

Hvordan varierer timeforbruket av strøm i ulike sektorer?

Torgeir Ericson og Bente Halvorsen

Størrelsen på forventet forbruk i topplasttimer er av stor betydning i planleggingen av kapasitetsbehov for overføring og produksjon i kraftmarkedet. Denne artikkelen beskriver timeforbruket for ulike kundegrupper innen alminnelig forsyning over døgnet, uken og året. Dataene viser at effekttoppene mest sannsynlig opptrer om morgenen på kalde ukedager mellom klokken 8 og 10, for da har både husholdnings- og næringskundene en felles forbrukstopp. Ved å tilby tidsdifferensierte strøm- og nett-tariffer kan toppbelastninger reduseres.

Innledning

I planleggingen og reguleringen av kapasitet i elektrisitetssystemet er det viktig med kunnskap om kortsiktige variasjoner i forbruket av elektrisitet i ulike kundegrupper. Det er først og fremst toppene i totalforbruket som bestemmer kapasitetsbehovet, både i produksjon og overføring av kraft. Det er også viktig med detaljert informasjon om forbruket for å kunne ta gode beslutninger om iverksetting av effektiviseringstiltak i ulike sektorer. Enova og andre energirådgivningskonsulenter har derfor behov for detaljert informasjon om forskjeller i forbruksmønsteret over tid i ulike kundegrupper for å kunne konsentrere innsatsen der tiltakene kaster mest av seg.

Vi vet dessverre relativt lite om variasjonen mellom ulike kundegrupper i kortsiktige variasjoner i elektrisitetforbruket.¹ Det meste av informasjonen som finnes om forbruket er knyttet til årsforbruk i ulike sektorer. Denne mangelen på informasjon gjør det vanskeligere å lage gode prognoser for kapasitetsbehovet. Mindre usikkerhet rundt slike prognoser kan gjøre at sikkerhetsmarginen ved beregningen av kapasitetsbehovet blir mindre, slik at andelen investeringer som i ettertid viser seg å være unødvendige kan reduseres. Gode og detaljerte prognoser over forbruksutviklingen er også viktig for å vurdere effektiviteten av ulike tiltak, for eksempel om man bør satse på økt kapasitet eller tiltak for å stimulere sluttbrukere til å flytte forbruk fra topplasttimer til andre tider på døgnet.

Hovedformålet med denne artikkelen er å øke kunnskapen om kortsiktige variasjoner i strømforbruket for ulike kundegrupper i alminnelig forsyning ved å beskrive hvordan timeforbruket varierer over døgnet,

Torgeir Ericson er forsker ved Gruppe for klima- og energioekonomi (toe@ssb.no)

Bente Halvorsen er seniorforsker ved Gruppe for klima- og energioekonomi (btl@ssb.no)

uken og året. Alminnelig forsyning er en sammensatt gruppe bestående av fire sektorer; husholdningskunder og næringskunder innen primær-, sekundær-, og tertiærnæringene. Analysene er basert på måldata fra timemålte kunder hos Skagerak Nett i 2006. Datasettet inneholder 3886 bedriftskunder og 3 930 enkeltmålte husholdninger. På bakgrunn av forbrukskurver diskuteres når man kan forvente forbrukstopper og bruk av mulige virkemidler for å unngå kapasitetsproblemer i topplasttimer. En nærmere beskrivelse av data og analysene er gitt i Ericson og Halvorsen (2008).

