr dette at en prisøkning på 1% medfører omtrent en reduksjon i etterspørselen på 0,5%. Det er viktig å merke seg at elastisiteten endrer seg over tid og er avhengig av om man ser på kort- eller langsiktig elastisitet. NVE benytter på sin side en priselastisitet på $-0,05$ i sine prognosetabeller.

Studien i [11] beskriver sammenhengen mellom pris og etterspørsel etter elektrisitet. Ved å benytte seg av parametre som priselastisitet kan man danne seg et bilde av hvordan betalingsviljen for elektrisk kraft er blant norske forbrukere.

Figur 7 illustrerer at betalingsviljen for elektrisk kraft er relativt høy for elspesifikt forbruk. I elspesifikt forbruk ligger husholdningsapparater som TV, PC, vaskemaskin, tørketrommel etc. og utgjør normalt opp mot 20% av totalforbruket. De resterende 80% av forbruket består av oppvarming av rom og vann. Figuren viser videre at betalingsviljen for kraft synker relativt dramatisk for de 'siste' kWh som benyttes til oppvarming. Spesielt synker betalingsviljen hvis det er stor tilgang til rimeligere alternativer. Innføring av AMS med display introduserer en større mulighet for tredjepartsaktører å anbefale kraft- og kostnadsbesparende tiltak for kunde, som kan øke be-



Figur 7: Etterspørselastisitet [11].

talingsviljen for elektrisk kraft selv for de 'siste' kWh. I tillegg kan det også forventes at betalingsviljen øker hvis kunde i større del føler seg som en del av markedet. For å oppnå dette er det viktig med korrekte prissignaler som fører til handling fra forbruker.

6.4.2 Prissignaler

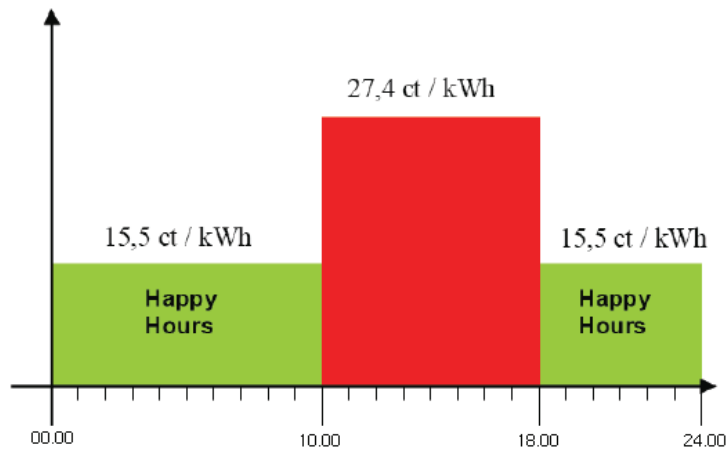
Studien i [9] antyder at større grad av marginalprising vil kunne øke elastisiteten. Med marginalpriser menes det i norsk sammenheng spotprisen på elektrisk kraft. Det er spotprisen som til en hver tid viser verdien av kraft i markedet og det er nettopp denne prisen som tydeligere må eksponeres for kunde for å oppnå en høyere elastisitet ved sluttbruker. Det er forventet at spotprisen i fremtiden vil variere i større grad enn i dag grunnet introduksjon av fornybare energikilder. Et typisk eksempel på dette er at vindkraft må benyttes når det ligger til rette for slik kraftproduksjon, i motsetning til vannkraft som til en viss grad kan lagres. En større variasjon i spotpris for elektrisk kraft kombinert med kundedisplay som kan presentere dynamiske priser, vil i mange tilfeller gi kunden insentiver til å redusere energiforbruket da kunden tydeligere ser variasjonen i kraftprisen.

Studien trekker også frem et pilotprosjekt i California der AMS med display var installert hos sluttbruker. Kunder med høyt forbruk reduserte lasten i mye større grad enn kunder med lavt forbruk ved eksponering av variasjon i spotpris. Allikevel hadde kunder med lavt forbruk en mye større prosentvis reduksjon sett over et år. Det har tidligere blitt vist at en stor andel av energiforbruket i norske husholdninger går til oppvarming, og det er nærliggende å sammenlikne høyforbrukskunder i California med kunder i Norge som kun har strøm som oppvarmingskilde. Ved høye priser i høylasttimer vil denne gruppen sannsynligvis redusere mye last og vil utpeke seg som en kundegruppe som viser høy respons til variasjon i spotpris. Det er allikevel ikke gitt at denne kundegruppen vil utpeke seg som den største prosentvise energispareren sett over et år. Hvis man skal satse på å levere AMS med display til alle forbrukssjikt i samfunnet, jfr. diskusjonen om det er nødvendig med AMS med display til kunder uten eloppvarming, er det viktig at man ikke avskriver lavforbrukernes respons til prissignaler.

For at kunde skal motta prissignalet, og respondere, er det helt essensielt at det foretas hyppige målinger av kundens forbruk. Hvis tidsintervallet mellom målingene er for langt, vil man ikke fange opp tidspunkter der kunde har redusert eller økt forbruket i forhold til gjennomsnittet. Det er blant annet på bakgrunn av dette, samt at regulerkraftprisen avregnes på timesbasis i

Norden, at det blir anbefalt at kunde avregnes minimum hver time. Det er også ønskelig at Norge i større grad samkjøres med det europeiske markedet, der store deler har avregning hvert kvarter. Basert på dette er det også viktig at man i systemet legger til rette for avregning av norske sluttbrukere hvert 15. minutt.

Det er enkelte pilotprosjekter og kraftleverandører som benytter noe mer trivielle prissignaler for å oppnå sparing. I Tyskland innførte Intelliekon i begynnelsen av 2010 såkalte 'Happy Hours'. Dette er en egen tariff med lavere priser som skal motivere forbrukere til å flytte bruk av energikrevende elektrisk utstyr til tidspunkter på døgnet med historisk sett lavest last. Intelliekon antyder at en husholdning på fire mennesker kan spare opp mot 89 euro, eller tilnærmet 700 NOK årlig ved å følge tariffen. Anslaget er basert på data innhentet fra det tyske energidepartementet og kan variere fra en husholdning til en annen. Figur 8 viser hvilke tidspunkt den nye tariffen slår inn. EDF Energy i Storbritannia har også en liknende versjon av Intelliekons 'Happy Hours', det er kalt Eco20:20 og tilbyr 20% billigere kraft i tidsrommet 19.00-07.00 og i helgene.



Figur 8: Intelliekons 'Happy Hours' tariffsystem [9].

Et annet selskap som benytter utradisjonelle metoder for å motivere kunder til sparing er BC Hydro i British Columbia. BC Hydro har på sin side etablert et rabattsystem med prosentvise mål med forskjellige 'vanskelighetsgrader'

for å gi insentiver til energisparing. Dette rabattsystemet er ikke direkte et prissignal, og vil ikke nødvendigvis gi lettelser i topplast ved høylast da systemet kun gir gevinst ved en viss prosentvis besparelse. Rabattsystemet blir nærmere forklart i kapittel 7.3.2.

Utkobling av last i høylasttimer er også en metode for å redusere belastningen i kraftnettet. Dette innebærer at kraftleverandør eller nettselskap sentralt kan koble ut ulike laster hos kunde som for eksempel varmtvannsberedere. For at kunde skal stille seg villig til å bli sentralstyrt på denne måten er det naturlig at denne ønsker seg en eller annen form for kompensasjon. En slik kompensasjon kan for eksempel være en reduksjon i kraftpris over en gitt periode. Det å koble ut en stor andel last i høylasttider er ikke nødvendigvis problemfritt. Hvis man etter en gitt periode skal koble inn et stort antall laster simultant vil dette muligens gi en høy belastning på kraftnettet.

Det er også mulighet å styre forbruk i husholdninger ved prissignaler i form av offentlige avgifter. Ved å øke avgiftene for energiforbruk ved gitte tidspunkt på døgnet, eksempelvis i tidsperiodene 08.00-10.00 og 16.00-18.00, kan dette motivere kunde til å foreta reduksjon i last. En slik løsning vil være nokså lik 'Happy Hours'-tariffen til Intelliekon, der prisene nesten er halvert i lavprisperioden. Mye tyder på at ordningen har hatt god effekt i Tyskland og at en liknende løsning ville fått en tilnærmet lik innvirkning i Norge. Olje- og energidepartementet har i 'Energi- og kraftbalansen mot 2020' foreslått en økning i avgifter for å redusere forbruk og forbedre kraftbalansen. Løsningen er derimot ikke like nyansert som det tyske tariffsystemet, da de i all hovedsak ønsker å sette opp avgiftene på elektrisk kraft på generell basis. Ved å kun sette opp avgiftene oppnår man muligens en årlig reduksjon i forbruk, men det er usikkert om løsningen vil gi sluttbrukere insentiver til å kutte energiforbruk i høylasttimer.

6.5 Ulike Kundedisplay

Siden flere nasjoner har iverksatt implementering av AMS i husholdninger er det en rekke aktører som leverer kundedisplay. Rapporten 'Annual Report on the progress in Smart Metering' [18] publisert av ESMA, European Smart Metering Alliance, beskriver et bredt utvalg av display. For å danne seg et bilde av de ulike teknikkene er et lite utvalg av displayløsninger presentert i denne studien.

- **PowerCost Monitor**

Blue Lines 'PowerCost Monitor' er et display bestående av to komponenter, en sensor som monteres på strømmåleren og et display. Installasjonen skal være sømløs og krever ikke fagpersonell for montering, samtidig som prisen er overkommelig, rundt 130\$. På tradisjonelle strømmålere leser sensoren av hvor mange rotasjoner disken foretar, mens den på moderne digitale strømmålere henter ut informasjon ved hjelp av en infrarød port på måleapparatet. Fra sensoren blir informasjonen overført trådløst til et display der kunde kan monitorere energiforbruket. 'PowerCost Monitor' skiller seg fra andre løsninger ved at den ikke direkte har kommunikasjon med kraftleverandør, den er snarere et verktøy for kunde for å monitorere eget forbruk. Kunden kan skrive inn hvilken strømpris kraftleverandøren opererer med, men den støtter ikke dynamiske priser. Leverandøren oppgir at det kan forekomme avvik fra de avleste verdiene på displayet i forhold til strømregningen, men at nøyaktigheten skal ligge innenfor 5%. I den senere tiden har 'PowerCost Monitor' blitt kompatibel med Microsofts 'Hohm' som har åpnet for større funksjonalitet og tilrettelegging for energibesparelser. 'Hohm' blir beskrevet senere i dette kapitlet.



