

FORBRUKSMØNSTER I HUSHOLDNINGER OG HYTTER - CASESTUDIE AV STRØMFORBRUKET I HVALER KOMMUNE

END - USE PATTERNS IN HOUSEHOLDS AND SPARE TIME RESIDENTS
- CASE STUDY OF THE ELECTRICITY CONSUMPTION IN HVALER MUNICIPALITY

TINA LØKEN NILSSON

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP
INSTITUTT FOR NATURFORVALTING
MASTEROPPGAVE 30 STP. 2013



Forord

Denne masteroppgaven er skrevet som en avslutning på min mastergrad i Fornybar energi ved Universitetet for miljø – og biovitenskap.

Jeg vil gjerne benytte meg av muligheten til å takke min veileder Erik Trømborg for god oppfølging og konstruktive tilbakemeldinger. Takk til Vidar Kristoffersen (FEN og SEH) og Bjørn Birkeland (FEN) som satte av tid til å møte meg og som ga meg mulighet til å jobbe med forbruksdataene. Takk til Rolv Møll Nilsen (TinyMesh) og Bernt Bremdal (DeVID) som har gitt meg innsyn og faglig påfyll gjennom det spennende forskningsmiljøet rundt forbrukerfleksibilitet. Takk til Frank Westad (Camo) for opplæring i PCA og bearbeiding av datamateriale.

Til slutt vil jeg takke min kjære, Øyvind, for uvurderlig oppmuntring og støtte, takk til mine foreldre for gjennomlesing og gode samtaler og ikke minst takk til mine fantastiske medsammensvorne for fem uforglemmelige år på Ås.

Ås, 15.mai 2013

Tina Løken Nilsson

Sammendrag

I 2011 stod husholdninger og hytter for omlag 32 % av det totale forbruket av strøm i Norge. En økning i antall innbyggere og fortetting av boligområder vil kunne føre til at strømbehovet øker lokalt. Det meste av dagens nettoverføringer ble bygget på 50-til 80-tallet, og behovet for ny kapasitet er nå stort flere steder i landet. Denne oppgaven har som hovedmål å beskrive og analysere strømbruken i husholdninger og hytter i Hvaler kommune i Østfold.

Hvaler kommune har gjennom et forskningssamarbeid med Smart Energi Hvaler (SEH) blitt en demonstrasjonsarena for fremtidens energisystem. I 2011 ble det plassert ut 6400 avanserte måle – og styringssystemer (AMS) til Fredrikstad EnergiNett (FEN) sine kunder på Hvaler. Disse målerne leser automatisk av strømforbruket en gang i timen. Et utvalg av disse forbruksdataene er grunnlaget for denne oppgaven. I tråd med gjeldende forskrift skal alle målepunkter i Norge ha fått installert AMS innen 1.januar 2017. Noen av formålene med AMS er å bevisstgjøre kundene om eget forbruk, sikre en effektiv regulerkraftavregning, samt å etablere en toveis kommunikasjon mellom nettselskaper og forbrukere.

Ved bruk av ovennevnte forbruksdata fra 1. november 2011 til 18. august 2012 og meteorologiske data fra Strømtangen fyr for den samme perioden, er det i denne oppgaven gjennomført ulike statistiske analyser, herunder standardavvik, gjennomsnitt, prinsipalkomponentanalyse (PCA) og regresjon. Resultatene viser store forskjeller i det gjennomsnittlige forbruket til hytter og husholdninger. Husholdning hadde klare døgn – og ukeprofiler i hele perioden, hvor det er to gjennomgående topplaster, en om morgen og en om kvelden. Karakteristikken på de ulike ukesnittene gav grunnlag for å sortere månedene. Denne sorteringen viste at det var en grad av sammenheng mellom månedene som hører til samme del av året. Hytter hadde samlet sett mindre grad av struktur over døgnet og uken i vintermånedene. Forbruket i helgene var stigende fra mars til juni. I juli og august var det også høyt forbruk i ukedagene. De største variasjonene mellom forbrukerne i begge kategorier kom i de samme timene hvor gjennomsnittet var høyest.

Lufttemperatur og strømforbruk i husholdning var sterkt korrelert med en koeffisient på -0,90. For hytter var det mindre grad av sammenheng, med en koeffisient på -0,68. Et estimat på andelen av strøm som går til oppvarming, var på omkring 2/3 for husholdning i februar. Forbruksmønsteret og den summerte forbruksfordelingen for hytter i vintermånedene tyder på at en stor del av forbruket gikk til oppvarming selv om hyttene ikke var i bruk i lange perioder.

Det største forbruket i den gjennomsnittlige husholdningen var på 3,95 kWh og kom på den kaldeste dagen i året. Hyttene hadde også et høyt forbruk denne dagen, 0,97 kWh. Det største forbruket for hytter var på langfredag og lå på gjennomsnittlig 1,41 kWh per hytte. Hyttene hadde i gjennomsnitt et mye lavere forbruk enn husholdningene for hele analyseperioden på henholdsvis 4325 kWh og 14440 kWh. Med ca 60 % flere hytter enn husholdninger på Hvaler, så hadde hytteforbruket likevel en tilnærmet like stor innvirkning på den totale lasten.

Med de forventede klimaendringene, blant annet høyere gjennomsnittstemperaturer, kan det totale energiforbruket på Hvaler bli redusert. Mer ekstremvær i form av maksimalt lavere temperaturer på vinteren kan derimot øke effektbehovet. I kombinasjon med økt tilflytting, større og noen flere hytter vil trolig effektbehovet på Hvaler fortsette å øke i fremtiden. Et framtidig nett må ta høyde for å håndtere disse topplastene. For å unngå knapphet i overføringskapasiteten må det tilrettelegges for målrettede løsninger som kan bidra til å redusere topplastene.

Abstract

Households and spare time residents used about 32 % of total energy consumption in Norway in 2011. An increase in population and higher density in the cities could boost the amount of electricity needed. Most of today's power lines was built from 1950 – 1980, and the need of more capacity is therefore great in many areas of Norway. This thesis looks to describe and analyze the power use in households and spare time residents in Hvaler municipality, in Østfold County.

Hvaler municipality has cooperated with Smart Energi Hvaler (SEH) in researching the future energy systems. In 2011 advanced metering was installed in 6400 spare time residents and households belonging to Fredrikstad EnergiNett (FEN) distribution grid. The new metering reads the consumption of electricity automatically every hour. Samples of the end-use data gathered during this period are the basis for this thesis. According to the Norwegian regulation every electricity consumer in Norway will by 1th of January 2017 have installed the new metering system. This will allow a better understanding for the customers of their own electricity use, secure an efficient power bill balance and establish a two way communication between distribution system operators and consumers.

The end-use data from 1th of November 2011 till 18th of August 2012 and meteorological data from Strømtangen Lighthouse are the basis for the statistical analysis used in this thesis, standard deviation, mean values, principal component analysis and regression. The results show great differences in the average use of electricity in spare time residents compared to households. Households end – use patterns show distinctive peaks during days and weeks throughout the period, typically in the morning and at night. Comparing the average weeks in every month revealed similarities in the patterns related to the seasons. Spare time residents have less structure during days and weeks in the winter, but the end-use increased in weekends from Mars till June. In July and August the end-use was high during the weekdays additionally. The greatest variation between the consumers was during the hours with the highest average consumption, for both households and spare time residents.

Air temperature and end-use was highly correlated in households, while spare time residents showed less. The amount of power used for heating households in February was roughly 2/3 of total use. The end-use pattern for spare time residents during the winter months suggest a high amount are used for heating although they are not in use over a long period of time.

The highest average end-use in households were 3,95 kWh and followed the coldest day of the year, while the spare time residents highest average, 1,41 kWh, was during Easter. Spar time residents had on average much lower end-use than households throughout the analysis with 4325 kWh and 14440 kWh respectively. However, with 60 percent more spare time residents than households, the total end-use of spare time residents were about equal to the total end-use of households.

The expected climate changes, promising higher average temperatures, could reduce the total energy consume in Hvaler municipality. However, a more extreme weather could also result in colder temperatures during winter and thus increase the peak consumption. A combination of increased settlement and new and larger spare time residents will probably result in higher peak consumption in years to come. A future power grid must take the high peaks into consideration in order to handle them. To avoid a shortage of electricity distribution and transmission, solutions to reduce the peaks of energy consumptions must be found.

Innhold

Forord	II
Sammendrag	III
Abstract	IV
1 INNLEDNING	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Problemstilling og oppbygning	3
1.3 Demo Hvaler	3
1.4 Gjennomførte studier på området	4
1.4.1 Målt forbruk	4
1.4.2 Beregnet forbruk	5
1.4.3 Teorier om energibruk	5
2 METODE	7
2.1 Deskriptiv statistikk	7
2.2 Temperaturkorrigering	8
2.3 Polynomisk regresjon	9
2.4 Prinsipalkomponentanalyse	10
3 MATERIALE	14
3.1 Beskrivelse av Hvaler kommune	14
3.2 AMS	16
3.3 Meteorologiske data fra Strømtangen fyr	17
3.4 Bearbeiding av dataene	18
4 RESULTATER	19
4.1 Månedsvariasjoner i husholdning og hytter	19
4.2 Døgn og ukevariasjoner i husholdning	22
4.3 Døgn og ukevariasjoner for hytter	32
4.4 Klima og strømforbruk i husholdning og hytter	44
5 DISKUSJON OG KONKLUSJON	47
5.1 Materiale og metode	47
5.1.1 Utvalget og forbruksdata	47
5.1.2 Meteorologiske data	48
5.1.3 Metode	48
5.2 Resultater	49
5.3 Endringer i forbruket	51

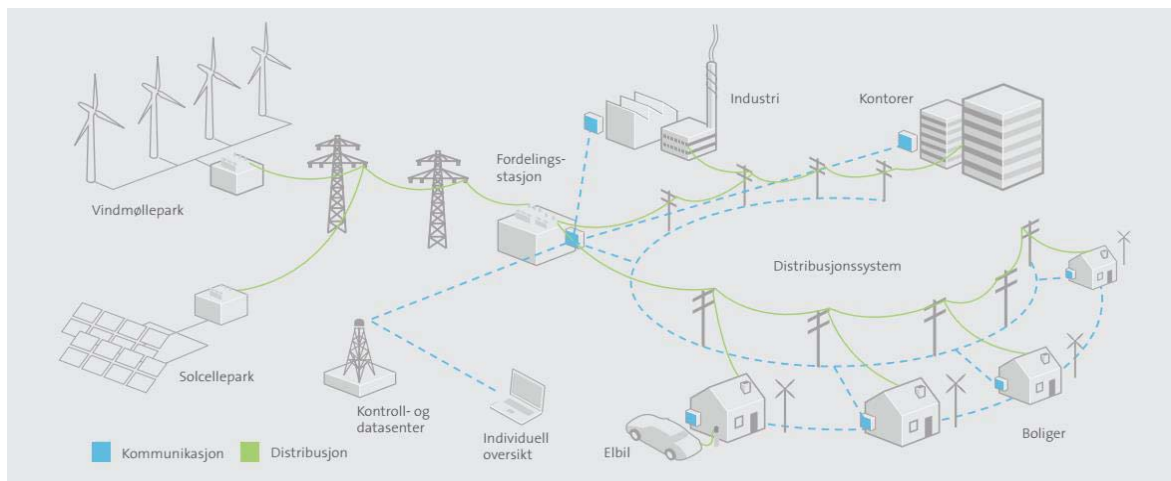
5.4 Konklusjon og videre arbeid	53
6 KILDER.....	54
Vedlegg.....	56
Vedlegg A. Ordliste	56
Vedlegg B. Strømstans på Hvaler grunnet feil i perioden 1.november 2011 - 18. august 2012	57
Vedlegg C. Planlagt strømstans på Hvaler i perioden 1.november 2011 - 18. august 2012	58
Vedlegg D. Temperaturkorrigert og målt strømforbruk for husholdning fordelt på måned	62
Vedlegg E. Temperatur korrigert og målt forbruk for hytter fordelt på måned	65
Vedlegg F. Skårplott og ladningsplott PC2 for husholdning fordelt på måned	68
Vedlegg G. Skårplott og ladningsplott PC2 for hytter	73

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Fram til 1990 opplevde Norge stor vekst i bruken av strøm. Denne økningen skyldtes blant annet økt bruk av elektriske husholdningsapparater og overgang fra olje til elektrisk oppvarming. Etter 1990 - årene har det stasjonære energiforbruket i Norge flatet ut. Dette skyldes i følge Hille et al. (2011) økt energieffektivisering i bygninger og apparater, mindre areal per innbygger og mildere klima.

Husholdningene og fritidsboligene stod for omlag 32 % av det totale forbruket av strøm i fastlands Norge i 2011 (NVE 2012; SSB 2011b). En økning i antall innbyggere og fortetting av boligområder vil kunne føre til at elektrisitetsforbruket øker lokalt. Dette kan være en utfordring for nettoverføringene og spesielt kritisk de timene i løpet av året hvor effektuttaket er høyest. Det elektriske energisystemet, som vist i Figur 1, kan deles i produksjon, transmisjon, distribusjon og bruk (se Vedlegg A for forklaring av begreper). Veien fra energikilden til forbruket er avhengig av hvor strømmen blir produsert, hvor mye som produseres og hvor behovet for strøm er til enhver tid. Med dagens teknologi kan produsert strøm ikke lagres og må derfor forbrukes fortløpende.



Figur 1. Elektrisitetsverdikjede fra produksjon, regionalnett, distribusjonsnett til forbruk. Figuren viser også lokal produksjon og kommunikasjon (Energi21 2011).

Det meste av dagens nettoverføringer ble bygget fra 50- til 80-tallet (OED 2012a). De årlige investeringene i nettet har gått ned fra 11,5 mrd kroner i 1980 til 1 mrd kroner i 2000. Fra 2000 har det vært en jevn økning i investeringene til ca 6,5 mrd i 2008, og det er fortsatt et behov for oppgraderinger (OED 2012b). Nettselskapene søker nå etter ulike måter å løse utfordringen med knapphet i overføringskapasitet. Noe av løsningen på dette kan være et mer fleksibelt forbruk av strøm, slik at samlet effektuttak kan tilpasses nettkapasiteten i et område.

Detaljerte lastprofiler for husholdning og hytter vil være viktig informasjon for drift og dimensjonering av de mindre energianleggene, herunder regionalnett, distribusjonsnett, transformatorstasjoner og lokal produksjon. Analyser knyttet til energibruk er også viktig for å forstå den fremtidige utviklingen til de enkelte forbrukergruppene, slik at målrettede tiltak for effektregulering kan vurderes.

Den leverte strømmen blir fordelt på utallige apparater og til ulik bruk. Noe av energien er såkalt elspesifikt forbruk som kun kan bli dekket av elektrisitet, for eksempel belysning, ladning av småelektronisk utstyr, TV, osv. (NVE 2012). Ikke elspesifikt forbruk kan dekkes av andre energibærere som for eksempel gass til matlaging og biobrensel til oppvarming. Hvilken energibærer som blir brukt, vil være avhengig av flere faktorer som blant annet pris, tilgjengelighet og tekniske innretninger.