Forbrukskurver i ulike kundegrupper

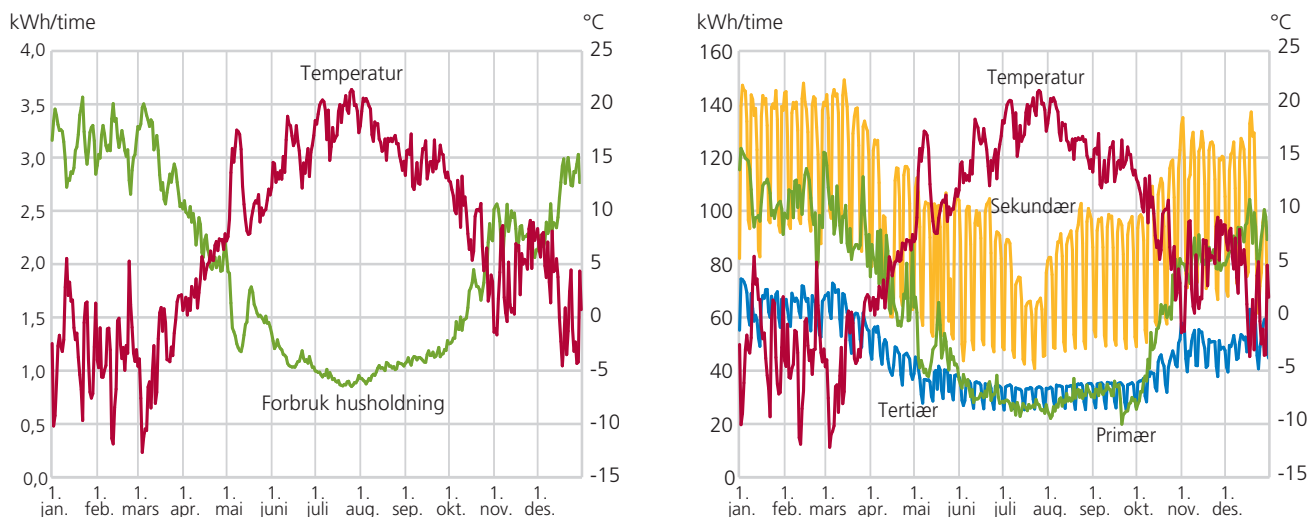
Variasjon i strømforbruket over året

Figur 1 viser hvordan gjennomsnittlig døgntemperatur og gjennomsnittlig døgntemperatur varierte over året. Vi har delt figuren i to; en for husholdninger og en for næringskunder. Av figuren ser vi at det er stor variasjon i gjennomsnittlig døgntemperatur i husholdningene over året, og at det er en sterk negativ korrelasjon mellom gjennomsnittlig utetemperatur og gjennomsnittlig døgntemperatur (korrelasjonskoeffisient på $\approx -0,97$). For eksempel resulterte den varme perioden i begynnelsen av mai 2006 i en kraftig reduksjon i elektrisitetforbruket.

For næringskundene ser vi av figuren at gjennomsnittlig døgntemperatur er høyest for bedrifter i sekundærnæringene og lavest i de tjenesteytende næringene, med unntak av midt på sommeren når primærnæringene har lavere forbruk. Vi ser også at forbruket i sekundær- og tertiærnæringene varierer kraftig over uken ved at helgeforsbruket er lavt i forhold til ukedagene. Variasjonen i primærnæringene ser ikke ut til å ha like klare ukemessige svingninger, men ser snarere ut til å følge temperatursvingningene svært tett. Siden en stor andel av strømforbruket i primærnæringene trolig går til oppvarming av tilholdssted for dyr, er det rimelig at det er en nær sammenheng mellom temperatur og strømforbruk. De andre næringene følger ikke temperatursvingningene så tett, selv om det er klare sesongmessige variasjoner i forbruket.

¹ Vi vet hvordan den totale produksjonen svinger på kort sikt, men vi vet ikke hvilke kundegrupper som bidrar til variasjonene i forbruket.

Figur 1. Gjennomsnittlig døgnforbruk og døgntemperatur over året for husholdnings- og næringskunder. 2006. kWh/time, °C



Kilde: Skagerak Nett, Metrologisk institutt.