Figur 9: PowerCost Monitor [18].

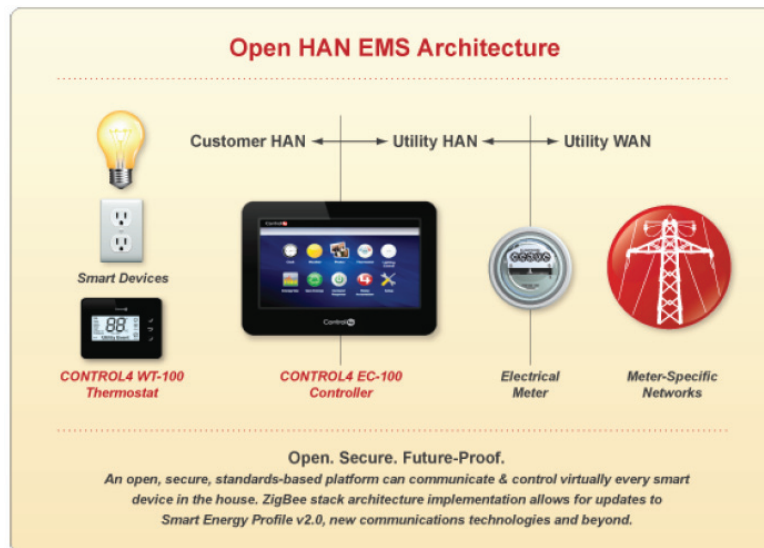
- **PowerPlayer**

PowerPlayerTM, vist i figur 10, er et display utviklet for Nederland. Hovedbildet viser en analog klokke som kunden enkelt kan veksle mellom å vise aktuelt effektforbruk eller kostnader per dag. For å utfordre kunden til å redusere energiforbruket har *PowerPlayerTM* en budsjettfunksjon der kunden kan sette opp et mål, og til en hver tid kan se hvordan man ligger an i forhold til målet. I motsetning til 'PowerCost monitor' støtter *PowerPlayerTM* dynamiske priser slik at kunden lettere kan se effekten av energiforbruket ved pristopper i løpet av døgnet. Displayet kan i tillegg detektere unormal energiforbruk og gi kunde energibesparende råd. Det kan virke som om utvikleren har lagt merke til at mange brukere mister interessen for displayet over tid. For å integrere displayet i kundens hverdag, samt gjøre det til en sentral del av inventaret, fungerer derfor *PowerPlayerTM* også som en videofremviser og bilderamme samtidig som designet er stilrent og tiltalende.

Figur 10: *PowerPlayer*TM [18].

- **Control4**

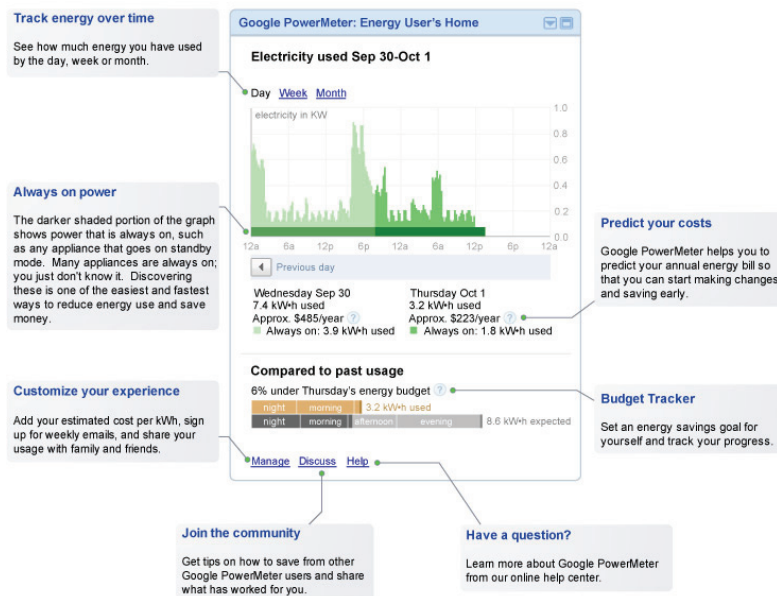
Løsningen til Control4 er på noen felt mer avansert enn *PowerPlayer*TM. Produktet er utviklet av et selskap som har spesialisert seg på automasjon i hjemmet. Dette innebærer at man med Control4 kan styre en lang rekke av elektriske apparater man finner i en husholdning. Ved siden av å kunne styre musikk og tv-apparater kan også Control4 monitorere energiforbruket, samt at funksjoner der kunden blant annet kan styre termostat og belysning er implementert. Det at displayet støtter funksjoner som tillater interaksjon med husholdningsapparater er på mange måter et viktig steg for AMS med display, da det åpner for at kunde i mye større grad kan forhåndsbestemme ulike tiltak for å redusere energiforbruket.



Figur 11: Oversikt over løsningen til Control4 [18].

- **Google Power Meter**

'Google Power Meter' er et gratisprogram utviklet av Google. Programmet benyttes som et display på kundens datamaskin der kraftselskapet sender ut informasjon om energiforbruket. Det kreves selvfølgelig at kunden har AMS installert med toveis kommunikasjon med kraftselskapet. Fordelen med programmet til Google er at kunden kan lese av informasjon om eget forbruk overalt i verden så lenge det er tilgang til internett. I Storbritannia er det et kraftselskap, 'First Utility', som tilbyr denne tjenesten til sine kunder [8]. Figur 12 viser oppsettet til 'Google Power Meter'.



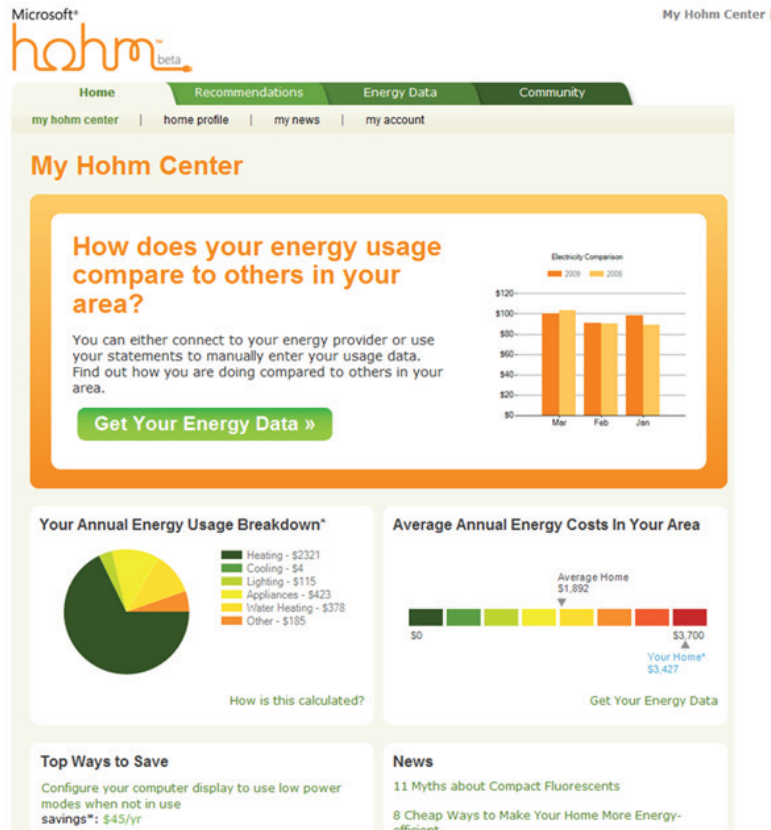
Figur 12: Google Power Meter [18].

- Microsoft Hohm

Microsoft utvikler en liknende web-basert applikasjon, Microsoft Hohm. Dette programmet er foreløpig på betastadiet og er ikke tilgjengelig utenfor USA. Det er foreløpig tre kraftselskap i USA som tilbyr denne tjenesten for sine kunder; Sacramento Municipal Utility District, Seattle City Light og Xcel Energy.

Når kunden har registrert seg som bruker setter kunden opp en profil for husholdningen. Profilen skal for eksempel inneholde antall personer og hva slags husholdningsapparater som befinner seg i hjemmet. Basert på informasjonen kunden leverer lager 'Hohm' en energirapport med personlige anbefalinger. Kunden får en 'Hohm score' mellom 0 og 100, hvor høy verdi indikerer en bra energieffektivitet, der skalaen er basert på informasjon fra kraftleverandør og de oppgitte verdiene fra kunde. I motsetning til Google Power Meter gir Hohm en prosentvis fordeling av hvordan energien forbrukes i husholdningen. Denne funksjonen gir Hohm et stort fortrinn i kampen om

å levere en komplett applikasjon innenfor tilbakemelding.



Figur 13: Microsoft Hohm [18].

7 Pilotprosjekter i utlandet

Før man initierer en utbygging av AMS med display i Norge er det naturlig å studere pilotprosjekter og allerede utbygde prosjekter i andre land. Land som USA, Storbritannia og Tyskland har allerede prøvd ut teknikken. Resultater fra disse pilotprosjektene kan gi viktige innspill til utbyggere i Norge. Det landet som ville vært det mest naturlige å sammenlikne Norge med, Sverige, har gjennomført en storstilt utbygging av AMS i husstander, men det har vist seg vanskelig å innhente informasjon om pilotprosjekter som inkluderte kundedisplay. Det vil derfor ikke være relevant å se på resultater fra Sverige i denne studien.

7.1 Pilotprosjekter i Tyskland

I Tyskland har ni energiselskap, tre forskningsinstitutt og en produsent av måleutstyr startet opp pilotprosjektet Intelliekon [12]. Pilotprosjektet bestod av en utviklingsfase med 76 intervjuer, en pilotfase der test av tilbakemelding ble gjennomført, samt en sluttanalyse.

En sentral del av prosjektet til Intelliekon var å undersøke hvordan kundene ønsket at forbruk og prissignaler skulle presenteres. I motsetning til andre pilotprosjekter viste det seg at kundene ikke var interessert i å bli sammenliknet med naboer. Grunnen til dette var at kundene mente at det var for mange faktorer som spilte inn i forbindelse med forbruk at det ikke var interessant. Argumentene som talte i mot sammenlikning var ulikheter i alder, vaner, kvalitet på husholdningsmateriell og antall personer i husholdningen.