Statnett vektlegger i sin årlige nettviklingsplan behovet for et mer fleksibelt forbruk av strøm i årene som kommer. Ved å endre forbruksmønsteret vil dette kunne bidra til mindre behov for investeringer i nettet, da særlig regional – og distribusjonsnettet. Med økt bruk av avanserte måle – og styringssystemer (AMS) i kombinasjon med økonomiske incentiver overfor forbrukerne, er det mye som tyder på at energisystemet i fremtiden vil kunne bli mer fleksibelt og dynamisk (Statnett 2011). Potensialet for forbrukerfleksibilitet avhenger i stor grad av typer incentiver overfor forbrukerne for at de skal motiveres til å endre adferd og ikke minst ha teknologi som gjør dette mulig.

Til nå har strømprisene hatt liten effekt på de kortsiktige variasjonene i forbruket til husholdning og hytter. Dette kommer av at strømvaregningene baserer seg på lengre perioder med målinger, og hvor strømprisen blir regnet som et gjennomsnitt av disse. De faktiske variasjonene i strømprisen over døgnet, uken og måneden blir derfor ikke koblet til de samme variasjonene i strømforbruket. Med gjennomsnittlige strømvaregninger gis ikke konsumentene mulighet til å respondere på endringer i strømprisene (Ericson 2007).

AMS skal gjøre det mulig for den enkelte husstand å følge med på tidsriktige priser og eget forbruk, samt få en strømvaregning som baserer seg på dette (NVE 2011). Med dette ligger ønsket om at den kortsiktige uelastiske prissetterspørselen som vi har i dag (Ericson 2007), vil kunne bli mer elastisk med tidsriktige prissignaler. Som et resultat av nettselskapenes ønske om å påvirke det kortsiktige forbruket til enkeltkunder, legges det mye vekt på å finne de riktige incentivene for dette (DeVID 2013). De kortsiktige variasjonene regnes som forbruket innenfor et år, herunder døgnet-, uke-, måned- og sesongvariasjoner, mens de langsiktige variasjonene gjenspeiler forholdet mellom to eller flere år.

Det er også andre faktorer som kan endre forbruket i fremtiden. I følge en rapport fra Energi 21 (2010) vil blant annet Norges forpliktelser til EU sitt 20/20/20 mål være å øke elektrifisering av transportsektoren. Antallet elbiler er allerede økende i flere deler av landet (Grønn Bil 2013). Hvordan denne utviklingen vil arte seg, i form av ulik form for ladning og batterikapasitet, er det knyttet mye usikkerhet til.

Klimaet er i endring og det vil bli høyere gjennomsnittstemperaturer og større svingninger i temperaturen, flere dager med sterk vind og mer nedbør i Norge (CICERO 2007; Hille et al. 2011; SFT 2007). Det er stor usikkerhet knyttet til hvordan disse effektene vil påvirke det regionale klimaet og dermed også strømforbruket.

1.2 Problemstilling og oppbygning

Hovedmålsettingen med denne oppgaven er å beskrive og analysere strømforbruket på døgn -, uke - og sesongbasis for hytter og husholdninger i Hvaler kommune i Østfold. Her vil det også bli sett på hvordan forbruksmønstrene for husholdninger og hytter varierer over året, og hvordan strømforbruket påvirkes av lufttemperatur og vindhastighet.

Gjennom statistiske metoder, deskriptiv statistikk, prinsipalkomponentanalyse (PCA) og regresjon, vil ulike forbruksmønstre og sammenhenger bli identifisert med utgangspunkt i henholdsvis klima- og tidsvariabler. Oppgaven tar kun for seg det kortsiktige forbruket på grunn av tilgjengelige data.

Oppbygningen av denne oppgaven starter med en kort presentasjon av Hvaler og FoU-prosjektet knyttet til strømbruk der, kapittel 1.3. Videre presenteres noen sentrale studier og teorier som belyser ulike aspekter ved forbruk av strøm, kapittel 1.4.

I kapittel 2 blir metodene og fremgangsmåten for analysen beskrevet inngående.

Datagrunnlaget og innsamlingsmetoden er gjort rede for i kapittel 3.

Resultatene med i hovedsak ukeprofiler og forholdet mellom strømforbruk og klimavariablene behandles i kapittel 4.

Dataene, metoden og resultatene blir i kapittel 5 diskutert i lys av relevans, tidligere studier og forventet utvikling. Konklusjonen følger av denne.

1.3 Demo Hvaler

Allerede i 1999 kom Norges vassdrags – og energidirektorat (NVE) med et forslag om innføring av AMS. Gjennom endring i *Forskrift om kraftomsetning og netttjenester* i juni 2011 ble innføringen av AMS for alle strømkunder i Norge endelig vedtatt med virkning fra 1. januar 2017. Olje – og energidepartementet (OED) har i brev datert 18.02.2013 gitt anmodning til NVE om å utsette fristen for innføringen til 1.januar 2019 (OED 2013). I denne oppgaven vil en forholde seg til forskriften slik den er i dag. Deler av formålet med innføring av AMS er å sikre at kraftleverandører gis tilgang til overføringsnettet, sikre en effektiv regulerkraftavregning og informasjonsutveksling, samt bevisstgjøre husholdninger om sitt strømforbruk, jf. *Forskrift om kraftomsetning og netttjenester* § 1-1. AMS gjør det dermed mulig med fortløpende toveis kommunikasjon mellom forbrukerne og kraftleverandøren og mellom kritiske punkter i nettet og nettselskaper.

Hvaler kommune har gjennom et forskningssamarbeid med Smart Energi Hvaler (SEH) blitt en demonstrasjonsarena for fremtidens energisystem. I forbindelse med dette prosjektet ble det i 2011 plassert ut 6400 AMS til Fredrikstad EnergiNett (FEN) sine kunder på Hvaler. Et utvalg av disse forbruksdataene er grunnlaget for denne oppgaven. Målerne leser automatisk av strømforbruket en gang i timen for hele boenheten under ett. Nettselskapet foretar deretter en fjernavlesning av forbruket.

Læringsmålene til SEH er å:

- ” demonstrere hvordan kapasiteten i AMS kan utnyttes til mer optimal nettplanlegging og nettdrift.

- *identifisere hvordan man best tilrettelegger for forbrukerfleksibilitet og demonstrere hvordan slik fleksibilitet kan nyttes.*
- *dokumentere forbrukernes respons med AMS.” (SEH 2012)*

I tillegg til SEH er det etablert et prosjekt ved navn DeVID; Demonstrasjon og Verifikasjon av Intelligente Distribusjonsnett, som blant annet bruker forbruksdata fra Hvaler i sin forskning. Prosjektet er delt opp i flere arbeidspakker med hver sine underliggende målsetninger. Den overordnede målsetningen er å:

”Bidra til verdiskapning ved hjelp av kostnadseffektive løsninger og økt produktivitet for nettkunder, nettselskap og leverandørindustri.” (DeVID 2012)

All strøm som Hvaler kommune importerer, blir forsynt med kun en innmating fra regionalnettet til distribusjonsnettet. Denne overføringen har i dag stor belastning i høylastperiodene, og effektknappheten i overføringskapasiteten gjør Hvaler til en spennende og aktuell forskningsplattform i arbeidet med å analysere dagens og fremtidens effekt – og energiforbruk.

1.4 Gjennomførte studier på området

1.4.1 Målt forbruk

Halvorsen og Ericson (2008) gjennomførte analyser på timemålte forbruksdata til kundene hos Skagerak Nett. Dette er så langt det eneste publiserte studiet som omhandler variasjoner i forbruket basert på timemålte verdier av enkelthusholdninger i Norge. Datagrunnlaget for dette studiet er forbruk fra alminnelig forsyning ved noen utvalgte kunder til Skagerak Nett og målt lufttemperatur. Utvalget utgjør i underkant 4000 husholdninger og er lokalisert rundt Telemark og Vestfold. Dataene er hentet inn for et helt år, 2006. Analysen er basert på gjennomsnittlig forbruk i kWh pr døgn over et år, samt gjennomsnittlig forbruk i kWh pr time over uker og døgn. Analysen gir et bilde av forbruket gjennom døgnet, herunder den gjennomsnittlige ukedagen og helgedagen, for året og alle månedene separat. Videre vises det til en høy, negativ korrelasjon mellom gjennomsnittlig lufttemperatur og forbruk.

I 2009 ble det gjennomført et prosjekt i Sverige med navn, ”End-use metering in 400 households in Sweden”. Et av delmålene var med stor nøyaktighet å kunne beskrive tilstanden og strukturen på bruk av strøm fordelt på ulike formål i husholdningene. Datagrunnlaget for dette prosjektet var i alt 400 husholdninger, hvorav forbruket til 40 av disse ble målt over et år og de resterende over en måned. Hovedandelen av husholdningene var lokalisert i Mälardalen – region. Videre ble alle de viktigste husholdningsapparatene og belysningspunktene målt med 10 minutters frekvens. Husholdningene var her delt inn i kategorier på grunnlag av bygningstype, areal, alder og sivilstatus på personene i husholdningene. Resultatene fra studiet som blir presentert her, er kun for den størst husholdningskategorien, som var hus med familier hvor alderssammensetningen var 26-64 år. Det gjennomsnittlige totale forbruket var beregnet til å være 18558 kWh/år, og uten oppvarming var det 4143 kWh/år. Studiet viste også at det var klare sesongvariasjoner på oppvarming, matlaging, fryserie og kjøleskap, audiovisuelle apparater og belysning (Zimmermann 2009).

I perioden fra 2006 til 2008 ble det gjennomført et prosjekt, "Residential Monitoring to Decrease Energy Use and Carbon Emission in Europe (REMODECE)", med utgangspunkt i noen utvalgte land i Europa, herunder også Norge. Grunnlaget for analysen i Norge var målte verdier fra ulike apparater med en frekvens på 1 minutt fra omtrentlig 100 husholdninger. Perioden for målingene var på ca. 2 uker. Årlig forbruk per husholdning er estimert på bakgrunn av disse målingene. Oppvarming var ikke en del av analysen (Grinden & Feilberg i.å.).

1.4.2 Beregnet forbruk

Xrgia gjennomførte i 2011 en undersøkelse på vegne av Norges vassdrags – og energidirektorat (NVE) som omhandler det elspesifikke forbruket til ulike apparatgrupper. Modellen som ble brukt, er forklart ved denne ligningen:

$$\text{Elektrisitetsbruk} = \text{beholdning av apparat} \times \text{intensitet (kWh/bruk)} \times \text{bruksfrekvens/ apparat/år}$$

Dataene er hentet fra en spørreundersøkelse med i overkant av 2000 husholdninger og med tilhørende energiintensitet på de ulike apparatene. Resultatene viste at det elspesifikke forbruket står for gjennomsnittlig 4000 kWh/år for en norsk husholdning (Langseth et al. 2011).

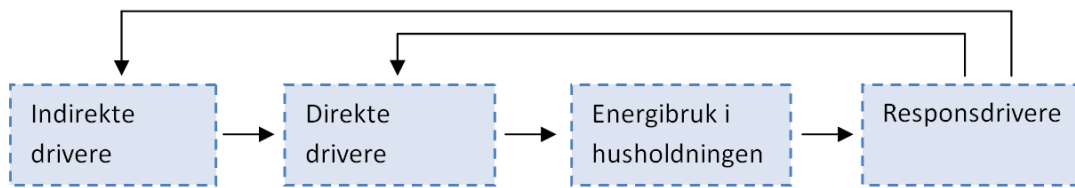
I studiet av Dalen og Larsen (2009) defineres det dekomponerte forbruket av strøm i husholdninger. Det ble her brukt en økonometrisk modell for å beregne etterspørselen. Grunnlaget for denne modellen er blant annet det totale strømforbruket til et utvalg husholdninger og statistiske modeller. Det formålsfordelte forbruket er her en funksjon av beholdning av husholdningsapparater i husholdningen og forholdet mellom beholdningene og de gjennomsnittlige økonomiske og demografiske variablene. Datagrunnlaget for dette studiet er årlig forbruk fra 2006, som var på ca 16000 kWh/år, og en spørreundersøkelse fra et utvalg på 1005 husholdninger.

1.4.3 Teorier om energibruk

Norge er et land som er preget av kalde vintre, og som i mange år har hatt billig strøm fra stor vannkraftproduksjon. Denne kombinasjonen har ført til at en stor del av energiforbruket til oppvarming i norske husholdninger er dekket av strøm (Statnett 2011). Det er derfor naturlig å anta at variasjoner i lufttemperatur gjennom året, særlig vinterhalvåret, vil gi utslag på variasjoner i strømforbruket.

Også andre klimafaktorer som vindhastighet, vindretning og solinnstråling kan ha en innvirkning på strømbruken. Vind kan bidra til både naturlig ventilasjon og varmetap i boliger som er dårlig isolerte, da særlig rundt vinduer og dører. Solstråling har potensial til å utgjøre en betydelig del av oppvarmingsbehovet til boliger gjennom store deler av året, men det er bare en liten del av dette som faktisk blir utnyttet og slipper inn gjennom vinduer (Hart & de Dear 2004; Kure 2011). I tillegg til å påvirke oppvarmingen blir behovet for belysning redusert med økt innstråling.

Hvordan ulike konsumenter forbruker strøm, og hva som påvirker denne bruken, er sammensatt av flere forklarende faktorer og drivere. I Hille et al. (2011) defineres det et skille mellom drivere av energibruk i husholdningene, hvor den første er såkalte indirekte drivere, den andre er direkte drivere og den tredje er responsdrivere, se Figur 2.



Figur 2. Modell over de tre driverne av energibruk i husholdningen, fritt etter Hille et al. (2011).

Direkte drivere har fysisk eller teknisk karakter, som for eksempel boligareal, komfort, klimaskall, osv. De indirekte driverne er definert som enten sosiale, juridiske eller økonomiske. Her kan det for eksempel være befolkningsvekst eller vedtatte tekniske standarder for hus som legger styring på de direkte driverne og dermed på energibruken. Responsdriverne har samme karakter som de indirekte driverne, men kommer i stedet som et resultat av energibruken gjennom for eksempel avgifter (Hille et al. 2011).

I Seppälä (1996) beskrives ulike faktorer som styrer forbruk av strøm. Her fremstilles kundefaktorer, tidsfaktorer og klimafaktorer som noen av de viktigste kategoriene i det finske energisystemet. De såkalte kundefaktorene innebærer blant annet boligtype, typer av elektriske applikasjoner og antall personer i husholdningen. Tidsfaktorene er de typiske svingningene i forbruket gjennom dagen, døgnet, uken og sesongen.