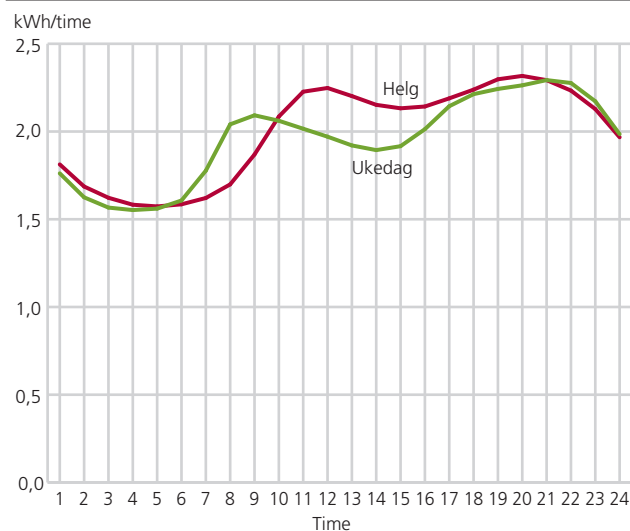
Variasjon i strømforbruket over døgnet

For å få et bedre bilde av forskjellene i forbruksmønstret mellom uke og helg, viser vi i figur 2 forskjellen i gjennomsnittlig timeforbruk over døgnet for husholdningskundene. Husholdningene har to forbrukstopper og bruker mest strøm om morgenen og kvelden. Husholdningene står senere opp i helgene, og reduksjonen i forbruket midt på dagen er lavere i helgene sammenlignet med en gjennomsnittlig ukedag.

Figur 3 viser gjennomsnittlig timeforbruk over døgnet for hele året i henholdsvis ukedager og helgedager for næringskundene.

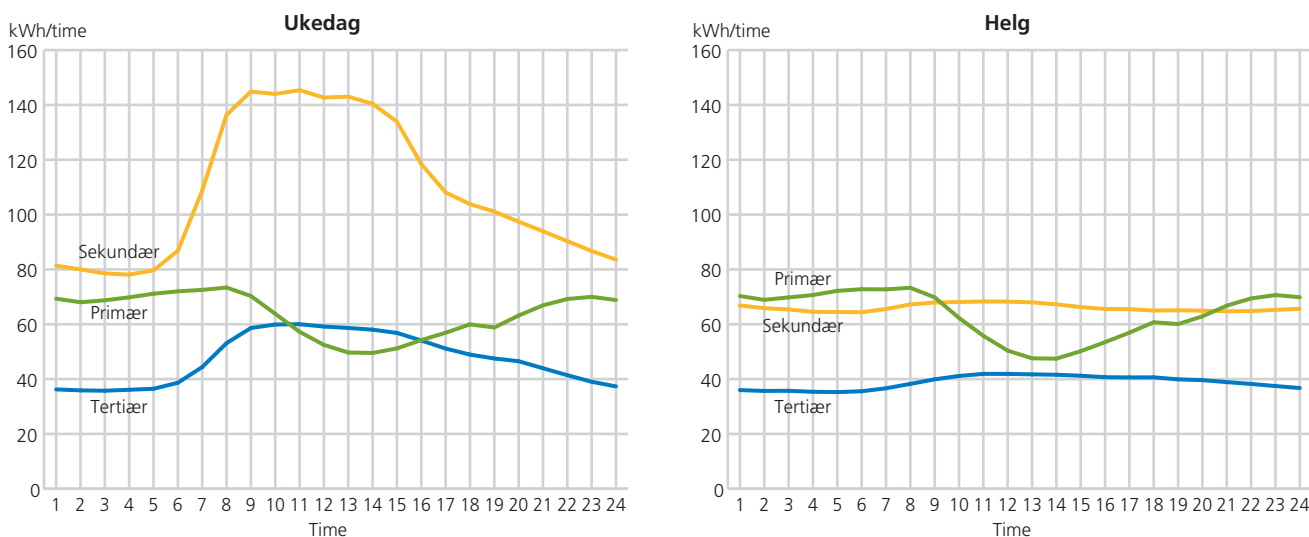
Vi ser av venstre side i figur 3 at i sekundærnæringene starter arbeidsdagen omtrent samtidig som tertiærnæringene, og har en forbrukstopp i time 9. Forbruket i sekundærnæringene er størst og varierer mest målt i kWh per time. Også i denne figuren ser vi at primærnæringene har klart avvikende forbruksmønstre fra de andre