Pilotfasen som ble startet opp i 2009 baserte seg på tilbakemeldinger fra kundegruppen som ble intervjuet. Resultatet ble å presentere forbruket via en internettportal og skriftlige tilbakemeldinger hvert kvartal. Internettportalen var den tilbakemeldingsmetoden som var mest populær blant de spurte. Selv om undersøkelsen viste at mange mente at internettportalen kanskje var noe tungvint ble den allikevel oppfattet som fremtidsrettet og interessant. Det

ble tilbudt et kundedisplay for de kundene som var interesserte i dette, men virkningene av displayet ble ikke vektlagt i pilotprosjektet.

7.2 Pilotprosjekter i Storbritannia

I Storbritannia har staten annonsert at 50 millioner husstander skal ha AMS installert innen 2020[15]. I motsetning til prosjekter i Nord-Amerika skal AMS i Storbritannia også inkludere måling av gassforbruk.

Pilotprosjekter i Storbritannia har fokusert mye på presentasjon av resultater til forbruker. Utforming av display har blant annet blitt basert på litteraturstudier om prosjekter i andre land, samt intervjuer med produsenter og kunder. Det ble rekruttert rundt 40 personer fordelt på fem ulike sosiale grupper som møttes to ganger der de etter første møte fikk med hvert sitt ulike display hjem. I tillegg ble deltakerne bedt om å skrive ned erfaringer og forslag i en dagbok. Det andre møtet ble avholdt 8 dager senere der deltakerne ble oppfordret til å meddele og diskuterte sine erfaringer, samt komme med forslag til forbedringer og utforming av displayinformasjon. Figur 14 viser de forskjellige displayene som ble benyttet i pilotprosjektet.



Figur 14: De syv ulike displayene som ble testet i det britiske pilotprosjektet [14].

Basert på litteraturstudier, intervjuer og tilbakemeldinger fra testpersonene ble det utformet et sett av krav til displayet. Det viste seg at testgruppen mente at en analog presentasjon av forbruk var det mest oversiktlige, ikke

ulik den klokken som viser effektforbruk og kostnad på det tidligere nevnte displayet; *PowerPlayer*TM. Det var også ønsket at kostnad skulle presenteres både som aktuelt forbruk og samlet kostnad per dag. Historiske data skulle kunne presenteres både som forbruk de siste syv dager, ukevis, månedsvis og kvartalsvis.

I dette prosjektet [14] var testgruppen høyt motivert for å undersøke effekten av display samtidig som de ble fulgt opp og betalt for tjenesten. Det er rimelig å anta at man ikke kan oppnå et like stort engasjement hos alle kunder ved full utrulling. I tillegg var testgruppen for liten til å få et entydig resultat av innvirkningen av AMS med display, men det er verd å merke seg at det heller ikke var et mål med pilotprosjektet. Det ble allikevel observert endringer i testpersonenes vaner. De ble blant annet flinkere til å slå av lys og benytte husholdningsapparater mer effektivt.

7.3 Pilotprosjekter i Nord Amerika

Det har blitt foretatt en rekke pilotprosjekter i USA fra 2004, der energibesparelser som resultat av indirekte- og direkte tilbakemelding har blitt undersøkt. Pilotprosjektene som har inkludert direkte tilbakemelding er ved for eksempel 'NSTAR' i Massachusetts og 'Hydro One' i Canada, . Pilotprosjekter som kun inkluderer indirekte tilbakemelding er blant annet 'SMUD' i California og 'BC hydro' i British Columbia.

7.3.1 Direkte tilbakemelding: NSTAR & Hydro One

Både NSTAR og Hydro One har benyttet Blue Lines 'PowerCost Monitor' i sine pilotprosjekter. Prosjektet ved NSTAR ble startet opp i 2008 og har solgt 3100 apparater per 2009 til subsidierte priser [13]. Pilotprosjektet til Hydro One bestod av 500 husstander og en kontrollgruppe på 52 og ble startet opp i 2004 og avsluttet i 2006[13].

Studien i [13] har studert innvirkningen av kundedisplay i begge pilotprosjektene og beskriver blant annet fordelene og ulempene ved direkte tilbakemelding, samt indikasjoner på reduksjon i forbruk. Blant ulempene nevnt er kostnaden for kunde og kraftleverandør i forbindelse med anskaffelse av displayet. Mange forbrukere har stilt seg kritisk til å investere i et display de er usikre på om de vil benytte, som har resultert i at relativt få har deltatt i pilotundersøkelsen. Dette har budt på problemer når man skal prøve å skalere opp prosjektet. I tillegg har det blitt rapportert inn problemer med kommunikasjonen mellom strømmåleren og displayet som har resultert i mangel på historiske data. I tillegg har flere av pilotprogrammene opplevd at kunder faller ut av programmet grunnet dalende interesse for det nyinnkjøpte displayet.

Studien viser også at kunder har klart å redusere energiforbruket ved hjelp av displayet. Hydro One kan skilte med en gjennomsnittlig reduksjon på 6,5%, der resultatene er basert på tidligere målt forbruk hos kunde og sammen-

likning med kontrollgruppen. Siden dette pilotprosjektet er avsluttet har de publisert en litt mer detaljert beskrivelse av energireduksjonen:

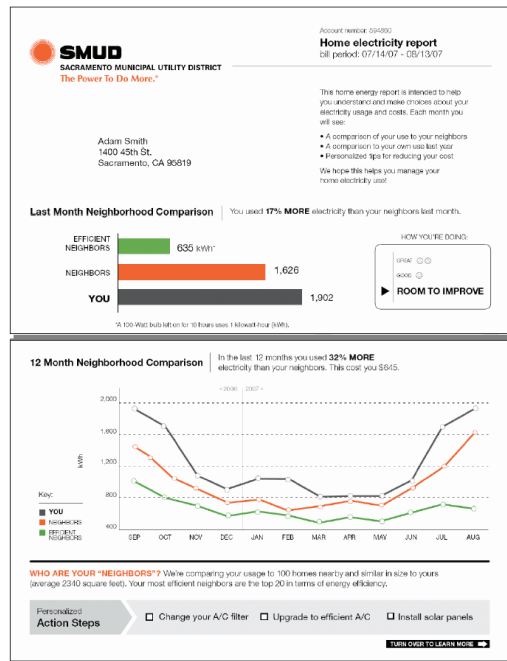
- Hjem som ikke var oppvarmet av strøm: 8%.
- Hjem som ikke benyttet strøm til oppvarming eller varme vann: 5%.
- Hjem som ikke benyttet strøm til oppvarming, men brukte strøm til å varme vann: 16%.
- Hjem som benyttet strøm til oppvarming og varme vann: 1%

Man kan se en signifikant reduksjon av energiforbruk hos kunder med elektrisk oppvarmet vann. Dette skyldes mest trolig et større fokus på bruk av varmtvann og er nok et resultat av at kunde mye tydeligere ser hvor mye av energiforbruket som går med til dette formålet. Studien beskriver også at 60% av deltagerne følte at displayet var nyttig og 35% planla å slutte å bruke displayet etter at prosjektet var avsluttet.

Til sammenlikning stoppet 33% av kundene i NSTAR å bruke displayet i løpet av perioden. I dette prosjektet ble det rapportert inn en gjennomsnittlig reduksjon av energiforbruk på 2,9%. Det er verdt å merke seg at disse tallene ble publisert kun 6 måneder etter oppstart og er trolig ikke en rettferdig indikasjon på sluttresultatet.

7.3.2 Indirekte tilbakemelding: SMUD & BC Hydro

SMUDs pilotprosjektet ble startet opp i 2008 og består av 35000 kunder der 25000 får en månedlig rapport og de resterende 10000 får en kvartalsvis rapport. I tillegg består pilotprosjektet av en kontrollgruppe på 55000 kunder. Pilotprosjektet er basert på indirekte tilbakemelding der kunden mottar en skriftlig rapport som sammenlikner kundens energiforbruk med liknende husholdninger (se fig 15).



Figur 15: Rapport fra SMUD [13].

Resultater fra pilotprosjektet til SMUD viser at kundene reduserte sitt energiforbruk med 2%. Denne reduksjonen har blitt estimert ved å sammenlikne kundene som mottok rapport om eget forbruk med kontrollgruppen.

BC Hydros pilotprosjekt var også basert på indirekte tilbakemelding, men med ulike gevinster for kunden hvis denne klarte å redusere forbruket etter visse mål. Gevinsten var eksempelvis en rabatt på 20% hvis kunden klarte å redusere forbruket med 20%. Hele tabellen er presentert i figur 16.

Det viste seg at ordningen 10% rabatt ved 10% reduksjon var den mest suksessfulle løsningen. Dette fordi man luket ut de kundene som ved lavere reduksjonsmål ikke gjorde noen særlige tiltak for å redusere sitt energiforbruk, samt at 20% var uopnåelig for mange. BC Hydro annonserte i 2008 at de ved daværende tidspunkt hadde 79000 kunder, og målet var å tilby tjenesten til 210000 kunder. Resultater fra pilotprosjektet til BC Hydro er presentert i tabell 2.

OFFER	DESCRIPTION
20/20	Participants who reduced their electricity consumption by 20% received a monetary incentive, equivalent in value to the 20% electricity reduction (paid out as a rebate)
10/5	Participants who reduced their electricity consumption by 10% received a monetary incentive, equivalent to half of the 10% reduction (paid out a rebate)
5/5	Participants who reduced their electricity consumption by 5% received a monetary incentive, equivalent in value to the 5% electricity reduction (paid out a rebate)
10/prize	Participants who reduced their consumption by 10% were entered into a drawing for an ENERGY STAR® labeled appliance package
'control'	Participants chose their electricity savings target (5, 10, 15, or 20%), and were encouraged to reduce consumption strictly through education and information sharing

Figur 16: Rabattordingen til BC Hydro [13].