2 METODE

2.1 Deskriptiv statistikk

For å beskrive det "faktiske" forbruket over døgnet, uken og måneden brukes det her gjennomsnittlige forbrukskurver. Gjennomsnittet er beregnet for alle objektene i hver time, se Ligning 1 og Tabell 1. For å belyse avvikene fra gjennomsnittet, spredningen av forbruket innenfor hver time, beregnes standardavviket. Variasjonen i datasettet er differansen mellom den største og minste målte verdien, og målet på variasjon kalles varians. Definisjon på varians er videre de gjennomsnittlige avvikskvadrantene for hver av X - variablene, se Ligning 2 og Tabell 1. Standardavviket, S_x , er lengden på kantlinjene til ovennevnte avvikskvadranter, altså kvadratroten av variansen, vist ved Ligning 3. Standardavviket kan med det sees på som det typiske avviket fra gjennomsnittet, $\bar{X}$ (Løvås 2005).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1)$$

$$\text{Var}(X) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)} \quad (2)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} \quad (3)$$

Beregningene er gjort i statistikkprogrammet The Unscrambler grunnet store datamengder. Det er laget matriser for hver av månedene, vist i Tabell 1. Gjennomsnittene og standardavvikene, Ligning 1 og 3, ble eksporter til Microsoft Excel. Her ble det tatt et snitt av alle de samme dagene i uken og laget diagrammer og tabeller av snittuker for alle månedene. Den endelige grafiske framstillingen viser linjer som beskriver variasjoner over timene i døgnet og uken. Arealet under grafen representerer den gjennomsnittlige mengden av strømbruk i enten hytter eller husholdninger.

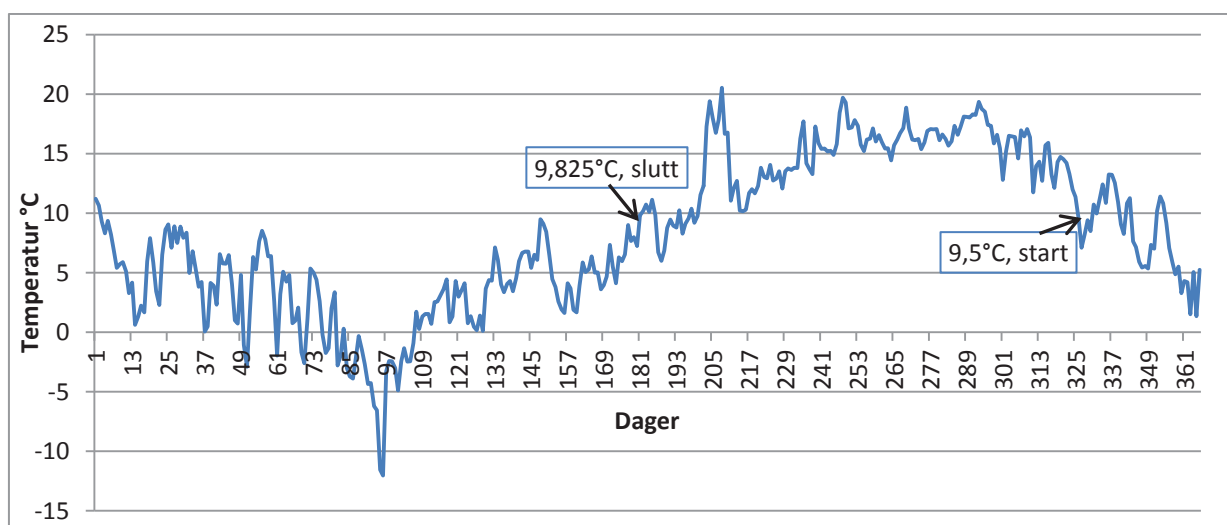
Tabell 1. Datamatrise med x-variabler (timer) og objekter (forbruker) i radene.

Objekter	X - variabler			p	
	X_{11}	X_{12}	...	...	X_{1p}
	X_{21}	X_{22}	...	...	X_{2p}
	.	.	X	.	.
	.	.		.	.
	.	.		.	.
n	X_{n1}	...		...	X_{np}

For å finne forbruksfordelingen mellom de ulike forbrukerne ble Tabell 1 transformert slik at objektene utgjør kolonnene, og x-variablene utgjør radene. Den nye datamatrisen gjorde det mulig å summere forbruket per hytte og husholdning for hver av månedene. Disse ble deretter eksportert til Microsoft Excel hvor forbruket ble sortert og plottet fra størst til minst.

2.2 Temperaturkorrigering

En viktig del av analysen er der strømforbruket blir korrigert for at temperaturen i det målte året er utenom normalen. I NVEs veileder for *Lokale energiutredninger* (2009) er det beskrevet en fremgangsmåte for beregning av strømforbruk korrigert for disse variasjonene. På denne måten vil det målte strømforbruket enklere generaliseres og dermed gjelde for et tilnærmet normalår. Utgangspunktet for en slik korrigering er beregning av graddagstall innenfor den såkalte fyringssesongen. Fyringssesongen starter om høsten når døgnmiddeltemperaturen er under 11 °C, og avsluttes om våren når døgnmiddeltemperaturen overstiger 9 °C. Figur 3 viser dette for perioden november 2011 til oktober 2012.



Figur 3. Døgnmiddeltemperatur målt på Strømtangen fyr. Dag 1: 1.november 2011 og dag 366: 31.oktober 2012. Dato for start av fyringssesong er 21.oktober og slutt er 29.april.

I denne analysen er Meteo Norges (2013) opparbeidede database med normale graddagstall lagt til grunn for beregning av graddagstall for inneværende analyseperiode, 1.november 2011 til 29.april 2012. Fra Ligning 4, (NVE 2009), vises det hvordan denne beregningen er utført for hver av månedene. Beregningene er gjort i Microsoft Excel.

$$\text{Forbruk}_{\text{temp.korr.}} = \text{Forbruk}_{\text{målt}} \times \left(\left(\text{Andel}_{\text{temp.avh}} \times \frac{\text{GDT}_{\text{normalmåned}}}{\text{GDT}_{\text{målt måned}}} \right) + \text{Andel}_{\text{temp.uavh}} \right) \quad (4)$$

Hvor:

$\text{Forbruk}_{\text{temp.korr}}$ = temperaturkorrigert energibruk

$\text{Forbruk}_{\text{målt}}$ = timesmålt energibruk

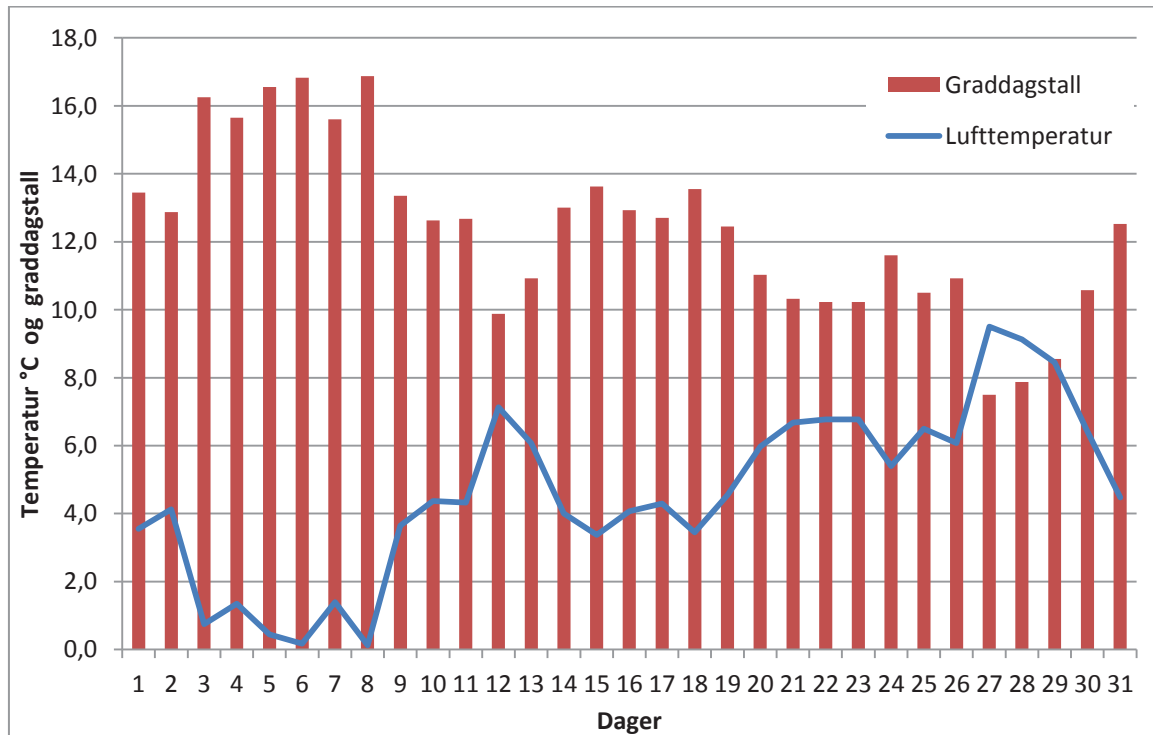
$\text{Andel}_{\text{temp.avh}}$ = temperaturavhengig andel av energibruken for husholdning = 0,55

$\text{Andel}_{\text{temp.uavh}}$ = temperatu-uavhengig andel av energibruken for husholdning = 0,45

$\text{GDT}_{\text{normalmåned}}$ = graddagstall i normal måned

$\text{GDT}_{\text{målt måned}}$ = graddagstall i målt måned

Graddagstall er differansen mellom en forut antatt innetemperatur for alle enhetene på 17 °C og den målte utetemperaturen (NVE 2009). Figur 4 eksemplifiserer dette gjennom en framstilling av graddagstallet for mars 2012 på Hvaler og viser hvordan de enkelte graddagstallene varierer gjennom måneden. Summen av alle graddagstallene, her 383.6, utgjør $GDT_{\text{målt}}$ i Ligning 4.



Figur 4. Graddagstall og lufttemperatur for mars 2012.

2.3 Polynomisk regresjon

Som nevnt vil lufttemperatur og vindhastighet i ulik grad kunne påvirke strømforbruket. I denne delen av analysen benyttes polynomregresjon for å finne relasjoner mellom forklaringsvariablene, X; lufttemperatur og vindhastighet, og responsvariabelen, Y; strømforbruk (Ligning 5). Variablene X og Y er blitt omdannet til et gjennomsnitt av alle målingene. Deretter er det tatt et gjennomsnitt av disse som gir en sum på fire verdier per døgn og per variabel.

$$(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n) \quad (5)$$

Polynomisk regresjon benyttes i dette tilfellet fordi det er en viss mistanke om at sammenhengene ikke er lineære. Modellen som blir brukt, kalles for andregrads eller kvadratisk polynom og er beskrevet i Ligning 6 (Løvås 2005).

$$Y_n = \alpha + \beta_1 x_n + \beta_2 x_n^2 + e_n \quad (6)$$

Hvor:

α = der linjen krysser y-aksen

β = stigningstallet til linjen

e = residual

For hvert av plottene gir analysen en verdi av R^2 som beskriver korrelasjonen opphøyd i andre potens mellom X og Y. Korrelasjonskoeffisienten R går fra -1 til 1 hvor fortegnet angir retningen på sammenhengen. Absoluttverdiene til R er et mål på graden av lineær sammenheng. Høye verdier gir tilnærmet lineær korrelasjonen. R^2 er en prosentandel på hvor mye av variasjonen som kan forklares gjennom Ligning 6. Den matematiske funksjonen til R^2 er vist ved Ligning 7 og 8. Beregningene er gjort i Microsoft Excel.

$$\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 = \sum_{i=1}^n (\hat{\alpha} + \hat{\beta} - \bar{Y})^2 + \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{\alpha} - \hat{\beta} x_i)^2$$

$$SS_T = SS_R + SS_E \quad (7)$$

Hvor:

$\bar{Y}$ = gjennomsnittlig strømforbruk

$\hat{\alpha}$ og $\hat{\beta}$ = estimer

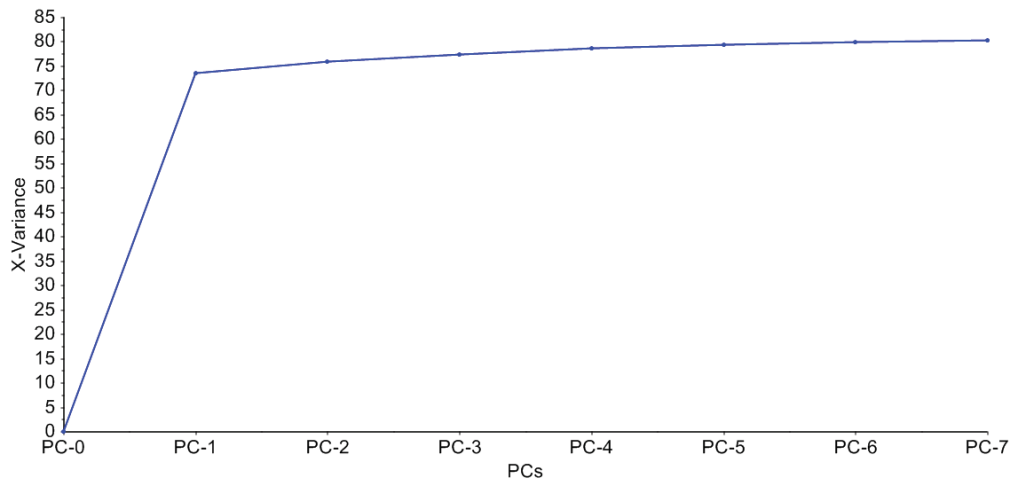
$$R^2 = \frac{SS_R}{SS_T} \quad (8)$$

2.4 Prinsipalkomponentanalyse

Prinsipalkomponentanalyse, PCA, beskriver den systematiske variasjonen i dataene ved å identifisere komponenter som maksimerer forklart varians. Beregningene er gjort i programmet The Unscrambler. Denne metoden har til nå vært lite brukt på analyser av strømforbruk. I dette kapittelet vil modellen og analysen bli beskrevet på et overordnet nivå. For mer detaljert beskrivelse vises det til Esbensen et al. (2002).

PCA er en metode for å dekomponere rådatamatrissene, X (Tabell 1), til et mindre antall latente variabler, prinsipalkomponenter (PC), uten å miste vesentlig informasjon. Input i modellen er X-variablene (p); timer og objektene (n); målepunktene. Videre er det nødvendig å velge en opprinnelse for PCene også kalt *original variabler*. For dette datasettet er det mest fornuftig med gjennomsnitt av alle objektene som vist i Ligning 1. Datasettet er videre delt opp i flere matriser

fordelt på de ulike månedene. Det gjøres deretter en PC-analyse på hver av månedene og for de to kategoriene, hytter og husholdning. Det velges 7 komponenter for å skille ut de dominerende PCene fra såkalt støy i Ligning 9. Dette antallet vil ikke påvirke fordelingen av de ulike komponentene. Det optimale antallet PCer som bør brukes videre i analysen, leses ut fra forklart varians plottet. Eksempel på et slikt plott er vist i Figur 5. Y-aksen i figuren viser hvor stor andel av den totale variansen i datasettet som hver av de ulike PCene innehar. I dette eksempelet vil det være naturlig å gå videre med PC1.