Figur 2. Gjennomsnittlig timeforbruk over døgnet i ukedager og helger. kWh/time



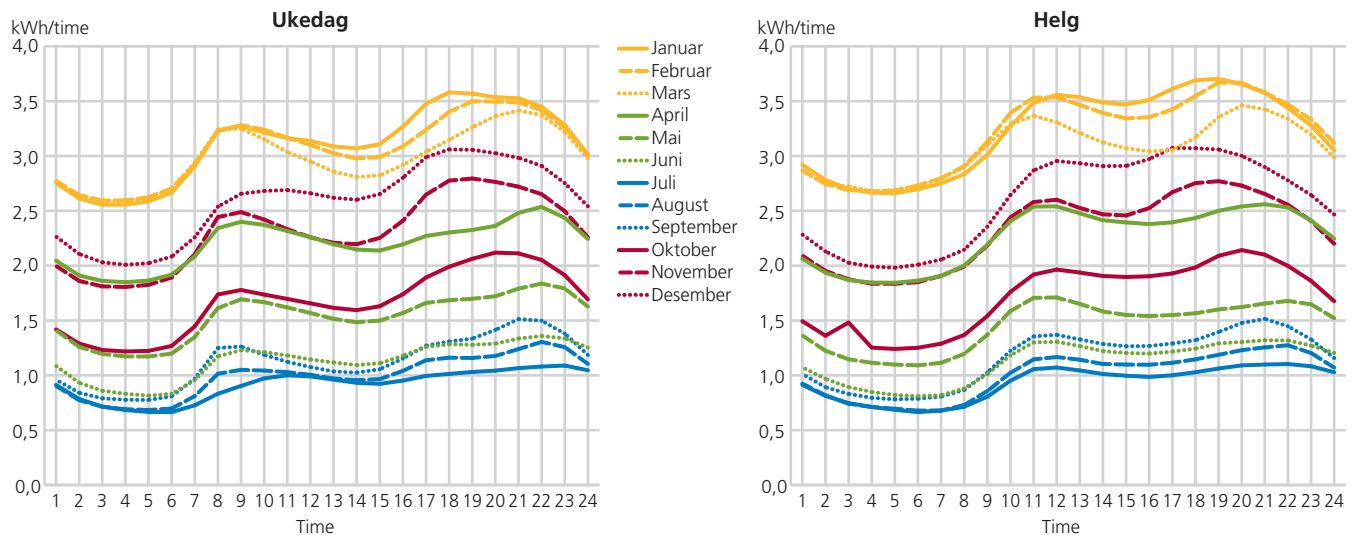
Kilde: Skagerak Nett.

Figur 3. Gjennomsnittlig timeforbruk over døgnet i ukedager og i helgene for kunder i primær-, sekundær- og tertiærnæringene. kWh/time



Kilde: Skagerak Nett.

Figur 4. Gjennomsnittlig timeforbruk for husholdningskunder over døgnet i ukedager og i helgene. kWh/time



Kilde: Skagerak Nett.

sektorene, siden dagsforbruket er lavere enn nattforbruket. Gjennomsnittlig timeforbruk i helgen er ganske flatt både for sekundær- og tjenesteytende næringer, mens primærnæringene har den samme variasjonen over døgnet som i ukedagene.

Variasjon i døgnprofilene over året

Så langt har vi sett på gjennomsnittsfbruket i en time over alle ukedager og helgedager gjennom hele året. Det er imidlertid rimelig å anta at døgnprofilen endres over året, ettersom behovet for oppvarming og belysning endres med sesongene. Det innebærer at belastningen på nettet også vil variere over døgnet og året. Dette er illustrert i figur 4 for husholdningskunder.

Husholdningene har sitt høyeste forbruk på ettermiddag og kveld i alle årets måneder for ukedager og helger. Tidspunktet for morgentoppen ligger stort sett i time 9 over hele året (time 8 og 10 er dog ikke så mye mindre), mens ettermiddagstoppene varierer avhengig av årstiden (fra time 18 i januar til time 23 i juli). Ettermiddagstoppene er noe høyere enn morgentoppene, men ikke mer enn ca 10 prosent høyere i den kaldeste januar måneden. Forbruksnivået er høyere over vinteren enn om sommeren, ettersom behovet for oppvarming er større. Antall timer mellom morgen- og kveldstoppen i forbruket øker utover våren. Det er rimelig å anta at dette har sammenheng med at behovet for belysning og oppvarming reduseres på våren og sommeren. Det er også en tendens til at variasjonen i forbruket er mindre om sommeren enn om våren.