%	All	5/5	10/prize	20/20	Control	10/5
% meeting target ("winners")	20%	41%	15%	7%	14%	19%
% lower kWh, not target ("savers")	32%	20%	36%	44%	32%	33%
% with higher kWh ("gainers")	47%	39%	49%	49%	55%	48%
Avg. % reduced by winners	15.0%	11.2%	17.0%	27.0%	16.9%	18.3%
Avg. kWh reduced by winners	2378	1777	3404	4666	2545	1847
Avg. % reduced by savers	4.8%	2.0%	4.2%	8.8%	4.4%	4.6%
Avg. kWh reduced by savers	781	282	758	1483	845	395
Avg. % reduced by gainers	-8.3%	-7.1%	-8.2%	-7.4%	-9.6%	-9.0%
Avg. kWh reduced by gainers	-1297	-869	-1463	-1325	-1641	-1025

Tabell 2: Resultat fra pilotprosjektet til BC Hydro [13].

Tabell 2 viser at kundene som klarte sitt fastsatte mål reduserte sitt energiforbruk med 15%, mens de som ikke nådde målet reduserte forbruket med 4,8%. Det er også en signifikant gruppe som i perioden enten økte eller ikke reduserte sitt energiforbruk, men BC Hydro har uttalt at de forventer at antall kunder som ønsker en reduksjon i energiforbruk vil øke etter hvert.

7.4 Konklusjon pilotprosjekter i utlandet

Da det i Tyskland og Storbritannia enda ikke foreligger noen klare resultater fra pilotprosjekter, er det vanskelig å se et forventet resultat ved innføring i Norge basert kun på erfaringer fra disse to nasjonene. Det er allikevel viktig å trekke erfaringer fra pilotprosjektene utført i de to landene med tanke på utforming av selve displayet og måten informasjonen bør formidles til kunden. Hovedtrekkene er at informasjonen skal være lettfattelig og at besparelser vises på en klar måte. I tillegg konkluderer Intelliekon at tilbakemelding på internett er fremtidsrettet, men noe tungvint.

Hvis man derimot ser på resultater fra pilotprosjekter utført i Nord-Amerika er det lettere å estimere resultatet ved utbygging i Norge, da man fra disse studiene har mer detaljerte resultater. En oversikt over resultater fra pilotprosjekter i Nord-Amerika er presentert i tabell 3.

Tabell 3: Resultater fra pilotprosjekter i Nord-Amerika.

	Omfang	Reduksjon [%]	Frafall [%]
NSTAR	3100	2,9	33
Hydro One	500	6,5	35
SMUD	35000	2	NA
BC Hydro	79000	4,8	47

Tabell 3 viser at reduksjonen i forbruk, for de kundene som har blitt tilbudt direkte tilbakemelding, ligger noe lavere enn den forventede reduksjonen flere studier har konkludert med. Det er viktig å merke seg at utvalget av pilotprosjekter i denne studien ikke er stort nok til å avfeie at en forventet reduksjon ved direkte tilbakemelding ligger på mellom 5 og 15%, men det gir en mer realistisk indikasjon på hva man kan forvente ved innføring i Norge. Spesielt interessant for sammenlikningen med norske forhold er resultatet fra 'Hydro One' som viser at kunder som benytter strøm til oppvarming kun oppnådde en gjennomsnittlig reduksjon i energiforbruk på 1%.

Som man kan lese ut i fra tabell 3 er frafallet i løpet av testperioden signifikant. At en såpass stor andel av deltakerne faller fra er muligens et resultat av for dårlig presentasjon av måleverdier, samt at produktet ikke lenger

er interessant eller spennende. Utfordringen hos leverandører av slike tjenester ligger derfor i å hele tiden være nytenkende og tilstrebe å opprettholde kundens interesse for produktet.

8 Forventet resultat ved innføring i Norge

8.1 Forutsetninger

For å danne seg et bilde av hvilken effekt innføring av AMS med display vil få i Norge bør energiforbruk i husholdningen deles opp i 3 hovedgrupper:

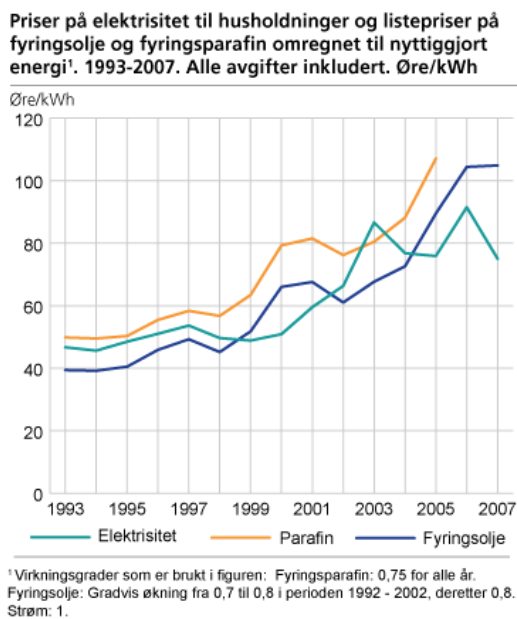
- Oppvarming
- Belysning
- Husholdningsartikler

Grunnen er å danne seg et mer nyansert bilde av hvordan forbruket av energi er fra nasjon til nasjon. Det er nærliggende å tro at energiforbruk i forbindelse med husholdningsartikler som vaskemaskin, tv, datamaskiner m.m. er relativt likt mellom I - land. Det er allikevel noen forskjeller i energibruk til husholdningsartikler mellom enkelte nasjoner. Det er derfor viktig å ta disse forskjellene med i betraktningen når man skal se på virkningen av AMS med display i norske husholdninger. Storbritannia og Tyskland benytter gass i husholdningen i mye større grad enn Norge. Der om lag 1% av landforbruket i Norge er basert på naturgass, er landforbruket i Storbritannia 37% [17]. I Vest-Europa står husholdninger for 35% av gassforbruket, der gassen blant annet benyttes til oppvarming og matlaging. I tillegg har Storbritannia ikke på langt nær like streng kulde om vinteren, slik at 'energiprofilen' til britene vil være relativt annerledes enn norske forbrukere.

Når det kommer til energiforbruk i forbindelse med belysning i husholdningen vil man også se noe avvik. I vinterhalvåret er det lite dagslys som medfører utstrakt bruk av belysning i Norge. Sommertid ble blant annet innført for å redusere energibruken til belysning ved å bedre utnytte perioden med dagslys. På grunn av den store årlige variasjonen av dagslys i Norge vil også energibruken til belysning variere mye og skille seg ut fra andre nasjoner. En vanlig

norsk husholdning bruker om lag 20% av det totale energiforbruket på husholdningsapparater og belysning. Ved bruk av kundedisplay er det forventet at det er grunnlag for en signifikant reduksjon av energiforbruk innenfor denne prosentandelen.

I Norge har man tradisjonelt basert mye av oppvarming av private boliger på elektrisitet og vedfyring. Grunnen til at elektrisitet i stor grad har blitt benyttet til oppvarming i norske hjem er et resultat av rikelig tilgang til vannkraft, kombinert med en relativt liten kundegruppe. Sammenliknet med resten av Europa har dette resultert i historisk sett lave kraftpriser og lite utbygging av alternative oppvarmingsmetoder. Figur 17 viser at det fortsatt er elektrisitet som er den rimeligste energiformen til oppvarming.

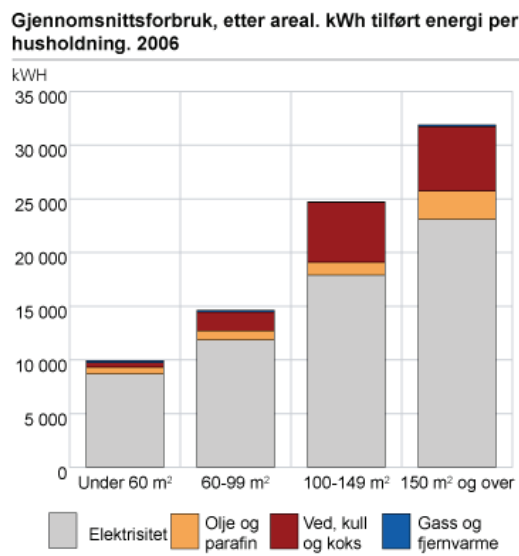


Figur 17: Prissammenlikning [16].

Norge har en lang, kald og mørk vinter. Dette innebærer at nesten 75% [16] av energiforbruket går til oppvarming. Dette ble særdeles tydelig for forbrukere i Midt-Norge under vinteren i 2010, da en lang kuldeperiode førte til høyt forbruk og tidvis ekstreme kraftpriser. Selv om Norge til dels kan oppleve varme sommere er ikke energietterspørselen til kjøling like stor som etterspørselen

til oppvarming om vinteren i norske husholdninger. Dette er tydelig hvis man ser på lastkurver i løpet av et år, der måneden med tradisjonell høyest last er januar.

I de senere årene har man sakte men sikkert introdusert fjernvarme og varmepumper for å redusere kraftkostnader og utslipp av klimagasser, men Norge ligger fortsatt et stykke bak land som Sverige og Danmark innenfor utbygging av fjernvarme. Varmepumper benyttes av mange husholdninger både til kjøling om sommeren og oppvarming om vinteren og i tillegg har alternative oppvarmingsinstallasjoner som blant annet pelletsovner blitt introdusert. Selv med innføring av alternative oppvarmingsmetoder viser figur 18, en undersøkelse gjort av statistisk sentralbyrå, at oppvarming basert på elektrisitet fortsatt er den vanligste.



Figur 18: Fordeling av oppvarmingsmetoder [16].

Hvis man skal sammenlikne energibesparelser i andre nasjoners husholdninger med norske, er det viktig å ta med i beregningen hvor utbyggingen har blitt foretatt for å få en god overføring av resultater. Man må derfor tilstrebe å se på prosjekter som er satt i gang i områder med tilnærmet likt klima eller energiforbruk. Eksempelvis er klimaet i California veldig ulikt det norske, men begge stedene har et forbruk som er sterkt temperaturavhengig, der mye av

forbruket i California går til airconditioning om sommeren. På den andre siden har man Storbritannia og Tyskland som tidvis har relativt store klimatiske forskjeller i forhold til Norge, men ikke like ekstremt som California. Dette medfører at man i store deler av året, klimatisk sett, kan sammenlikne Tyskland og Storbritannia med Norge. De klimatiske og forbruksmessige forholdene i pilotprosjektene som ble presentert i kapittel 7.3.1 er derfor, med noen forbehold, overførbare til Norge.