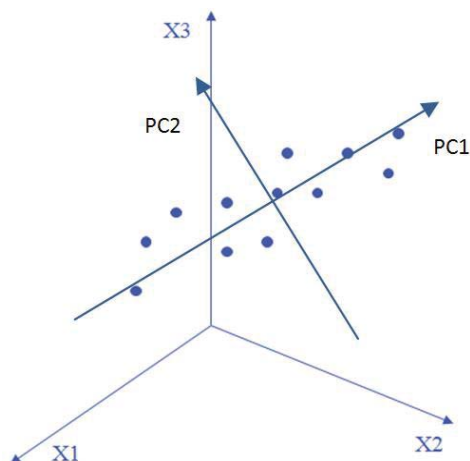
Figur 5. Forklart varians for hver av prinsipalkomponentene i husholdning februar 2012.

Dekomponeringen av rådataene skjer gjennom en maksimering av forklart varians, som utgjør strukturen i Ligning 9, til flere prinsipalkomponenter/ latente variabler (Esbensen et al. 2002).

Data = struktur + støy

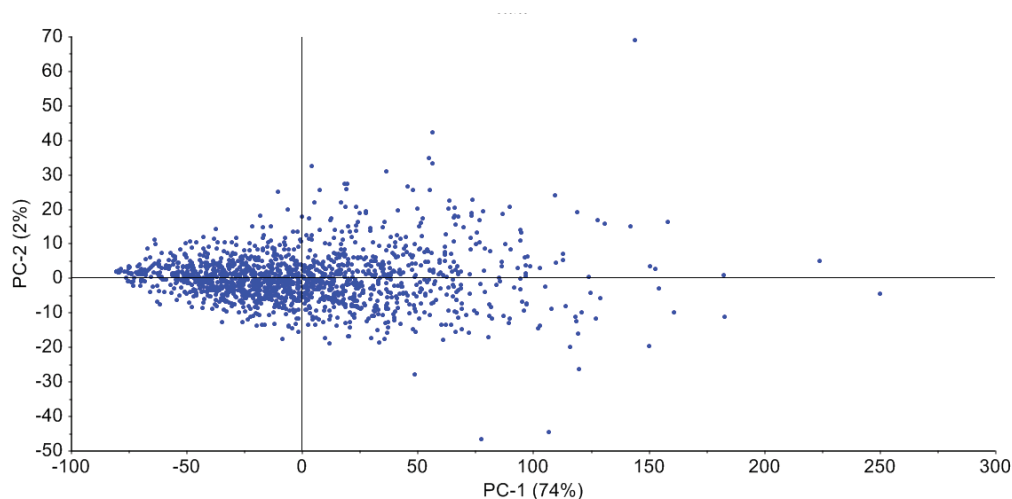
$$X = (\text{skår} \times \text{ladning}) + \text{residual} \quad (9)$$

Prinsipalkomponentene er egenvektorer som blir dannet i et flerdimensjonalt datarom, Figur 6. Den første egenvektoren angir retningen på maksimal forklart varians. Egenvektorene er alltid rettvinklet i forhold til hverandre, vist i Figur 6. For å sette figuren i sammenheng med denne oppgaven kan en tenke seg at X1, X2 og X3 utgjør tre ulike tider på døgnet, og prikkene er de ulike målepunktene.



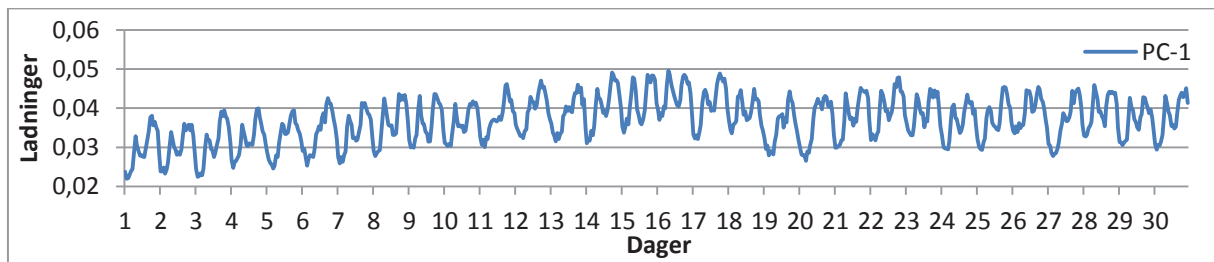
Figur 6. Eksempel på et tre -dimensjonalt datarom med to prinsipalkomponenter, fritt etter Esbensen et al (2002).

Skår er koordinatene til hvert objekt, her målepunkt, i det nye prinsipalkomponent-koordinatsystemet. Et eksempel på et skårplott er vist i Figur 7. Her vil en identifisere om det er en eller flere grupperinger i datasettet. Fra eksempelet nedenunder ser enn at det er en stor gruppering og noen objekter som ligger lengre til høyere.



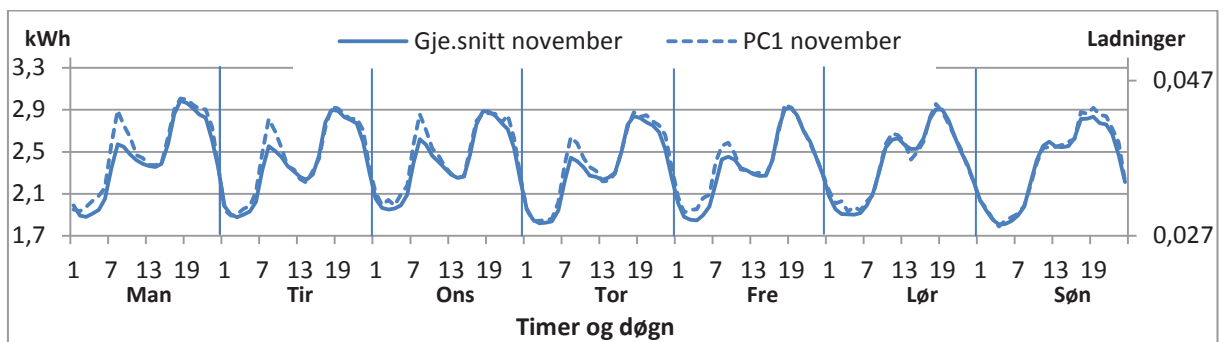
Figur 7. Skårplott for husholdning i februar 2012 med PC1 på x-aksen og PC2 på y-aksen.

Ladningene sier noe om hvor viktig hver av variablene, i dette tilfellet timer, er for å forklare de underliggende strukturene i datamatriksen. Summen av ladningene kvadrert er alltid $= 1$, det vil si at det er de relative forskjellene som blir analysert (Esbensen et al. 2002). Forbruksprofilene blir best fremstilt ved et en -dimensjonalt ladningsplott. I dette ladningsplottet blir hver av PCene presentert som lineære kombinasjoner av ladningene innenfor området til variablenes originalakse, X-aksen i Figur 8. Videre betyr dette at en tolker de relative variasjonene mellom objektene, med utgangspunkt i gjennomsnittet for hver time.



Figur 8. En -dimensjonalt ladningsplott for PC1 for husholdning november 2011

PC1 for alle delanalysene gav systematiske strukturer innenfor hvert døgn. For å vise likheten mellom disse og gjennomsnittet er de plassert i samme diagram og skalert i forhold til hverandre. Et eksempel på dette er vist i Figur 9. PC1 er derfor sortert på samme måte som beskrevet i kapittel 2.1.



Figur 9. Fremstilling av to forbruksprofiler, hvor primæraksen er gjennomsnitt og sekundæraksen er varians

En validering gjennomføres for å teste hvor solid modellen er på nye data. Valideringen av modellene estimerer usikkerheten til den eventuelle korrelasjonen med nye, lignende data. Dersom usikkerheten er lav nok, vil modellene kunne regnes som valide (Esbensen et al. 2002).

I denne oppgaven er det mest hensiktsmessig å utføre en kryssvalidering for hvert datasett. Her blir de samme verdiene brukt både til estimering og testing (Esbensen et al. 2002). For analysene fra november til januar ble kryssvalideringen gjort med 10 segmenter, mens for februar til august ble den gjort med 20 segmenter.

3 MATERIALE

3.1 Beskrivelse av Hvaler kommune

Datagrunnlaget for denne oppgaven er kvantitative forbruksdata på strøm og meteorologiske data fra 1. november 2011 til 18. august 2012. Dataene kommer fra et utvalg av kunder på Hvaler hvor alle har fått installert AMS i sine boenheter. Forbruket er registrert på timebasis fra og med høsten 2011. De største kundegruppene av strøm er husholdninger og hytter, og det er de kategoriene som blir analysert.

Hvaler ligger i Østfold fylke og er en kystkommune bestående av flere øyer, hvorav de fire største har veiforbindelse. Kommunen grenser til Fredrikstad i nord, Sarpsborg og Halden i nordøst, Tjøme i vest og Sverige i sør, se kart (Figur 10). I 2011 var det registrert omtrent 6590 boenheter i kommunen, hvorav 4700 er hytter, og de resterende 1890 er fastboende husholdninger (Hvaler Kommune 2011b; SSB 2011a). Fordelingen av boligtyper i kommunen i 2011 er vist i Tabell 2. Andelen eneboliger i Hvaler, 84 %, er svært høyt i forhold til resten av fylket og landet for samme år, med henholdsvis 57,2 % og 52,9 % (SSB 2011a).

Tabell 2. Fordelingen av bygningstyper for boliger på Hvaler i 2011. *Kun fastboende (Hvaler Kommune 2011b; SSB 2011a).

	Enebolig	Tomannsbolig	Rekkehus, kjedehus og andre småhus	Boligblokk	Bofellesskap og andre bygningstyper	Hytter
Antall	1589	108	93	36	64	4700
Prosent*	84	5,7	4,9	1,9	3,4	n/a

Distribusjonsnettet på 18 kV dekker strømbehovet i kommunen og driftes av Fredrikstad EnergiNett. Regionalnettet på 52 kV knytter kommunen til fastlandet og driftes av Hafslund Nett. Sekundærstasjonen (transformatorstasjonen) som binder regionalnettet sammen med distribusjonsnettet, ligger sentralt på Hvaler ved Rød boligområde. Denne sekundærstasjonen ble i 2010 oppgradert til 30MW.

Hele kommunen blir forsynt med kun en innmating fra Kråkerøy i Fredrikstad til sekundærstasjonen Rød på Asmaløy, via Vesterøy og Spjærøy. Denne overføringen, 18kV +52kV, er i dag under stor belastning i høylastperiodene. Dette gjør Hvaler særlig sårbar for utfall grunnet underkapasitet eller utfall som er knyttet til blant annet vedlikehold. I den aktuelle analyseperioden for denne oppgaven var det totalt 45 tilfeller av strømstans som berørte deler av kommunen over en viss periode, hvorav 5 av disse skyldtes uforutsette hendelser som oversvømmelse, trefall og lignende. Se Vedlegg B og C for nærmere informasjon.

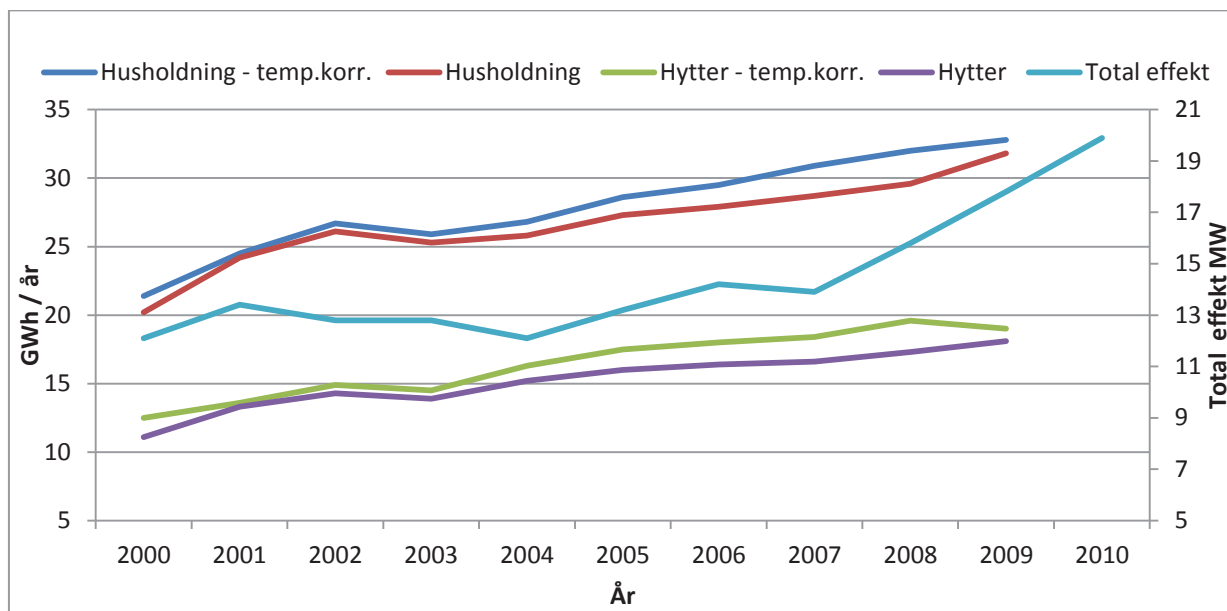


Figur 10. Kart over Hvaler kommune (Hvaler Kommune 2011b).

Hvaler er per i dag den kommunen i Østfold som har vært preget av størst vekst i effektforbruket de siste 10 årene (Hafslund Nett 2012). Det totale effektforbruket har hatt en jevn økning fra 2004, se Figur 11. I de mest kritiske timene/dagene i 2010 lå den totale lasten på ca 20 MW, som er en økning på 6 MW på få år. Regionalnettet er dimensjonert for en makslast på 25 MW, og konsesjonssøknad om en oppgradering til 132 kV er sendt til NVE (Hafslund Nett 2012). I følge denne konsesjonssøknaden skyldes den høye lasten blant annet økt tilflytting. Det har også blitt en økning i lasten på grunn av kommunens etablering av kloakk og vann til hytteområdene og en bedre fremkommelighet. Dette har trolig ført til en høyere bruksfrekvens og mer behov for strøm knyttet til drift av de nye installasjonene.