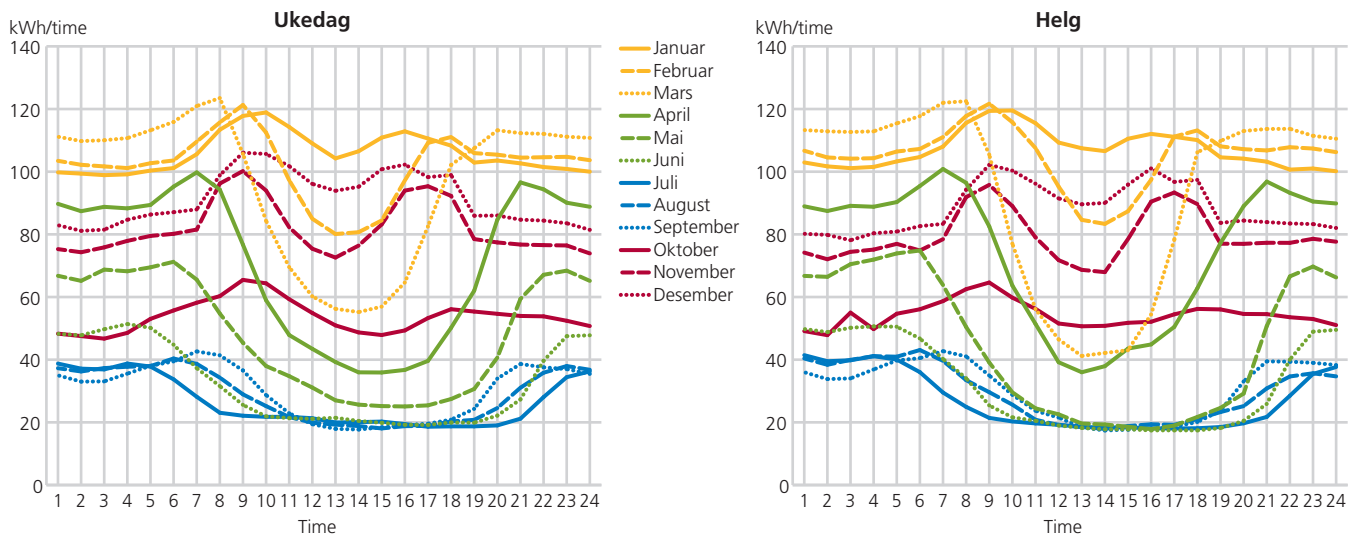
Figurene 5-7 viser hvordan gjennomsnittlig timeforbruk over døgnet i ukedager og helger varierer fra måned til måned for primær-, sekundær- og tertiærnæringene. Figur 5 viser variasjonen i døgnforbruket i primærnæringene. Vi ser at forbruksmønsteret over året varierer mye i denne sektoren. I de kaldeste månedene er nattforbruket høyt, og det er mindre forskjell mellom natt- og dagforbruk etter hvert som vi kommer ut på våren. Da blir forskjellen i forbruk over døgnet

større ettersom temperaturvariasjonen over døgnet øker. Nattforbruket synker også gradvis utover våren ettersom behovet for oppvarming reduseres. Vi ser to forbrukstopper som trolig skyldes morgen- og ettermiddagsstellet av dyr. Dette tyder på at strømforbruk i primærnæringene i stor grad er drevet av stell og oppvarming av areal for husdyrhold. Et interessant trekk er at antall timer mellom morgen- og kveldstoppen øker ut over våren med lengden på dagene og reduksjonen i behovet for oppvarming. På sommeren er nattforbruket og differansen mellom natt og dag lavest, og avstanden mellom morgen- og kveldstoppen lengst. Sammenligner vi forbruksmønsteret i helgene med forbruksmønsteret i ukedagene er det liten forskjell, som forventet, i og med at store deler av forbruket går til oppvarming og at dyrestellet også gjøres i helgene.