8.2 Kostnader og besparelser

Innføring av AMS er en kostnadskrevende affære. NVE beregnet i 2008 at nettselskapene må medregne en nettokostnad på 1,3 mrd kroner årlig i forbindelse med utbygging av nødvendig infrastruktur og drift [11]. I tillegg argumenteres det med at utbyggingskostnaden for én ekstra kWh i eksisterende vannkraftsverk er på 200kr/kWh/år, mens utbyggingskostnaden for reduksjon i belastning vha AMS er estimert til å være det tidoble. Dette skaper nødvendigvis en debatt om det rent økonomisk er forsvarlig å initiere en storstilt utrulling av AMS. En rekke kraftselskap har uttrykket sin bekymring for den økonomiske utfordringen og har annonsert til NVE at de i utbyggingsfasen vil gå for minimumsløsninger for å redusere kostnaden.

Siden NVE ikke pålegger nettselskap å installere kundedisplay faller denne utgiften i stor grad direkte på sluttbrukeren. Erfaringene fra pilotprosjekter i USA der kundedisplay har hatt en sentral rolle viser at kundene er skeptiske til å investere i kundedisplay, det er forventet at man kommer til å møte samme skepsis i Norge. Løsningen kan være at nettselskap tilbyr display til subsidierte priser og med en prøveperiode for å gjøre tilbudet mer attraktivt for sluttbruker.

Studier gjort i forbindelse med pilotprosjekter i Europa viser at ved å gjøre forbruker oppmerksom på eget forbruk resulterer i en reduksjon i energietterspørsel på opp mot 15% [18]. 'Smart Metering Guide; Energy Saving and the Customer', en rapport utarbeidet av ESMA, indikerer at ved indirekte tilbakemelding kan man forvente en reduksjon av forbruket i husholdningene

på mellom 0 og 10%. Ved direkte tilbakemelding ser det derimot ut som om forbruket reduseres med mellom 5 og 15%.

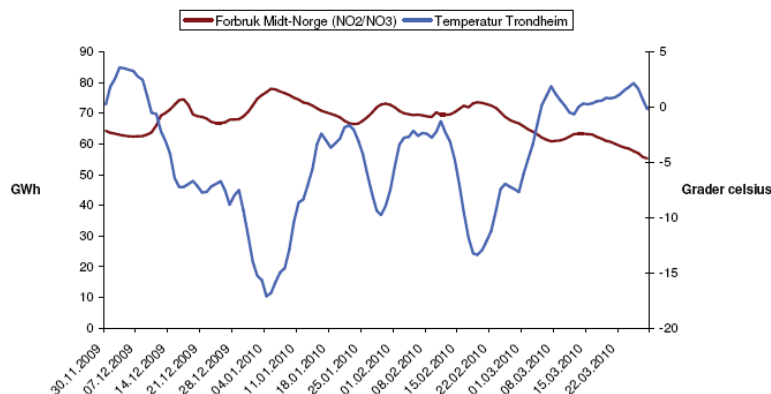
Denne reduksjonen er et resultat av at forbruker tydeligere ser hvor mye energi man til enhver tid konsumerer og er flinkere til å slå av varme og belysning i rom som ikke benyttes. Flere studier har påpekt at kundene har blitt flinkere til å redusere bruken av varmt vann, skru ned romtemperaturen og endre vaner i forbindelse med bruk vaskemaskin o.l. Ved innføring i Norge er det forventet at man kan oppnå en lik effekt i tillegg til at man kan løse noen av de typiske misforståelsene i norsk energibruk. Eksempel på dette er at det fortsatt er mange forbrukere som ikke er oppmerksom på at virkningsgraden på varmepumper synker dramatisk ved temperaturer under -25° , som resulterer i at mye energi går tapt. Innføring av AMS med display kan kanskje gjøre flere forbrukere oppmerksom på dette problemet, men for å oppnå en god effekt av kundedisplay er det helt sentralt at kunde ønsker å endre sine energivaner.

Det å flytte forbruket til tidspunkter på døgnet der kraftprisene er lave, reduserer ikke nødvendigvis den totale energietterspørselen på markedet, men det sprer etterspørselen utover døgnet. Dette reduserer energiutgiftene til forbruker, samt at det letter belastningen på kraftnettet i de periodene som historisk sett er de mest belastede. Kapittel 8.3 omhandler utfordringer og tiltak for å avlaste kraftnettet under høylast.

8.3 Kraftbalanse

8.3.1 Kraftsituasjonen i Norge vinter 2010

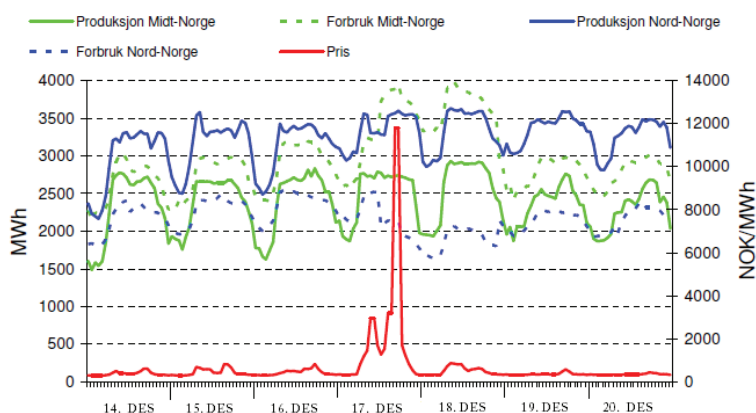
Selv om kraftsituasjonen i Midt- og Nord-Norge (hhv. NO3 og NO4) vinteren 2009-2010 ikke ble vurdert til å være en 'Svært Anstrengt Kraftsituasjon' (SAKS) av Statnett, ble den allikevel ansett som stram. Dette innebærer at Statnett vurderte det dit hen at systemets evne til å takle langvarige feil var begrenset. Ved de temperaturene som disse to prisregionene opplevde i begynnelsen av 2010 er det svært kritisk hvis det oppstår linjeutfall eller feilsituasjoner som begrenser elforsyningen. Figur 19 viser sammenhengen mellom variasjon i temperatur og resulterende energiforbruk i Trondheim vinter 2009-2010.



Figur 19: Sammenheng temperatur og energiforbruk i Trondheim [19].

Ut i fra grafen i figur 19 var det spesielt 2 datoer denne vinteren som markerte seg som relativt kritiske. 17. desember 2009 hadde de fem prisregionene i Norge et samlet energiforbruk på litt over 45000 MWh i høylasttimene kl 17 og 18. I tillegg var den nasjonale produksjonen på rundt 42000 MWh som resulterte i en import av kraft på ca 3000 MWh. Det at det foregår import av kraft ved ulike tidspunkt på døgnet er i utgangspunktet ikke unikt, men det var en serie av hendelser i Norden som gjorde disse to dagene noe uvanlige. Det var ikke bare kjernekraft i Sverige som hadde redusert pro-

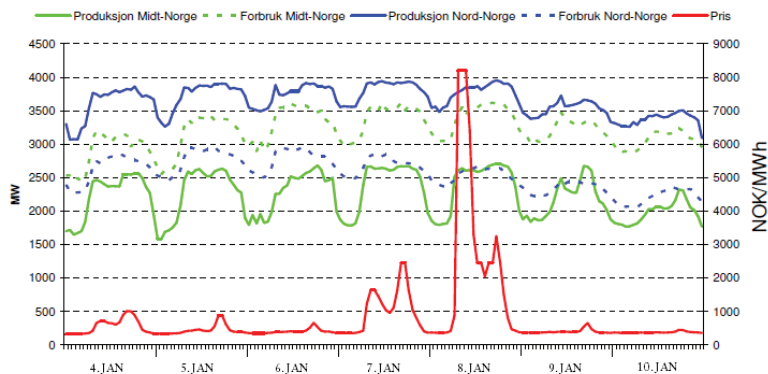
duksjon denne dagen. Redusert produksjon i to kullkraftverk i Danmark, samt problemer med ising i vannkraftverk i Finland og Sverige, bidro alle til et stort frafall i nordisk kraftproduksjon. I tillegg var det flere flaskehals i overføringskablene i Norden denne dagen. Spesielt var det en flaskehals i overføringskabelen mellom Sør-Norge og Danmark i høylastperioden. Resultatet var at Finland og Sverige var nødt til å benytte seg av reservekraft som medførte meget høye strømpriser, opp mot 14 NOK per kWh i Midt-Norge.



Figur 20: Produksjon, forbruk og pris i NO3 og NO4 [19].

8. januar 2010 var på mange måter lik situasjonen kraftmarkedet opplevde 17. desember. Selv om det var vesentlig lavere temperaturer i Midt-Norge denne dagen, var det allikevel noen forskjeller i kraftsituasjonen i høylasttimene. Det var tydelig at industri i regionen hadde tatt lærdom av kraftsituasjonen 17. desember. Eksempel på dette er at Norsk Skog Skogn stoppet en stor maskin i høylasttimene som resulterte i et lavere forbruk i regionen og påfølgende lavere kraftpriser.

Som man kan se ut i fra grafene i figur 20 og 21 er forbruket i Midt-Norge (NO3) høyere enn produksjonen og motsatt for Nord-Norge (NO4). Det ble derfor eksportert noe kraft direkte fra NO4 til NO3, mens størsteparten ble eksportert til Sverige og importert igjen i NO3. I tillegg kan man se at pristoppen 8. januar ligger i høylasttimene fra kl 0800 til 1000 og ikke mellom 1600 og 1800. Grunnen til dette er at produksjonen var noe høyere i begge prisregionene i tidsrommet fra kl 1600 til 1800. Dette viser på mange måter hvor



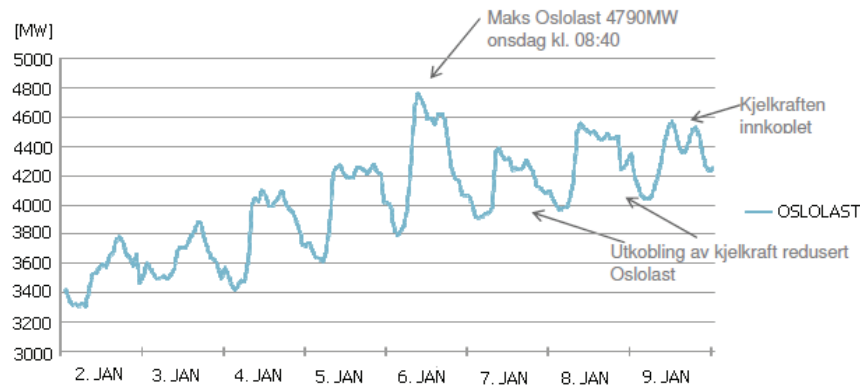
Figur 21: Produksjon, forbruk og pris i NO3 og NO4 [19].

avhengig Midt-Norge er av å importere kraft fra Sverige og Nord-Norge, samt hvor dyrt det var å importere kraft fra Sverige denne dagen.