Hyttene på Hvaler ble i stor grad etablert etter andre verdenskrig av industriarbeidere fra områder som Halden, Sarpsborg og Fredrikstad. Hyttene hadde da en enkel standard. På tidlig 70-tallet ble det satt et lokk på nybyggingen, men det har siden da vært en stor oppgradering av hyttestandarden. Det har også vært et skifte av hytteeiere. Mange kommer nå i større grad fra Bærum, Asker, Oslo og Follo (pers. med. Jan Pharo). I den gjeldende beskrivelse til kommuneplanens arealdel blir det redegjort for

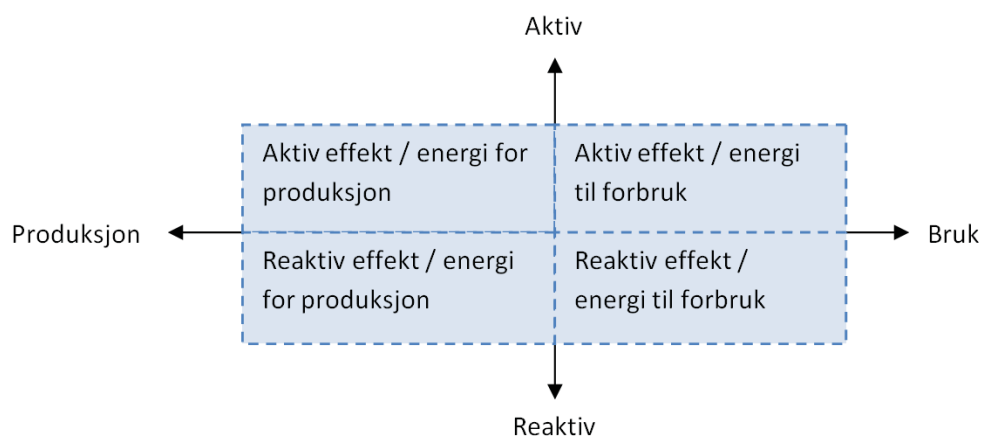
at det nå kan etableres 150-200 nye hytter. I den samme planen redegjør kommunen også for en økning i nye boligområder i de kommende årene (Hvaler Kommune 2011a).



Figur 11. Årlig strømforbruk for henholdsvis husholdninger og hytter på Hvaler fra 2000 – 2009, primæraksen. Totalt effektuttak på hele Hvaler fra 2000-2010, sekundæraksen (FEN 2011; SEH 2012).

3.2 AMS

Det finnes flere typer av AMS, og de varierer i form av hva de måler, hvordan målingene blir kommunisert videre, og ulike løsninger for display. Måleren som er brukt spesifikt på Hvaler, Figur 12, kan fabrikkinnstilles til å måle både import og eksport av strøm. Denne informasjonen kan videre genereres til lastprofiler for alle fire kvadranter, se Figur 13 (Kamstrup i.å.).



Figur 12. Måling av energi i fire kvadranter, fritt etter Sæle et al. (2010).

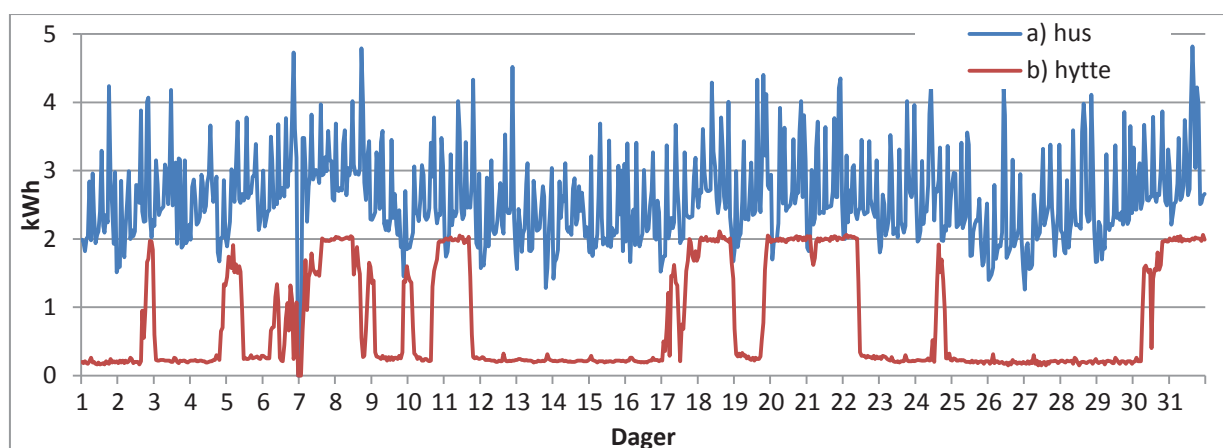
Den strømmen som forbrukes, er vekselstrøm. Denne består av reaktiv og aktiv effekt, se Figur 13. Det er den aktive effekten som blir brukt til de ulike formålene i boligen, og måles i Watt. Reaktiv effekt blir ikke brukt, men må være tilstede i en vekselstrøm. Den måles i VAR (volt – ampere reaktiv) og utgjør en betydelig belastning i nettet (SNL 2007).

Målerne brukt i dette prosjektet avgrenses til å måle forbruket fra hver enhet, husholdning eller hytte i dette tilfellet, og ikke mer dekomponerte målinger på for eksempel ulike apparater innenfor boenheten.



Figur 13. Kamstrup 162L elmåler (Kamstrup i.å)

Figur 14 viser et eksempel på timesmålinger av strømforbruket med AMS for to tilfeldige kunder, a) husholdning og b) hytte, i desember 2011.



Figur 14. Strømforbruk til en tilfeldig husholdningskunde og en tilfeldig hyttekunde for hele desember 2011.

3.3 Meteorologiske data fra Strømtangen fyr

Det er hentet inn meteorologiske data som temperatur, nedbør, vindhastighet og -retning fra Strømtangen fyr, ca 3,2 km nord - nordøst for Papper, se kartutsnitt (Figur 10). Lufttemperatur – og vindmålingene er registrert 4 ganger i døgnet og blir brukt videre i analysen. En enkel deskriptiv analyse på klimavariablene temperatur, nedbør og vindhastighet er vist i Tabell 3.

Tabell 3. Deskriptive data for temperatur, nedbør, vindhastighet og vindretning fra Strømtangen fyr

Variabel	Gjennomsnitt	Standardavvik	Maks	Min
Temperatur (°C)	8,3	6,6	24,5	-14,4
Nedbør (mm/12 time)	1,1	3,3	31,7	n/a
Vindhastighet (m/s)	6,3	3,7	21,7	n/a
Vindretning (°)	178,5	99,7	n/a	n/a

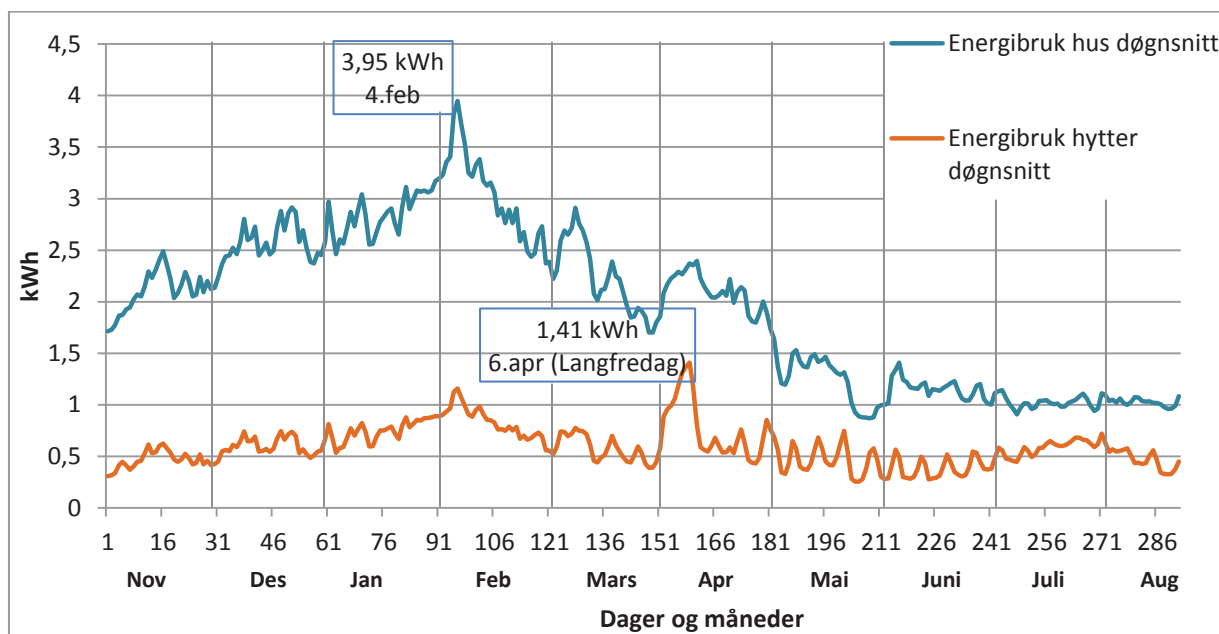
3.4 Bearbeiding av dataene

Dataene er bearbeidet noe ved at kun de dataene som kan identifiseres og kategoriseres som hytte og husholdning, er tatt ut for videre analyse. Etter denne selekteringen er antallet målepunkter (objekter) for husholdning fra november 2011 og ut januar 2012 1080 målepunkter, og fra februar til 18. august er det 1503 målepunkter. For hytter er det fra november 2011 og ut januar 2012 1878 målepunkter, og fra februar til 18. august 1984 målepunkter. Dette gir et totalt antall datapunkter på: $6445 \text{ målepunkter} \times 7008 \text{ timer} \approx 45 \text{ millioner}$.

4 RESULTATER

4.1 Månedsvariasjoner i husholdning og hytter

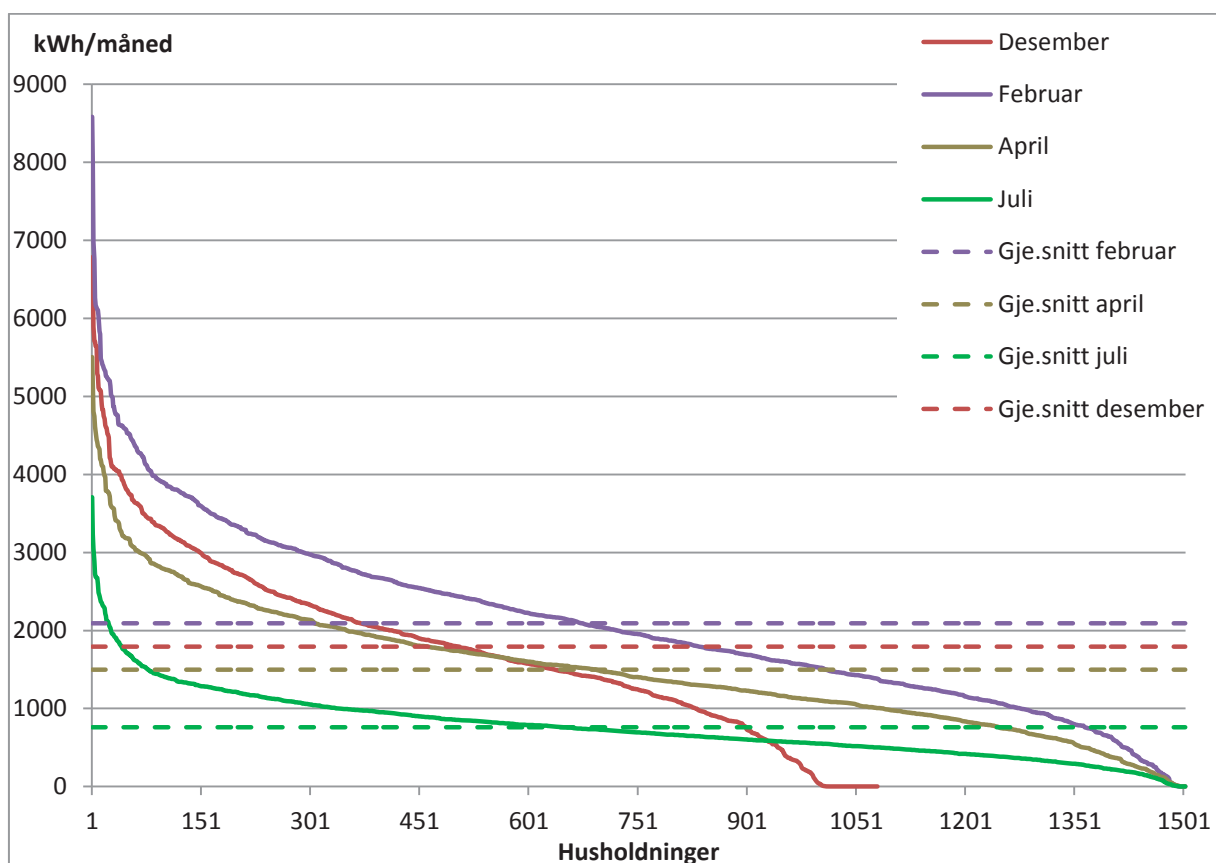
Forbruket som blir presentert i dette delkapittelet er ikke temperaturkorrigert. Variasjonene i strømforbruket fra dag til dag gjennom hele analyseperioden, for husholdninger og hytter, er vist i Figur 15. Det største forbruket i husholdning var på 3,95 kWh, mens for hytter var det på 1,41 kWh. Den største differansen mellom forbruket til husholdning og hytter var om vinteren. Om sommeren var differansen minst.



Figur 15. Gjennomsnittlig strømforbruk for husholdning og hytter. Grafen viser et døgnsnitt fra 1.november 2011 til 18.august 2012.

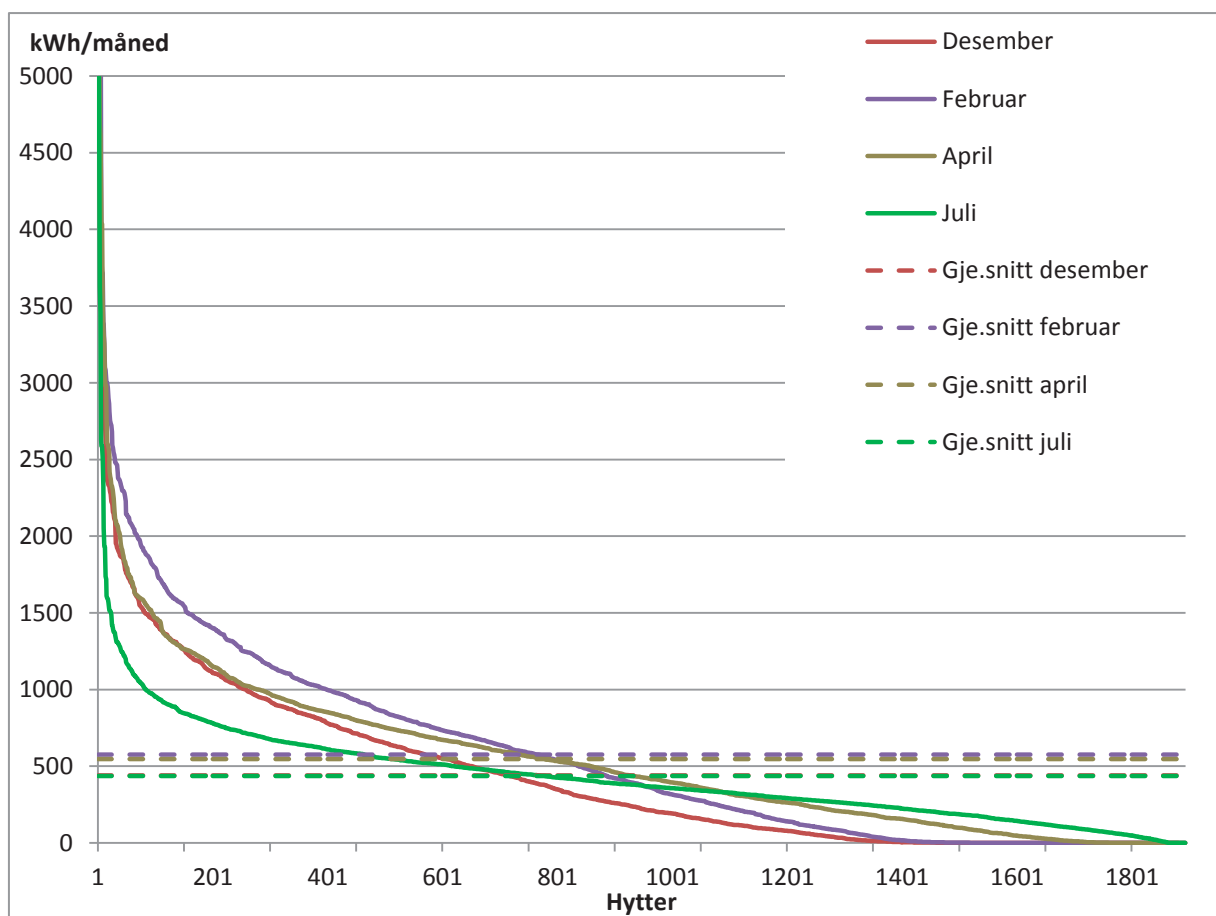
Det gjennomsnittlige summerte forbruket, fra 1.november til 18.august, var på 14440 kWh for husholdning og 4325 kWh for hytter.