Figur 6 viser sekundærnæringenes gjennomsnittlige timeforbruk over døgnet for ukedager og helger i ulike måneder. Forbruket er høyest i de kalde vintermånedene, men variasjonen i forbruket over døgnet ser ut til å følge samme mønsteret hele året. Forbruket er klart lavere på natten, for så å stige raskt når produksjonen starter. Deretter faller forbruket utover kvelden når produksjonen har opphørt. Det er en klar reduksjon i forbruket i juli, under fellesferien, hvor forbruksnivået er lavere enn i de andre varme månedene, men har den samme forbruksprofilen. Sammenligner vi døgnprofilen i ukedagene med døgnprofilen i helgene for sekundærnæringene, ser vi at forbruksmønsteret endrer seg mye og er tilnærmet flatt i helgene. Det indikerer at det foregår lite produksjon i disse næringene i helgen. Forbruksnivået er høyest i de kalde månedene, middels på høsten og våren, og lavest ettersom oppvarmingsbehovet reduseres. Det indikerer at helgeforbruket i stor grad er styrt av behovet for oppvarming og «stand by»-forbruk.

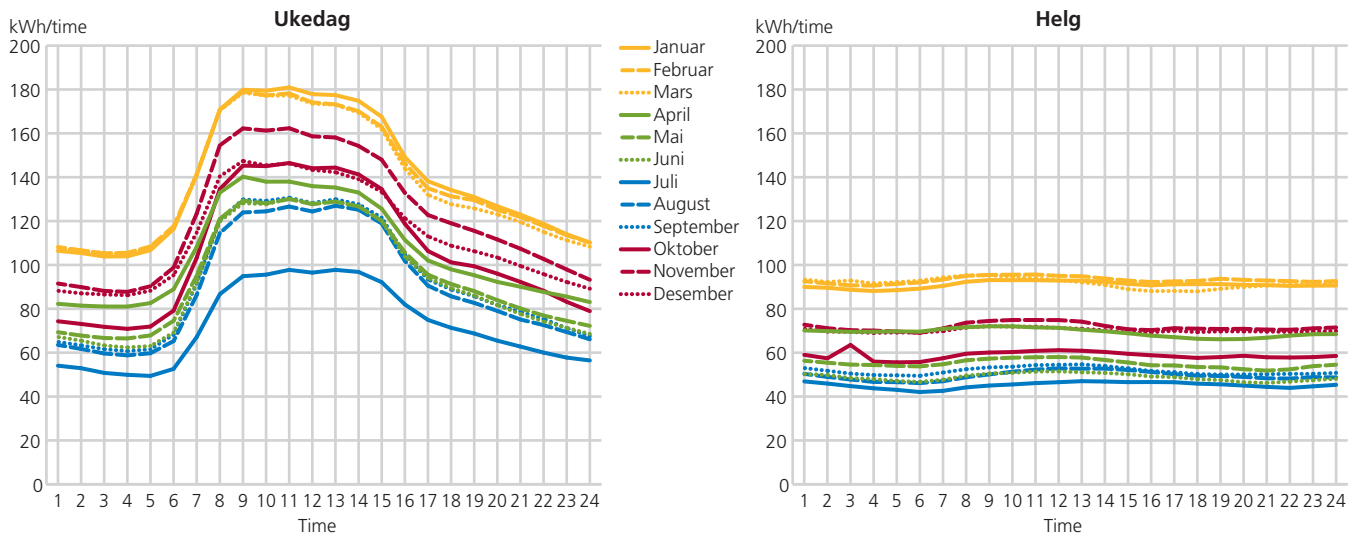
Figur 7 viser gjennomsnittlig timeforbruk for tertiærnæringene for henholdsvis uke- og helgedager fordelt på ulike måneder. Forbruksmønsteret over døgnet på

Figur 5. Gjennomsnittlig timeforbruk for primærnæringene over døgnet i ukedager og i helger. kWh/time