8.3.2 Forbedringer i kraftbalanse ved innføring av AMS

Det har tidligere blitt nevnt at innføring av AMS kan muliggjøre forhåndsavtalte utkoblinger av last hos husholdninger i høylasttimer. Det å koble ut last for å unngå redusert driftsikkerhet er for så vidt ikke nytt, det ble i flere områder med strenge driftsituasjoner foretatt utkoblinger av last i enkelte perioder i løpet av vinteren 2010. Statnett erfarte at driftsikkerheten ble betydelig forbedret ved å koble ut mellom 5 og 10% av lasten i høylasttimer [19]. I Osloregionen ble 400 MW av lasten redusert ved å koble ut en rekke elektrokjeler som utgjorde om lag 10% av den totale lasten i regionen. Grafen i figur 22 viser resultatet av utkobling av last i enkeltperioder.

Hvis man i likhet kan koble ut deler av last hos kunde er det mulig å oppnå større fleksibilitet i styring av driftsikkerhet. Slik teknikken er i dag vil utkobling av husholdningslast innebære å koble ut deler av distribusjonsnettet. Dette vil slå lite heldig ut da det er vanskelig å prioritere enkelthusholdninger og at kunde ikke nødvendigvis har alternative oppvarmingsmetoder. Hvis derimot alle kundene på en gren i distribusjonsnettet har installert AMS



Figur 22: Oversikt over oslolast i uke 1 og 2, 2010 [19].

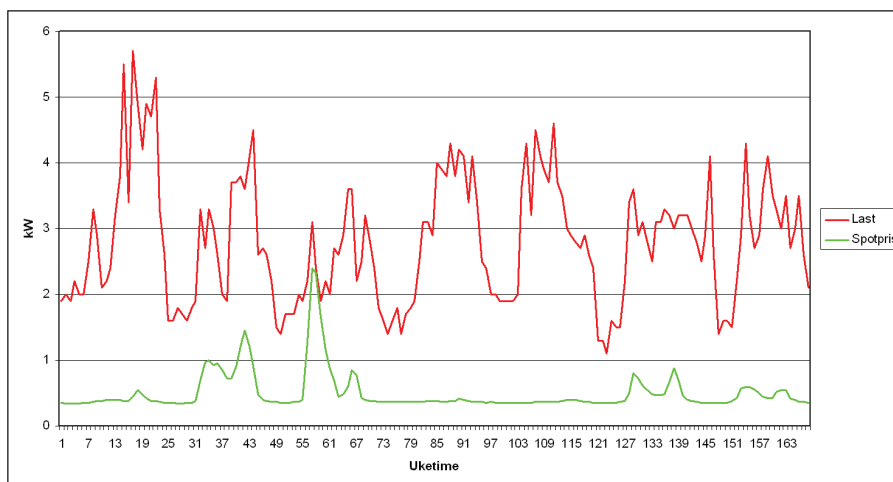
med display vil det være mye enklere å informere, prioritere, samt koble ut enkeltkunder.

Et annet alternativ er å strupe forbruket til kunde ved hjelp av såkalt dynamisk sikringsstørrelse i høylastperioder. Dette er blant annet gjennomført av Vattenfall i Göteborg. Ved å strupe forbruket får kunde fortsatt en viss effekt tilgjengelig slik at denne kan prioritere viktige apparater i husholdningen. Ulempen med dynamisk sikringsstørrelse er at komponentene tar forholdsvis stor plass slik at det i mange tilfeller ikke er plass i eksisterende sikringskap. Følgen av dette er at installasjon kan være relativt kostbart, 200 - 300 NOK ekstra per målepunkt [20]. Kundedisplay kan også få en sentral rolle i forbindelse med dynamiske sikringer. Den avsatte effekten kan på en enkel måte presenteres for sluttbruker slik at denne til en hver tid kan se hvor mye effekt som er tilgjengelig. Det vil være hensiktsmessig med større grad av automatisering i husholdningen ved bruk av dynamiske sikringsstørrelser, da det for sluttbruker vil være vanskelig å fastslå tilgjengelig effekt og begrensninger i bruk av husholdningsapparater. Dette kan løses ved at strømmåleren kommuniserer med, og regulerer, ulike noder i husholdningen. Disse nodene kan eksempelvis være installasjoner som varmtvannstank og panelovner. En slik intelligent bygningsinstallasjon kan for eksempel løses ved bruk av Lon-Works som er utviklet av Echelon. I kapittel 9 er årlig besparelse ved hjelp av dynamiske sikringsstørrelser for en gjennomsnittlig husholdning estimert ved å redusere forbruket med 1 kW i tidsperioden mellom kl 16 og kl 18.

9 Eksempel på energi- og kostnadsreduksjon

Ved å benytte seg av en standard lastprofil [21] for en gjennomsnittlig norsk husholdning kan man ved hjelp av erfaringer fra andre pilotprosjekter, ulike energibesparende teknikker og den historiske variasjonen i spotpris [22], se hvor mye en husholdning kan redusere sine energikostnader. Det er viktig å presisere at kostnadsreduksjonene kun gjelder kostnader knyttet til kraft, nettleie og avgifter kommer i tillegg. Teknikker som er relevante å se innvirkningen av er; AMS med kundedisplay, flytting av last og dynamisk sikringsstørrelse. I tillegg er også et prissignal testet ut for å se om dette kan gi kunde insentiver til å flytte forbruket til andre tider av døgnet.

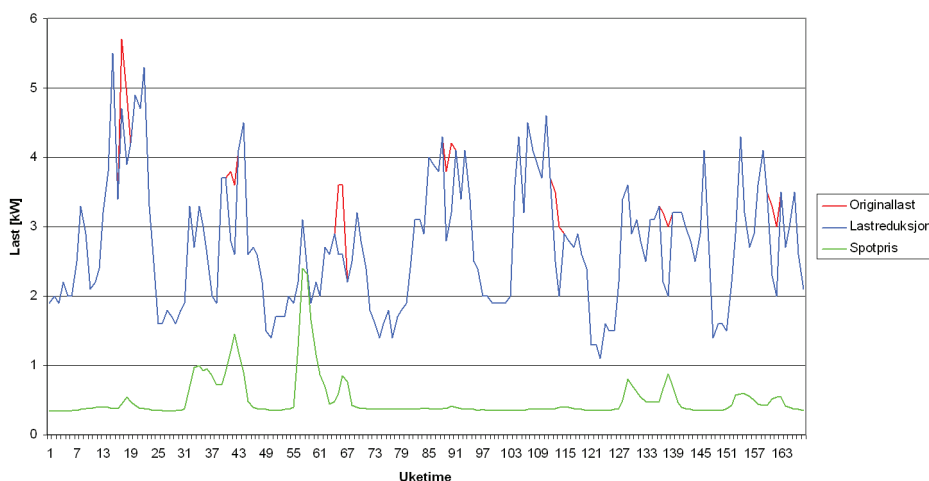
Uten noen form for tiltak kommer det frem av lastprofilen at totalt energiforbruk for en gjennomsnittlig husholdning er på 17273 kWh. Dette energiforbruket medfører en energiutgift på 7135 NOK uten avgifter og nettleie. En oversikt over husstandens last og spotpris i løpet av uke 2 2010 er presentert i figur 23.



Figur 23: Oversikt over last og spotpris uke 2.

9.1 Kostnadsbesparelser ved lastreduksjon i høylasttimer

Det er tidligere nevnt av man ved bruk av AMS med kundedisplay kan forvente at sluttbruker i større grad vil respondere på endring i spotpris og i tillegg åpne for økt bruk av dynamiske sikringsstørrelser. Ved å redusere energiforbruket i lastprofilen i perioden mellom kl 16 og 18 i vinterhalvåret, kan man både estimere besparelser som følge av kundens respons til økt spotpris, samt virkningen av dynamiske sikringsstørrelser. Grunnen til at nettselskap i størst grad ønsker å regulere sikringsstørrelsen i vinterhalvåret er fordi man i denne perioden opplever den største knappheten i kraftforsyningen. I dette eksempelet blir vinterhalvåret definert som perioden fra og med november til og med mars. For å forenkle estimeringen er det antatt at kunde i vinterhalvåret daglig responderer til økte kraftpriser under høylast ved å redusere lasten med 1 kW eller at nettselskap daglig endrer sikringsstørrelsen slik at tilgjengelig effekt synker med den samme verdien. Valget av 1 kW er basert at det tydelig kommer frem fra lastprofilen at en gjennomsnittlig husholdning øker lasten med denne verdien fra kl 16.00, samt at det vil være en overkommelig reduksjon for de fleste husstander. Figur 24 viser sammenlikning mellom originallast og redusert last for husholdningen.



Figur 24: Oversikt over original og redusert last uke 2.

9 EKSEMPEL PÅ ENERGI- OG KOSTNADSREDUKSJON

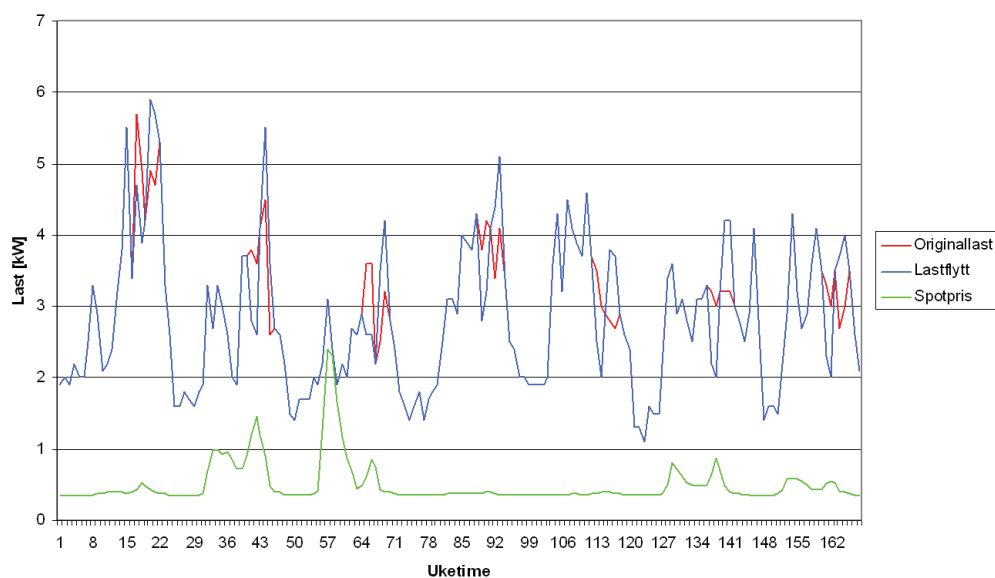
Etter endring av lastprofilen kommer det frem at årlig energiforbruk har sunket til 16971 kWh og energiutgiftene til 6986 NOK. Dette innebærer at implementering av dynamiske sikringsstørrelser og/eller respons til økt spotpris medfører en årlig besparelse på 149 NOK for gjennomsnittshusstanden. En oversikt over besparelser som følge av endring av energiforbruk under høylast er vist i tabell 4.