Fordelingen av det summerte forbruket i månedene, desember, februar og april er vist i Figurene 16 og 17. Fordelingen i husholdning viser stort sett s-formede kurver. Det var noen få som brukte mye strøm, og noen få som brukte lite eller ikke noe strøm. Det største gjennomsnittlige forbruket var i februar på 2093 kWh per husholdning, Figur 16. Det gjennomsnittlige forbruket i husholdningene per time følger med Vedlegg D.



Figur 16. Fordeling av det totale strømforbruket per husholdning for noen utvalgte måneder, desember 2011, februar, april og juli 2012. Utvalget i antall husholdninger i desember var mindre enn for de andre månedene.

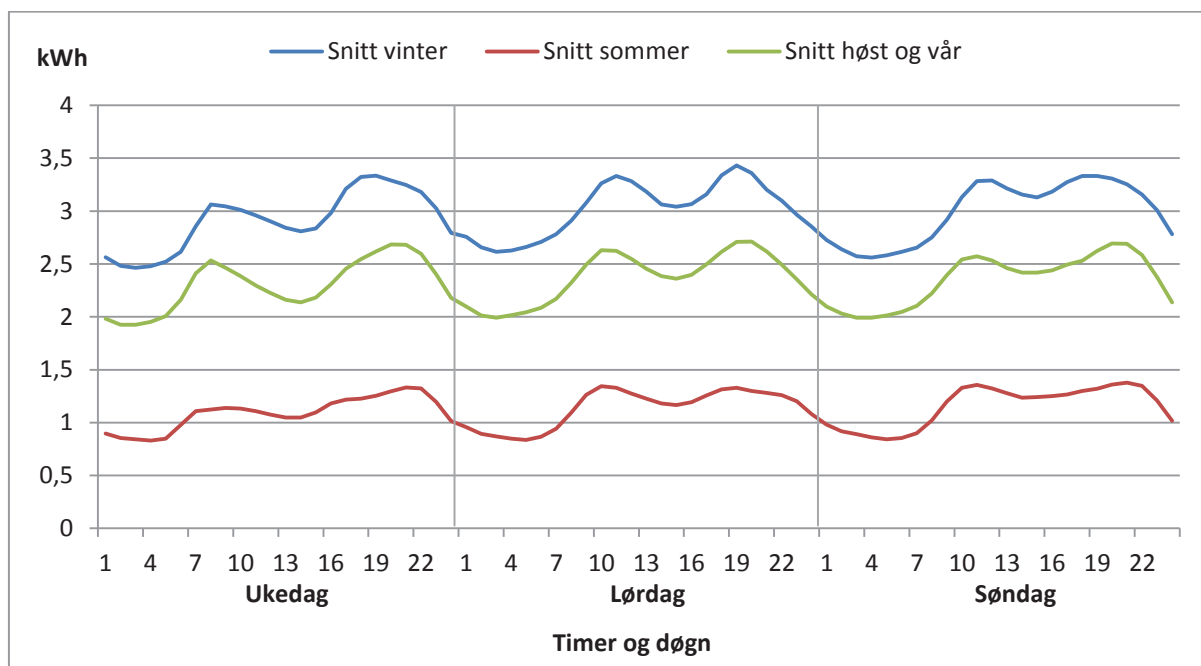
Fordelingen av det summerte forbruket i hytter viste at det var noen få som brukte svært mye strøm i alle de utvalgte månedene. Kurven går deretter jevnt nedover mot de som ikke brukte strøm. For å få en bedre visuell framstilling er y-aksen i Figur 17 skalert til maks 5000 kWh per hytte. Det kommer derfor ikke fram av figuren at to hytter i desember hadde et forbruk på 10000 kWh og 5500 kWh, fem hytter i februar på mellom 7300 kWh og 5800 kWh og tre hytter i april på mellom 6000 kWh og 5200 kWh. Det største gjennomsnittlige forbruket per hytte i februar var på 575 kWh, Figur 17. I motsetning til husholdning var det svært lite som skilte det summerte forbruket fra vinter til sommer. Det gjennomsnittlige forbruket i hyttene per time følger med Vedlegg E.



Figur 17. Fordeling av det totale forbruket per hytte for noen utvalgte måneder, desember 2011, februar, april og juli 2012. Utvalget i antall husholdninger i desember var litt mindre enn for de andre månedene.

4.2 Døgn og ukevariasjoner i husholdning

I dette kapittelet er strømforbruket temperaturkorrigert. Strømforbruket om sommeren, vinteren, høsten og våren varierte ulikt over døgnet. Variasjonene over døgnet for en gjennomsnittlig ukedag, lørdag og søndag for kategorien husholdning er vist i Figur 18. Mandag til fredag regnes som ukedager. Vintermånedene er fra desember til februar, sommermånedene fra mai til august og månedene for høst og vår er november, mars og april.



Figur 18. Forbruksmønster for en gjennomsnittlig ukedag, lørdag og søndag for henholdsvis vinter, sommer, høst og vår i kategorien husholdning 2011/2012.

Det var særlig ukedagene som hadde forskjellige forbruksmønstre gjennom året. Som Figur 18 viser, var forbruket størst om morgenen i time 8 for vinter, høst og vår. Snittet for høst og vår hadde derimot et mer konsentrert forbruk. Om sommeren ser en at forbruket var mer jevnt fordelt mellom timene 7 og 11. Forbruket gikk relativt sett mest ned midt dagen om våren og høsten. Peaken om ettermiddagen/kvelden gikk fra time 18 om vinteren, til time 21 om høst og vår og til time 22 om sommeren.

Døgnprofilene for den gjennomsnittlige lørdagen var ganske like for vinter, høst og vår. Om sommeren var forbruket derimot litt høyere på morgenen enn om ettermiddagen/kvelden. Ettermiddags - kveldspeaken var også mye mindre konsentrert om sommeren enn for de andre sesongene.

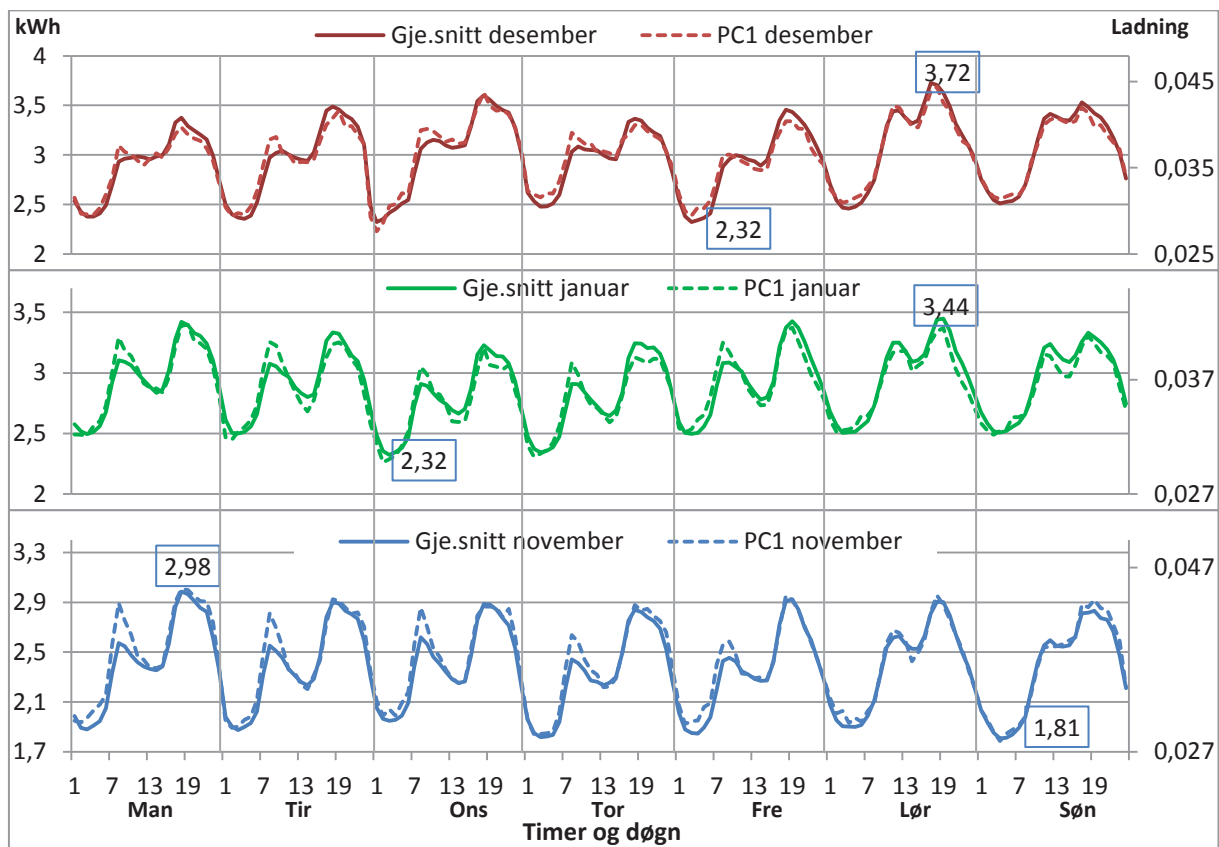
Søndagene arter seg ganske likt for de tre kategoriene, bortsett fra at peaken om ettermiddagen/kvelden kom noen timer tidligere om vinteren. Helgene og spesielt søndagene hadde mindre karakteristiske topplaster morgen og kveld. Størrelsen på topplastene skilte seg ikke spesielt ut fra ukedagene, men de hadde mindre nedgang midt på dagen, og forbruket for hele døgnet var derfor større.

Forbruket gjennom uken varierte mye i forhold til de ulike månedene. Dette kommer fram av ukeprofiler for alle månedene, Figurene 19 - 22, med gjennomsnitt og forklart varians, samt Tabellene 15 - 14 med standardavvik.

Tabell 4. Prosent fordeling av forklart varians i PC1 og PC2 for de ulike månedene i kategorien husholdning

Husholdning		
	% av forklart varians	
Måned	PC1	PC2
<i>November</i>	66 %	2 %
<i>Desember</i>	70 %	2 %
<i>Januar</i>	74 %	2 %
<i>Februar</i>	74 %	2 %
<i>Mars</i>	65 %	3 %
<i>April</i>	61 %	3 %
<i>Mai</i>	58 %	2 %
<i>Juni</i>	47 %	2 %
<i>Juli</i>	44 %	2 %
<i>August</i>	47 %	2 %

PC1 for alle månedene gav strukturer som i stor grad følger det samme mønsteret som gjennomsnittet. For å vise dette er verdiene for PC1 og gjennomsnitt plottet i samme diagram. PC1 stod for mellom 44 % og 74 % av den forklarte variansen for alle månedene, se Tabell 4. Forklart varians er betydelig større om vinteren enn om sommeren. PC2 stod for en veldig liten del av den forklarte variansen, men de komponentene som viser klare strukturer, vil bli beskrevet underveis. Ladningsplottene for PC2 og skårplott for PC1 og PC2 følger Vedlegg F. Skårplottene viste kun en gruppering per analyse.



Figur 19. Strømforbruket vist i gjennomsnittsuker for husholdning i november, desember 2011 og januar 2012, hvor primæraksen er gjennomsnittlig kWh og sekundæraksen er ladningene til PC1

Snittukene for november, desember og januar hadde store likheter i forbruksmønstret (Figur 19). De er karakterisert ved at peaken om morgenen var relativt sett en del lavere enn om ettermiddagen/kvelden, og at forbruket var størst rundt time 17 og 18 for alle dagene. Desember skilte seg ut ved at morgenpeaken var mer avrundet, og forbruket midt på dagen i ukedagene gikk lite ned.

Variasjonene i forbruket innenfor hver time fulgte samme mønster som gjennomsnittene med unntak av i november og delvis i januar hvor variasjonen i morgentimene var høyere. PC2 for alle de tre månedene viste det vi kan kalle for ettermiddags/kveldsstrukturer. Det var her timene fra ca 18 til 22 som hadde de systematiske variasjonene i ukedagene, i helgene spredde det seg mer fra time 14 til 22.

Differansen mellom den største topplasten og laveste grunnlasten i ukesnittene var på 1,17 kWh i november, 1,40 kWh i desember og 1,12 kWh i januar.

Standardavvikene for de samme månedene med timeintervaller er vist i Tabellene 5, 6 og 7. Disse varierte med ca 0,55 kWh for november og januar og ca 0,65 kWh for ukesnittene i desember. De største standardavvikene var på ettermiddagen/kvelden for de tre månedene.