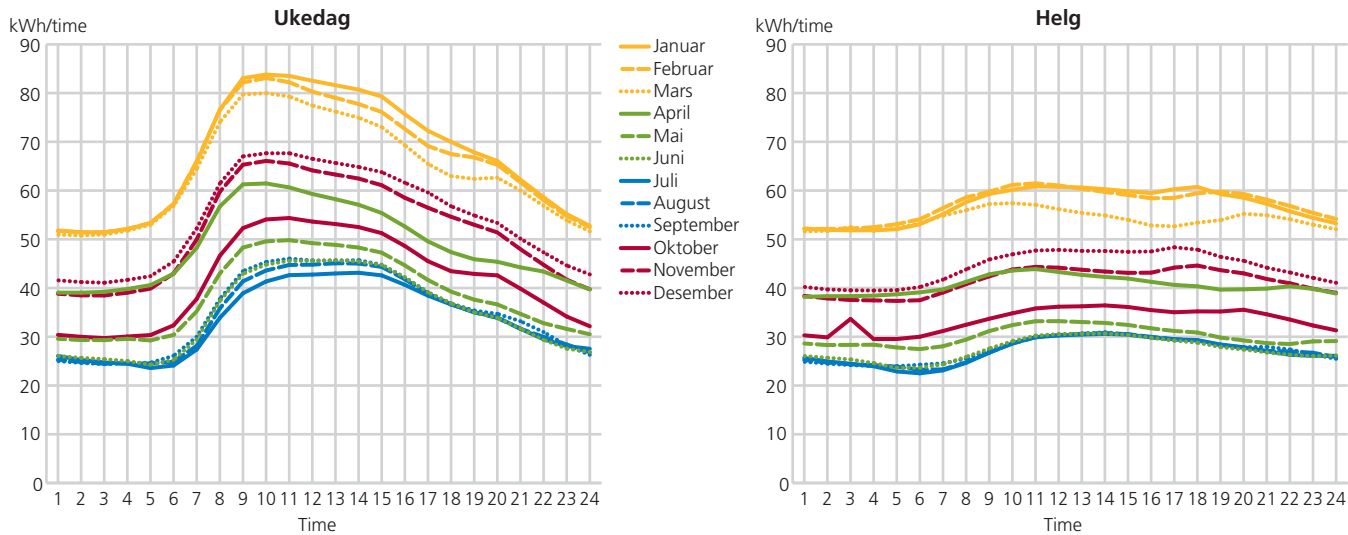
Kilde: Skagerak Nett.

Figur 6. Gjennomsnittlig timeforbruk for sekundærnæringene over døgnet i ukedager og helgene. kWh/time



Kilde: Skagerak Nett.

Figur 7. Gjennomsnittlig timeforbruk for tertiærnæringer over døgnet i ukedager og i helgene. kWh/time



Kilde: Skagerak Nett.

ukedagene har tilnærmet samme form over hele året i de tjenesteytende næringene, men forbruksnivået er høyere i de kalde vintermånedene. I helgene er variasjonen over døgnet langt mindre, og nivået er høyest i de kalde vintermånedene.

Oppsummering og diskusjon

Det løpende timeforbruket (målt i kWh per time) er langt lavere i husholdningene enn hos næringskundene. Temperaturfølsomheten er sterkest hos husholdningene og kundene i primærnæringene, men også for andre næringskunder ser forbruket ut til å avhenge av utetemperatur.

Primærnæringene skiller seg ut på mange måter. De bruker relativt mye strøm om natten, mens forbruket går ned midt på dagen store deler av året. De har ingen klar forskjell i forbruksmønsteret over døgnet mellom ukedager og helger. De store variasjonene i forbruket over døgnet kommer på våren når temperaturvariasjonene er størst. En siste forskjell er at forbruksmønsteret over døgnet endres fra måned til måned i primærnæringene, mens forbruksmønsteret over døgnet ser ut til å være mer stabilt for andre næringskunder.

Sekundær- og tertiærnæringene ser ut til å ha tilsvarende forbruksmønster over døgnet; lavest om natten, for så å stige raskt når virksomheten starter om morgenen. Forbruksvariasjonen over døgnet er størst i sekundærnæringene i gjennomsnitt. De fleste næringskundene har en forbrukstopp i time 9 og 10 (dvs. fra kl 8-10). Forbruket reduseres utover dagen med en relativt markert nedgang rundt time 16 og 17. Husholdningene har to forbrukstopper; en om morgenen og en om kvelden. Tidspunktet for toppen som kommer om morgenen ligger stort sett i time 9 over hele året, mens kveldstoppen varierer avhengig av årstiden.

Betydning for belastningen i nettet av forbruksvariasjoner i den enkelte sektoren vil avhenge både av de gjennomsnittlige variasjonene i forbruket og av andelen kunder med dette forbruksmønsteret. Det betyr at selv om primærnæringene har et høyt gjennomsnittsförbruk og store variasjoner i forbruksmønsteret, vil dette ha begrensede effekter på belastningen i systemet siden primærnæringene er en relativt liten sektor. Forbruksvariasjoner i denne sektoren vil derfor være av mindre betydning for den totale lasten i nettet enn forbruksvariasjoner i større sektorer, som for eksempel husholdninger eller tertiærnæringen. Fordi husholdningene er så mange, har de dermed en ikke ubetydelig påvirkning på totalforbruket selv om de har det laveste forbruksnivået per kunde av alle sektorene.