Tabell 4: Besparelse som følge av endring av forbruk i høylast.

Årlig reduksjon	Prosentvis	Energi [kWh]	Kostnad [NOK]
Dynamiske sikringer (-1kW)	0,98%	302	149
Respons til økt spotpris (-1kW)	0,98%	302	149
Flytting av last	0%	0	13

9.2 Kostnadsbesparelser som følge av flytting av last

Ved å flytte 2 kW fra høylastperioden til et tidspunkt på døgnet der kraftprisene er lavere, kan man sette opp en modifisert lastprofil og påfølgende reduksjon i kraftkostnader. I den modifiserte lastprofilen er lasten flyttet til tidsperioden mellom kl 19 og 21. Figur 25 viser sammenhengen mellom originallast, den nye lastprofilen og spotpris.



Figur 25: Oversikt over original og ny lastprofil uke 2, 2010.

Flytting av last medfører ikke reduksjon i årlig energiforbruk, men ut i fra regnearket kan man se at de årlige energikostnadene har sunket til 7122 NOK. Dette er en marginal endring fra standardoppsettet, som medfører at husholdningen kun kan medregne en årlig reduksjon i energikostnader på 13 NOK. Det er forventet at denne reduksjonen kan økes noe ved å flytte last til natten i stedet for kvelden, men ikke nok til at det vil utgjøre en nevneverdig reduksjon av husholdningens totalutgifter, eller alene forsvare installasjon av AMS. Det er viktig å presisere at en eventuell introduksjon av tidsvariabel nettariff er forventet å gi ytterligere gevinst for sluttbruker.

9.3 Kostnadsbesparelser som resultat av prissignal

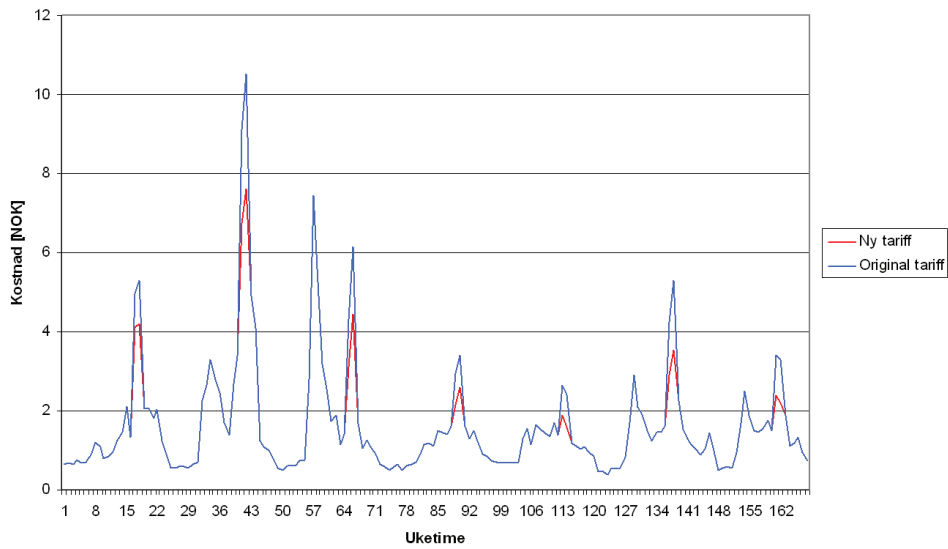
Ved å innføre Intelliekons 'happy hours' tariff som gir sluttbruker insentiver til å redusere last i høylasttimene, eller flytte last til prisgunstigere tidspunkter, kan man estimere årlige kostnadsbesparelser for husholdningen. I estimatet er tariffen noe forenklet, der spotprisen under høylast i tidsperioden mellom kl 16 og 18 er fordoblet, samt at sluttbruker responderer med å kutte 1 kW av lasten. Tabell 5 viser forventet reduksjon av årlige energikostnader ved innføring av ny tariff.

Tabell 5: Besparelse som følge av ny tariff.

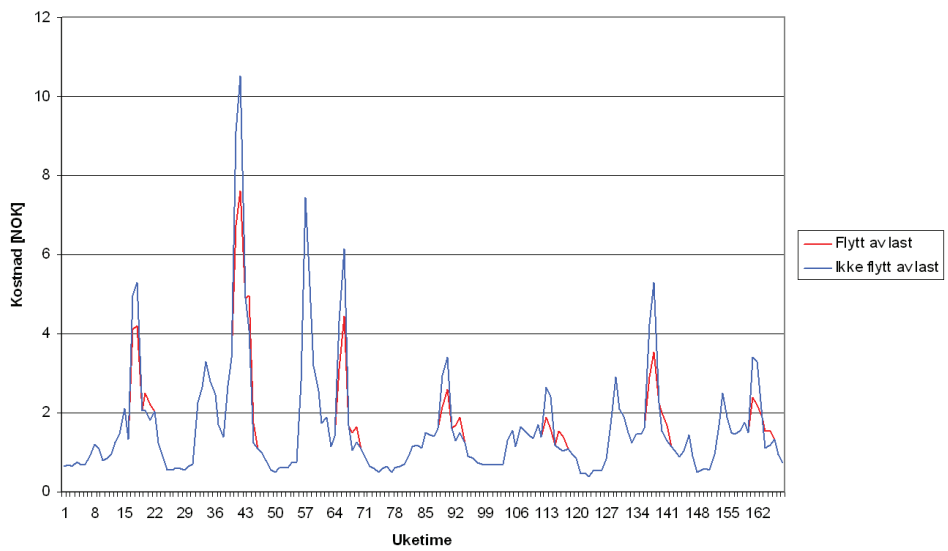
Årlig reduksjon	Prosentvis	Energi [kWh]	Kostnad [NOK]
Respons til økt spotpris (-1kW)	0,98%	302	298
Flytting av last	0%	0	187

Som man kan lese ut fra tabellen gir den nye tariffen vesentlig høyere kostnadsbesparelser og vil muligens være en god metode for å gi kunder insentiver til energibesparelse. Intelliekons formål med 'happy hour' var nettopp å motivere kunder til å flytte last og virkningen er tydelig, ved å flytte last 2 timer frem økte sluttbrukerens årlige besparelser med 187 NOK i forhold til originaloppsettet. Figurene 26 og 27 viser hhv. kostnadsbesparelser i løpet av en uke ved reduksjon av last under høylast og flytting av last med den nye tariffen.

9 EKSEMPEL PÅ ENERGI- OG KOSTNADSREDUKSJON



Figur 26: Kostnadsbesparelser ved reduksjon av last.



Figur 27: Kostnadsbesparelser ved flytting av last ved ny tariff.

9.4 Årlig gjennomsnittlig besparelse med display

Ved å benytte resultater fra pilotprosjektet til Hydro One og studier gjort innenfor AMS, kan man sette opp en tabell med forventet kostnadsreduksjon for en gjennomsnittlig norsk husstand basert på forventet årlig energireduksjon ved bruk av AMS med kundedisplay (tabell 6).

Tabell 6: Besparelse som følge av kundedisplay.

Årlig Reduksjon	Prosentvis	Energi [kWh]	Kostnad [NOK]
Ikke romoppvarming, men til varmtvann	16%	2763	1141
Mest optimistisk reduksjon ifølge studier	15%	2591	1070
Ikke romoppvarming med strøm	8%	1382	570
Ikke romoppvarming og ikke varmtvann	5%	863	357
Minst optimistisk reduksjon ifølge studier	5%	863	357
Romoppvarming og varmtvann	1%	173	71

9.5 Konklusjon energibesparende tiltak

Det kommer tydelig frem fra resultatene at det ikke direkte er mye å spare for en husholdning ved kun å regulere tilgjengelig effekt eller redusere last ved prisøkning. Det samme kan også sies for flytting av last. Det er allikevel viktig å ha i tankene at hvis et stort antall husholdninger reduserer eller flytter last vil dette føre til mindre etterspørsel i markedet og påfølgende lavere spotpris. I følge NVE og Statnett utgjorde ikke den finske og svenske reservekraften så stor andel av den totale kraftproduksjonen, slik at selv en liten reduksjon i forbruk ville resulterte i en mye bedre kraftbalanse og følgelig vesentlig lavere kraftpriser. På bakgrunn av dette er derfor rimelig å anta at besparelsene kan være noe høyere i praksis enn det som er estimert i denne studien.

Det er også tidligere blitt antydnet at man ved aktiv bruk av AMS med display og korrekte prissignaler kan oppnå en reduksjon av energiforbruk opp mot 15%. Resultat fra pilotprosjektet til 'Hydro One' i Canada viste imidlertid at husholdninger med elektrisk oppvarming kun reduserte sitt en-

ergiforbruk med 1%. For en gjennomsnittlig norsk husholdning med bruk av elektrisitet som eneste oppvarmingsmetode betyr dette en årlig reduksjon på 173 kWh. For enkelthusholdningen vil ikke denne reduksjonen være spesielt utslagsgivende totaløkonomien, men en slik reduksjon ganget med 2,5 millioner målepunkt vil utgjøre en merkbar reduksjon i energietterspørsel, omlag 0,5 TWh eller 0,37% av årlig norsk produksjon. Hvis man ser på de mest optimistiske resultatene fra utenlandske pilotprosjekter, med en forventet gjennomsnittlig reduksjon på opp mot 15%, kan dette utgjøre 7,5 TWh eller 5,5% av produksjonen. Selv med den laveste forventede reduksjonsprosenten basert på pilotstudier gjort i utlandet og estimat fra lastprofil, er dette anslaget muligens noe optimistisk, men det gir en pekepinn på hvilke nasjonale energibesparelser man kan oppnå med AMS med display.