Tabell 5. Gjennomsnittlig standardavvik av forbruket, fordelt på timeintervaller, til husholdningene i november 2011

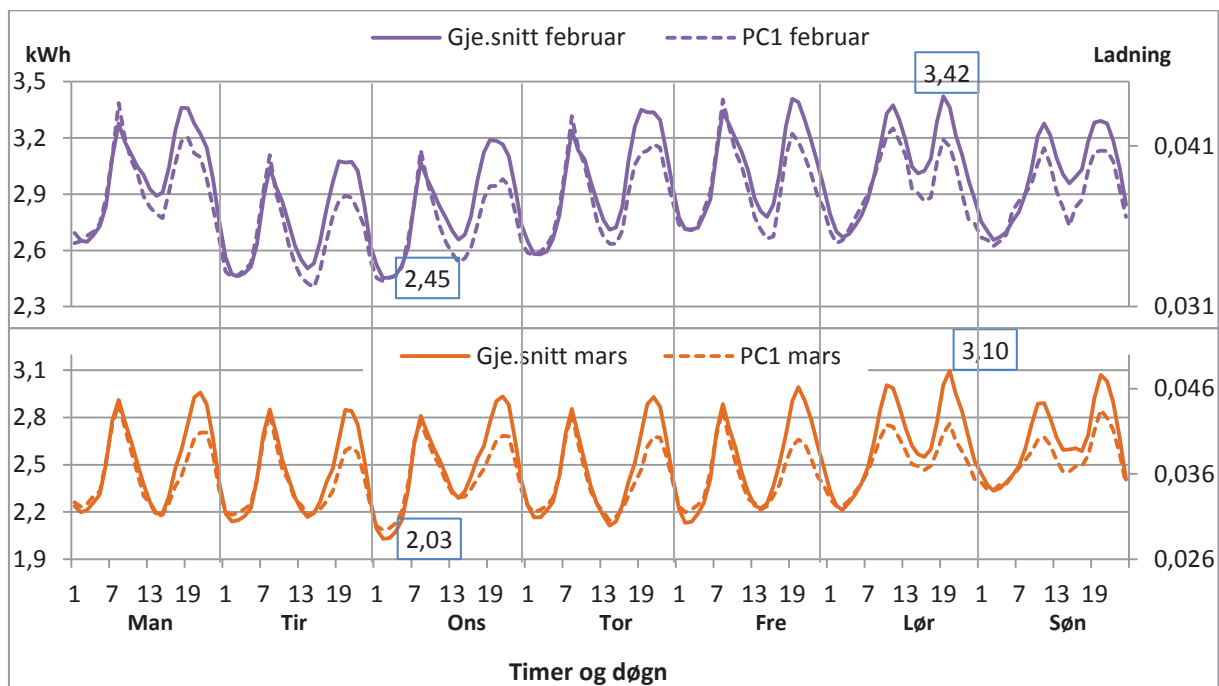
Standardavvik for husholdning i november							
Dager	Timer i døgnet						
	1-4	5-7	8-10	11-16	17-21	22-23	24
Mandag	1,19	1,36	1,58	1,47	1,69	1,60	1,40
Tirsdag	1,18	1,32	1,56	1,42	1,65	1,57	1,39
Onsdag	1,22	1,35	1,57	1,43	1,64	1,56	1,35
Torsdag	1,15	1,26	1,50	1,41	1,63	1,59	1,40
Fredag	1,19	1,26	1,52	1,41	1,69	1,48	1,40
Lørdag	1-6	7-9	10-12	13-15	16-19	20-23	24
	1,22	1,32	1,60	1,55	1,71	1,52	1,32
Søndag	1,18	1,26	1,54	1,58	1,69	1,57	1,34

Tabell 6. Gjennomsnittlig standardavvik av forbruket, fordelt på timeintervaller, til husholdningene i desember 2011

Standardavvik for husholdning i desember							
Dager	Timer i døgnet						
	1-4	5-7	8-10	11-16	17-21	22-23	24
Mandag	1,39	1,46	1,67	1,69	1,78	1,66	1,51
Tirsdag	1,36	1,49	1,72	1,68	1,84	1,73	1,57
Onsdag	1,45	1,53	1,79	1,76	1,91	1,79	1,66
Torsdag	1,45	1,55	1,76	1,73	1,82	1,76	1,60
Fredag	1,39	1,55	1,68	1,73	1,85	1,68	1,60
Lørdag	1-6	7-9	10-12	13-15	16-19	20-23	24
	1,44	1,58	1,91	1,89	2,04	1,79	1,60
Søndag	1,46	1,54	1,85	1,90	1,90	1,75	1,55

Tabell 7. Gjennomsnittlig standardavvik av forbruket, fordelt på timeintervaller, til husholdningene i januar 2012

Standardavvik for husholdning i januar							
Dager	Timer i døgnet						
	1-4	5-7	8-10	11-16	17-21	22-23	24
Mandag	1,61	1,75	1,97	1,84	2,02	1,91	1,77
Tirsdag	1,60	1,75	1,94	1,79	1,98	1,85	1,67
Onsdag	1,51	1,64	1,84	1,73	1,92	1,85	1,71
Torsdag	1,52	1,65	1,85	1,73	1,93	1,94	1,77
Fredag	1,62	1,65	1,94	1,73	2,04	1,84	1,77
Lørdag	1-6	7-9	10-12	13-15	16-19	20-23	24
	1,63	1,74	1,97	1,95	2,06	1,89	1,71
Søndag	1,64	1,72	1,95	1,92	2,02	1,92	1,71



Figur 20. Gjennomsnittsuker for husholdning i februar og mars 2012, hvor primæraksen er gjennomsnittlig kWh og sekundæraksen er ladningene til PC1

Snittuken for februar og mars var karakterisert ved at peakene om morgen og ettermiddag/kveld var tilnærmet like store for alle dagene i uken (Figur 20). Det var også gjennomgående at forbruket midt på dagen var nesten like lavt som for natten i ukedagene, med unntak av mandag i februar. Forbruket midt på dagen i helgene gikk også en del ned. Differansen mellom den største topplasten og den laveste grunnlasten i ukesnittene var på 0,97 kWh i februar og 1,07 kWh i mars.

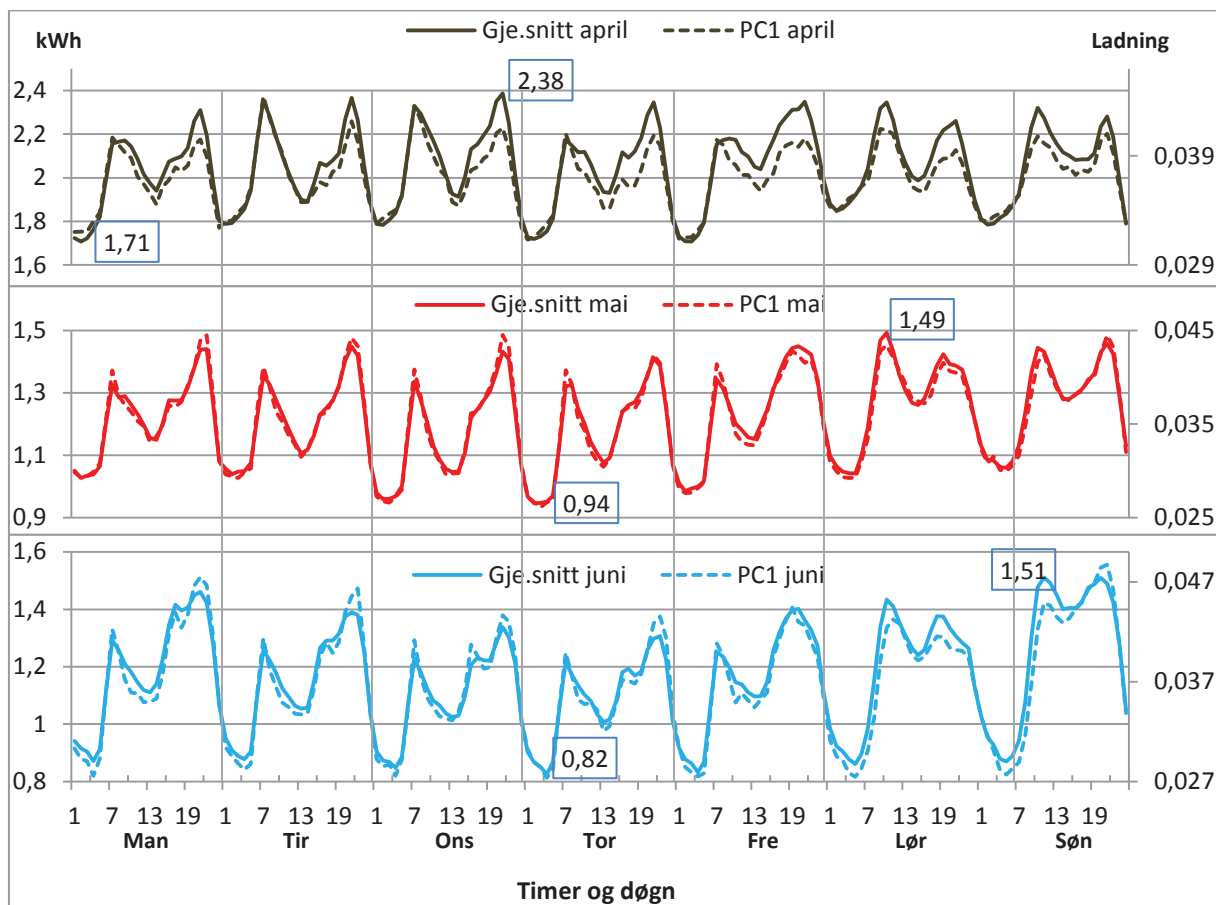
PC1 plottet og standardavvikene i Tabell 8 og 9, for begge månedene, viste at variasjonene var større om morgenen enn om kvelden i ukedagene. På dette området skilte februar og mars seg særlig ut. Standardavvikene i februar var størst av alle månedene. I ukesnittene for februar og mars varierte disse med henholdsvis ca 0,52 kWh og 0,54 kWh (Tabell 8 og 9). PC2 i februar viste det vi kan kalle for morgenstruktur, det var timene rundt 5-6 og den første halvdelen av måneden, som gav de systematiske variasjonene. I mars gav PC2 ettermiddags – og kveldsstrukturer.

Tabell 8. Gjennomsnittlig standardavvik av forbruket, fordelt på timeintervaller, til husholdningene i februar 2012

Standardavvik for husholdning i februar							
Dager	Timer i døgnet						
	1-4	5-7	8-10	11-16	17-21	22-23	24
Mandag	1,78	1,92	2,09	1,92	2,07	1,92	1,79
Tirsdag	1,67	1,79	1,94	1,75	1,93	1,88	1,73
Onsdag	1,65	1,78	1,97	1,80	1,97	1,92	1,79
Torsdag	1,73	1,88	2,08	1,87	2,06	2,09	1,91
Fredag	1,82	1,88	2,14	1,87	2,09	1,95	1,91
	1-6	7-9	10-12	13-15	16-19	20-23	24
Lørdag	1,82	1,98	2,17	2,06	2,07	1,99	1,83
Søndag	1,80	1,93	2,08	1,98	2,05	2,04	1,86

Tabell 9. Gjennomsnittlig standardavvik av forbruket, fordelt på timeintervaller, til husholdningene i mars 2012

Standardavvik for husholdning i mars							
Dager	Timer i døgnet						
	1-4	5-7	8-10	11-16	17-21	22-23	24
Mandag	1,34	1,56	1,71	1,43	1,62	1,61	1,41
Tirsdag	1,30	1,47	1,64	1,41	1,56	1,54	1,36
Onsdag	1,25	1,48	1,67	1,48	1,63	1,60	1,41
Torsdag	1,32	1,51	1,66	1,41	1,60	1,67	1,45
Fredag	1,32	1,51	1,69	1,41	1,66	1,54	1,45
	1-6	7-9	10-12	13-15	16-19	20-23	24
Lørdag	1,42	1,61	1,79	1,66	1,70	1,71	1,49
Søndag	1,44	1,58	1,72	1,62	1,66	1,69	1,42



Figur 21. Gjennomsnittsuker for husholdning i april, mai og juni 2012, hvor primæraksen er gjennomsnittlig kWh og sekundæraksen er ladningene til PC1

Snittukene i april, mai og juni hadde flere likheter (Figur 21). Morgenpeaken i ukedagene kom i time 7 og helgene i time 10. Unntakene var mandag og fredag i april, hvor morgenpeaken kom litt senere. Lørdagene skilte seg ut for disse tre månedene ved at forbruket var størst på morgenen. Kveldspeaken i ukedagene, bortsett fra fredag, var størst i timene mellom 21-22 for så å få en bratt nedgang mot midnatt. Fredagene hadde en kveldspeak som startet rundt time 19 og varte til time 22. Helgene hadde minst nedgang i forbruket midt på dagen. Differansen mellom det største og laveste forbruket i ukesnittene var på 0,55 kWh i mai og 0,68 kWh i april og juni.

PC1 for mai viste en del større variasjon om ettermiddagen enn om morgenen, bortsett fra lørdagen. PC1 i april var variasjonene om morgen og kveld ganske like for de fleste dagene. PC2 for april gav ettermiddags/kveldstrukturer i ukedagene, mens for helger og fridager gav den variasjoner fra formiddagen og ut kvelden. I mai og juni viste PC2 morgenstrukturer. Det var timene rundt 8-9 og første halvdel av måneden, som forklarte den systematiske variasjonen i PC2.

Standardavvikene til ukesnittene varierte med ca 0,42 kWh i april, ca 0,48 kWh i mai og ca 0,49 kWh i juni. Ettermiddagen/kvelden hadde det største standardavviket i de tre månedene, Tabell 10, 11 og 12.