Alle sektorer, med unntak av primærnæringene, har forbrukstopper på morgenen rundt time 9. Husholdningene har også en forbrukstopp på kvelden, men siden næringskundernes forbruk synker betraktelig før husholdningenes kveldstopper inntreffer, vil eventuelle felles effekttopper i totalforbruket mest sannsynlig

opptre på morgenen rundt time 9 og 10 på svært kalde vinterdager. Det høyeste forbruket av elektrisitet observert i Norge var 5. februar 2001. Toppen kom da i time 10 og førte til relativt høye spotpriser flere timer den dagen, noe som indikerer at produksjonen nærmet seg kapasitetsgrensen.

Historisk sett er slike anstrengte situasjoner svært sjeldne, men de kan medføre store belastninger på kraftsystemet når de oppstår. En måte å unngå slike anstrengte situasjoner i fremtiden er å sette inn tiltak for å redusere toppbelastningen ved å redusere eller flytte forbruk rundt morgentoppen. Strømkundernes insentiver til å flytte forbruket over døgnet øker dersom det tilbys tidsdifferensierte priser til sektorer som har mulighet for å flytte strømforbruk, og informere dem om hvordan sparepotensialet teknisk kan oppnås.

Et annet virkemiddel, som er mye brukt i industrien, er effektprising. Mange effekttariffer, spesielt for næringskunder, er utformet slik at den høyeste toppen innenfor en gitt periode (for eksempel ett år eller en måned) belastes med en på forhånd angitt pris per kW. Effektprising gir således sterke insentiver til å redusere de høyeste effekttoppene uavhengig av når de måtte inntreffe. Det gir imidlertid få eller ingen insentiver til å redusere effekttopper som er høye, men ikke blant de høyeste. Det betyr at de ikke primært gir insentiver til å redusere forbruket når belastningen i systemet er på det høyeste.

Et alternativt virkemiddel, som bl.a. er blitt brukt i noen forsøk i husholdningene, er å få tillatelse til å koble ut varmtvannstanken i de mest prekære timene når belastningen i systemet er på det høyeste. Gitt at man ikke kobler inn alle kundene samtidig, kan forbruket flyttes til mindre anstrengte perioder. Problemet med slike utkoblinger er at det vil kunne skape en ny og høyere forbrukstopp når tankene kobles inn igjen, som i verste fall kan være større enn den forbrukstoppen man i utgangspunktet søkte å unngå (se Ericson, 2007 a og b for en diskusjon).

For å oppsumme, indikerer analysene våre at effekttopper i strømforbruket mest sannsynlig vil opptre på morgenen rundt time 9 og 10, når alle sektorer har sine morgentopper i forbruket. Dersom tiltak for å redusere toppbelastningen er ønskelige, bør de konsentrere seg om å redusere eller flytte forbruk vekk fra dette tidspunktet. Tiltak for økte insentiver til slik atferd kan for eksempel være tidsdifferensiert pricing over døgnet og kontrollert utkobling av last (for eksempel utkobling av varmtvannstanker). Det er per dags dato gjort relativt få empiriske undersøkelser av den kortsiktige prisresponsen i Norge, selv om vi har noen analyser av husholdningskundene (se Ericson, 2007 b). Det gjenstår derfor analysearbeid før vi kan få oversikt over potensialet for flytting av last over døgnet i ulike sektorer.

Referanser

Ericson, T. (2007a): Direct load control of residential water heaters, Discussion Papers no. 479, Statistisk sentralbyrå.

Ericson, T. (2007b): Short-term electricity demand response. Doctoral thesis, 2007:53, NTNU

Ericson, T. og B. Halvorsen (2008): *Kortsiktige svingninger i strømforbruket i alminnelig forsyning. Forbrukskurver basert på timesmålte data fra Skagerak Nett.* Rapporter 2008/50, Statistisk sentralbyrå.