Tabell 7: Kostnadsbesparelse som følge av energibesparende tiltak.

Årlig Reduksjon	Prosentvis	Energi [kWh]	Kostnad [NOK]
Ikke romoppvarming, men til varmtvann	16%	2763	1141
Mest optimistisk reduksjon ifølge studier	15%	2591	1070
Ikke romoppvarming med strøm	8%	1382	570
Ikke romoppvarming og ikke varmtvann	5%	863	357
Minst optimistisk reduksjon ifølge studier	5%	863	357
Romoppvarming og varmtvann	1%	173	71
Respons til økt spotpris	0,98%	302	149
Respons til økt spotpris v/ny tariff	0,98%	302	298
Flytting av last to timer frem	0%	0	13
Flytting av last to timer frem v/ny tariff	0%	0	187

Hvis man kun ser på kost/nytte av AMS med kundedisplay hos enkeltkunde er det tydelig at dette vil variere sterkt med hvordan elektrisk energi blir benyttet i husholdningen og i hvilken grad kunde ønsker å legge om sine energivaner. I noen husholdninger vil det nok ikke være lønnsomt å installere AMS med display, men kostnadene kan derimot forsvares med at man totalt sett minker etterspørselen, og som følge av dette, knapphet i kraftsystemet. Dette kan gi store besparelser i forbindelse med redusert behov for nye overføringslinjer, både regionale og lokale, i tillegg til reduksjon av import av dyr reservekraft fra Sverige.

Grunnet dokumentstørrelsen er de ulike lastprofilene vedlagt på CD-ROM.

10 Konklusjon

Det har i denne studien blitt vist at det foreligger et potensiale innenfor reduksjon av energiforbruk i norske husholdninger. Det er derimot store variasjoner i hvor mye energi man kan forvente at de ulike husholdningene vil kunne redusere. Det har blitt vist at ved et pilotprosjekt i Canada oppnådde kunder som benyttet elektrisitet til oppvarming kun en energireduksjon på 1%. Da store deler av norske husholdninger benytter elektrisk oppvarming er det forventet at man per dags dato vil se en liknende reduksjon her til lands. Allikevel er det en gradvis økning av husholdninger som blir tilkoblet vannbåren varme og installerer alternative oppvarmingskilder. Pilotprosjekt i utlandet har også vist at kunder med alternative oppvarmingsmetoder kan redusere sitt energiforbruk opp mot 15% ved bruk av AMS med kundedisplay.

Det har også blitt vist ved hjelp av en standard lastprofil at en gjennomsnittlig norsk husholdning kan forvente en marginal reduksjon av årlige energikostnader ved reduksjon av forbruk i høylasttimer og regulering av sikringsstørrelse. Kunde kan ved disse tiltakene forvente en årlig reduksjon av energiforbruk på 0,98%. Da både kunder og nettselskap ser på en betydelig utgift i forbindelse med utrulling av full skala AMS med display, vil ikke denne reduksjonen i energiforbruk alene kunne forsvare kostnaden ved installasjon.

Kunder må ta hele eller deler av regningen for installasjon av AMS via nettleien, mens nettselskap må medregne en årlig utgift på 1,3 milliarder kroner som følge av økte utgifter i forbindelse med utbygging, drift og vedlikehold. I tillegg er det samfunnsøkonomiske aspektet ved utbyggingen blitt diskutert i denne studien, der enkelte instanser hevder at besparelse av én kWh ved innføring av AMS er ti ganger så kostbart som oppgradering av én kWh ved eksisterende kraftverk. På den andre siden er AMS med display fremtidsrettet og er en kostnad det norske samfunnet er nødt til å ta for å ikke bli akterutseilt i det europeiske kraftmarkedet.

Det vil være hensiktsmessig at nettselskap tilbyr sine kunder display til subsidierte priser og med en prøveperiode. Dette fordi man fra pilotprosjekter i utlandet har sett at kunder vegrer seg for å investere i display, samtidig som

at en betydelig andel slutter å bruke displayet etter en viss tid. Kundedisplayet må støtte dynamiske priser for å oppnå en større interaksjon mellom kunde og kraftmarked, dette for å øke elastisiteten på sluttbrukersiden. Hovedinformasjonen på displayet må være oversiktlig og kunde må kunne få presentert historiske data i tillegg til aktuelt forbruk. Pilotprosjekt utført i Storbritannia har vist at kunder er opptatt av hvor mye de sparer i kroner og øre, dette bekrefter behovet for dynamiske priser og at kostnadsinformasjon må ha en sentral rolle i displayets funksjonalitet.

Fordelene med innføring av AMS med display har mange fasetter. Det har blitt vist i studien at man ved dynamiske priser og velfungerende prissignaler kan oppnå en reduksjon i last i de periodene av døgnet som normalt er de mest belastede. I tillegg kan nettselskap i mye større grad kunne styre last hos sluttbrukere for å unngå knapphet i kraftsystemet. AMS med display er også et viktig steg i utviklingen av 'smart grid' der nettselskap kan innhente informasjon om nettets tilstander i mye større grad enn i dag.

Det har også blitt vist ved hjelp av en standard lastprofil at Intelliekons 'happy hour' gir en vesentlig større reduksjon i sluttbrukers årlige energikostnader ved flytting av last. Uten den nye tariffen sparte kunde kun 13 NOK, mens med tariffen økte besparelsen til 187 NOK. Det kan derfor være hensiktsmessig for kraftselskap å adoptere denne tariffen for å gi kunde insentiver til energisparing ved innføring av AMS med kundedisplay i Norge. Hvis AMS med display hadde vært installert i husholdninger i Midt-Norge under periodene med høy import av reservekraft fra Sverige, er det forventet at etterspørselen hadde gått ned og kraftprisene holdt seg til normale verdier. Det er tidligere nevnt at AMS med display også vil føre til en prosentvis årlig reduksjon i kraftetterspørsel. Dette er et viktig steg i å oppnå et mer energieffektivt og bærekraftig samfunn der kraftkunder i mye større grad er bevisste på energiforbruk i egen bolig. For å følge videreutviklingen av AMS henvises det til prosjektet 'Miljøgevinst ved velfungerende AMS i full skala' som utføres ved SINTEF energi [23].

11 Videre Arbeid

Videre arbeid vil være å iverksette installasjon av kundedisplay i et utvalg av norske husholdninger for å avdekke om resultater fra pilotprosjekter utført i utlandet er overførbare til norske forhold. Dette vil også inkludere intervju av deltagerne for å høste erfaringer for videre utbygging av AMS med kundedisplay. I tillegg vil det være sentralt å avdekke om kunde har endret sine energivaner og om kunde har økt sin respons ved endring i kraftpris.

Referanser

- [1] *Regjeringen, Politisk plattform for flertallsregjeringen*, 2009
- [2] *NVE, Oppsummering om Tilleggshøring om AMS*, 2009
- [3] *Pöyry, Utveksling av informasjon ved innføring av AMS*, 2010
- [4] *J&S Hybrid Life*, <http://www.js-hybridlife.com/products/smart-meter.html>
- [5] *SSB, Internettmåling 2. kvartal 2010*, <http://www.ssb.no/vis/emner/10/03/inet/main.html>
- [6] *EPRI v/B. Neenan, Residential Electricity Use Feedback: A Research Synthesis and Economic Framework* 2009,
- [7] *SINTEF v/Kjell Sand, Forelesningsnotat i Langsomme Spenningsvariasjoner*
- [8] *First-Utility*, <http://www.first-utility.com/home-energy/google-powermeter>
- [9] *University of Cambridge, Smart Metering and Electricity Demand*, 2009
- [10] *SSB v/T. Bye, Pris- og inntektselastisiteter for husholdningenes etterspørsel etter elektrisitet*, 2004
- [11] *NVE, Forbrukerfleksibilitet i det norske kraftmarkedet*, 2006
- [12] *SINTEF Energi v/ Silke Van Dyken og Hanne Sæle, Miljøgevinst AMS*, 2010
- [13] *Franklin Energy, Residential Energy Use Behavior Change Pilot*, 2009
- [14] *Energy Saving Trust, The Smart way to display*, 2009
- [15] *ESMA, Annual Report on the Progress in Smart Metering*, 2009
- [16] *SSB, Energiforbruk per husholdning*, 2006, <http://www.ssb.no/husenergi/main.html>

- [17] NVE, *Naturgass - En generell innføring*, 2004, <http://www.nve.no/no/om-nve/publikasjoner/nve-publikasjoner-arsserier/publikasjoner-2004/rapport-2004/>
- [18] ESMA, *Smart Metering Guide; Energy Saving and the Customer*, 2010
- [19] NVE, *Vinterens kraftsituasjon 2009 - 2010*, 2010
- [20] SINTEF v/Ingeborg Graabak, *Funksjonsbeskrivelse full-skala utbygning av AMS*, 2008
- [21] SINTEF v/Hanne Sæle, *Standard Lastprofil for norsk husholdning*, 2003
- [22] NORD POOL, *Systempriser 2009/2010*
- [23] SINTEF, *Miljøgevinst ved velfungerende AMS i full skala*, www.sintef.no/m-ams

12 Vedleggsoversikt

1. Liste over forkortelser.
2. CD-ROM med modifiserte lastprofiler.

1. Liste over forkortelser.

AMS: Avanserte Måle- og Styringsssystem
ESMA: European Smart Metering Alliance
GPRS: General Packet Radio Service
GW: Gigawatt
kW: Kilowatt
kWh: Kilowatt-time
MW: Megawatt
MWh: Megawatt-time
NOK: Norske Kroner
NTNU: Norges Teknisk Naturvitenskaplige Universitet
NVE: Norges Vassdrags- og Energidepartement
SAKS: Svært Anstrengt Kraftsituasjon
SMUD: Sacramento Municipal Utility District
SSB: Statistisk Sentralbyrå
TW: Terrawatt
TWh: Terrawatt-time
3G: Tredje generasjons mobiltelefoni