Tabell 10. Gjennomsnittlig standardavvik av forbruket, fordelt på timeintervaller, til husholdningene i april 2012

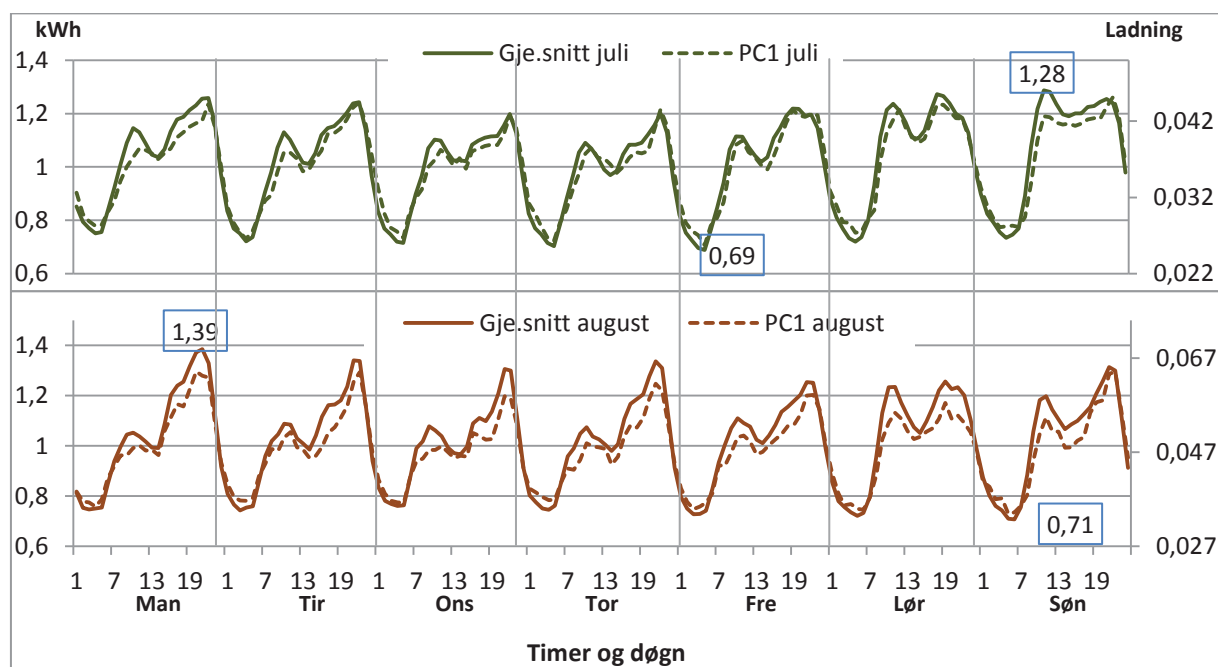
Standardavvik for husholding i april							
Dager	Timer i døgnet						
	1-4	5-7	8-10	11-16	17-21	22-23	24
Mandag	1,23	1,44	1,54	1,45	1,54	1,41	1,26
Tirsdag	1,26	1,54	1,57	1,43	1,54	1,49	1,32
Onsdag	1,27	1,51	1,57	1,44	1,57	1,43	1,25
Torsdag	1,21	1,42	1,50	1,43	1,52	1,54	1,28
Fredag	1,21	1,42	1,52	1,43	1,58	1,46	1,28
Lørdag	1-6	7-9	10-12	13-15	16-19	20-23	24
	1,35	1,53	1,63	1,51	1,56	1,49	1,30
Søndag	1,28	1,48	1,62	1,56	1,53	1,51	1,27

Tabell 11. Gjennomsnittlig standardavvik av forbruket, fordelt på timeintervaller, til husholdningene i mai 2012

Standardavvik for husholdning i mai							
Dager	Timer i døgnet						
	1-4	5-7	8-10	11-16	17-21	22-23	24
Mandag	0,86	1,04	1,12	1,07	1,17	1,16	0,91
Tirsdag	0,85	1,05	1,10	1,02	1,17	1,14	0,90
Onsdag	0,79	1,02	1,06	0,97	1,17	1,14	0,90
Torsdag	0,82	1,03	1,15	1,03	1,17	1,21	0,93
Fredag	0,81	1,19	1,10	1,22	1,24	1,15	1,16
Lørdag	1-6	7-9	10-12	13-15	16-19	20-23	24
	0,88	1,15	1,27	1,16	1,20	1,16	1,02
Søndag	0,91	1,06	1,26	1,17	1,19	1,21	0,95

Tabell 12. Gjennomsnittlig standardavvik av forbruket, fordelt på timeintervaller, til husholdningene i juni 2012

Standardavvik for husholdning i juni							
Dager	Timer i døgnet						
	1-4	5-7	8-10	11-16	17-21	22-23	24
Mandag	0,72	0,92	1,01	0,99	1,14	1,08	0,89
Tirsdag	0,73	0,91	0,99	0,94	1,09	1,05	0,85
Onsdag	0,71	0,90	0,96	0,94	1,06	1,03	0,83
Torsdag	0,71	0,89	0,97	0,93	1,02	1,08	0,86
Fredag	0,71	0,89	1,01	0,93	1,13	1,02	0,86
Lørdag	1-6	7-9	10-12	13-15	16-19	20-23	24
	0,74	0,95	1,17	1,09	1,13	1,06	0,93
Søndag	0,76	0,91	1,20	1,18	1,20	1,13	0,85



Figur 22. Gjennomsnittsuken for husholdning i juli og august 2012, hvor primæraksen er gjennomsnittlig kWh og sekundæraksen er ladningene til PC1

Det som karakteriserte ukesnittene i juli og august, var blant annet sene morgenpeakere i ukedagene, rundt time 10 (Figur 22). Lørdagene hadde like store peakere morgen og kveld. I august, mandag til torsdag, var kveldsforbruk meget høyt i forhold til morgenen. I juli, delvis også i august, gikk forbruket lite ned midt på dagen i ukedagene. Det var altså mindre forskjell i forbruket over dagen hele uken. PC1 viste stort sett de samme strukturene som gjennomsnittet. Differansen mellom det største og laveste forbruket i ukesnittene var på 0,59 kWh i juli og 0,68 kWh i august.

Standardavvikene i ukesnittene varierte med ca 0,44 kWh i juli og ca 0,43 kWh i august. De største standardavvikene var om ettermiddagen/kvelden for begge månedene (Tabell 13 og 14).

Tabell 13. Gjennomsnittlig standardavvik av forbruket, fordelt på timeintervaller, til husholdningene i juli 2012

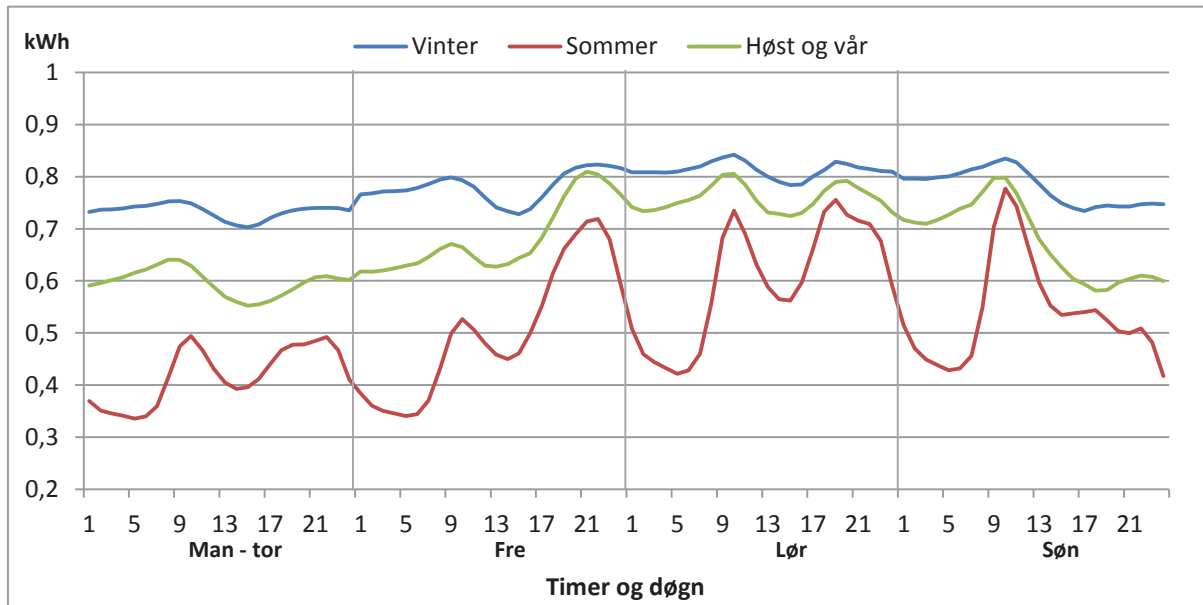
Standardavvik for husholdning i juli							
Dager	Timer i døgnet						
	1-4	5-7	8-10	11-16	17-21	22-23	24
Mandag	0,66	0,73	0,92	0,96	1,02	0,99	0,83
Tirsdag	0,63	0,72	0,90	0,93	1,01	0,90	0,85
Onsdag	0,65	0,71	0,92	0,94	0,97	0,98	0,85
Torsdag	0,65	0,69	0,90	0,92	0,97	1,02	0,84
Fredag	0,64	0,69	0,91	0,92	1,04	0,98	0,84
	1-6	7-9	10-12	13-15	16-19	20-23	24
Lørdag	0,66	0,82	1,07	1,00	1,07	1,00	0,84
Søndag	0,68	0,79	1,07	1,06	1,06	1,02	0,83

Tabell 14. Gjennomsnittlig standardavvik av forbruket, fordelt på timeintervaller, til husholdningene fra 1.-18- august 2012

Standardavvik for husholdning i august							
Dager	Timer i døgnet						
	1-4	5-7	8-10	11-16	17-21	22-23	24
Mandag	0,63	0,76	0,90	0,93	1,08	0,98	0,78
Tirsdag	0,64	0,75	0,91	0,91	1,01	1,00	0,82
Onsdag	0,65	0,76	0,91	0,90	0,99	0,97	0,75
Torsdag	0,64	0,75	0,90	0,91	1,03	1,06	0,78
Fredag	0,62	0,75	0,92	0,91	1,01	0,99	0,78
	1-6	7-9	10-12	13-15	16-19	20-23	24
Lørdag	0,64	0,85	1,05	0,97	1,04	0,98	0,84
Søndag	0,64	0,78	1,02	0,96	1,02	1,05	0,78

4.3 Døgn og ukevariasjoner for hytter

I dette kapittelet er strømforbruket temperaturkorrigert. Forbruksmønstrene i kategorien hytter varierte mye mellom de ulike sesongene, vist i Figur 23. Figuren viser et snitt av dagene mandag til torsdag, fredag, lørdag og søndag. Vintermånedene er fra desember til februar, høst- og vårmånedene er november, mars og april og sommermånedene er fra mai til august.



Figur 23. Forbruksmønstre for en gjennomsnittlig ukedag, lørdag og søndag for henholdsvis vinter, sommer, høst og vår i kategorien hytter

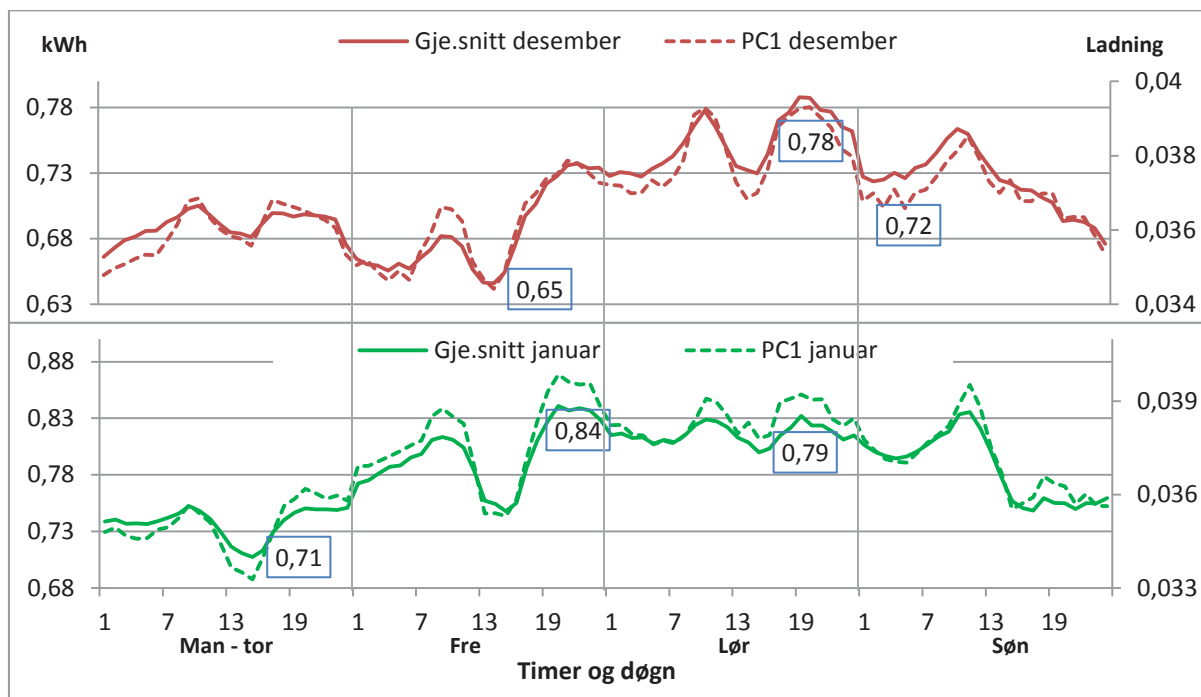
Vintermånedene hadde et relativt jevnt forbruk gjennom hele uken. Om høsten og våren økte forbruket en del fredag kveld, og hadde tydelige peaker morgen og kveld lørdag og morgen søndag. Dette var enda mer karakteristisk for sommermånedene. Her hadde også mandag til torsdag peaker morgen og kveld. Det kom også fram at vinter, høst og vår hadde små tendenser til økt forbruk morgen og kveld alle dagene i uken. Dette vil en se tydeligere når hver måned blir presentert for seg.

Forbruket gjennom uken varierte en del i forhold til de ulike månedene. Dette kommer fram av ukeprofilene for alle månedene, Figurene 24, 26, 27, 29 og 30, med gjennomsnitt og forklart varians, samt Tabellene 16 - 25 med standardavvik.

Tabell 15. Prosent fordeling av forklart varians i PC1 og PC2 for de ulike månedene i kategorien

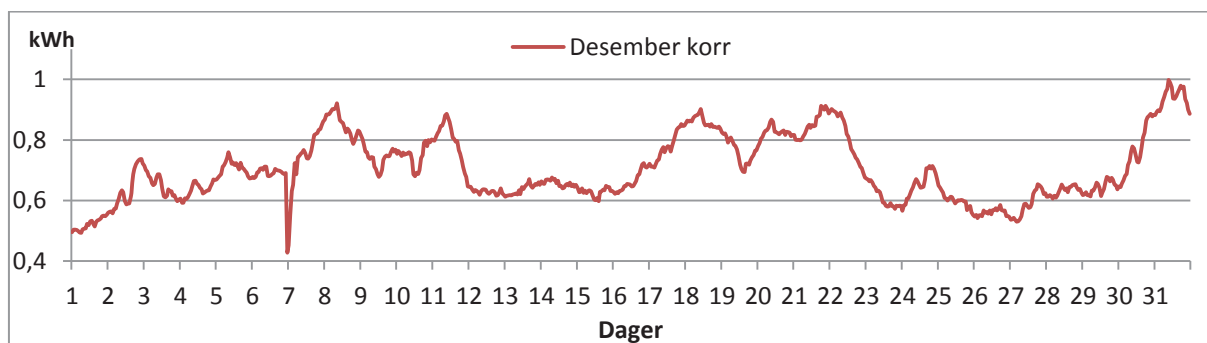
Hytter		
	% av forklart varians	
Måned	PC1	PC2
<i>November</i>	74 %	3 %
<i>Desember</i>	82 %	3 %
<i>Januar</i>	87 %	2 %
<i>Februar</i>	86 %	3 %
<i>Mars</i>	69 %	5 %
<i>April</i>	60 %	8 %
<i>Mai</i>	53 %	5 %
<i>Juni</i>	49 %	4 %
<i>Juli</i>	47 %	3 %
<i>August</i>	46 %	4 %

PC1 for alle månedene gav strukturer som i ulik grad følger det samme mønsteret som gjennomsnittet, altså døgnvariasjoner. For å vise dette er verdiene for PC1 og gjennomsnitt plottet i samme diagram. PC1 stod for mellom 46 % og 87 % av den forklarte variansen for alle månedene, se Tabell 15. PC2 stod for en liten andel av den forklarte variansen. De komponentene som gir klare strukturer, blir beskrevet underveis. Ladningsplottene for PC2 og skårplott for PC1 og PC2 følger Vedlegg G. Skårplottene viste kun en gruppering per analyse.



Figur 24. Gjennomsnittsuker for hytter i desember 2011 og januar 2012, hvor primæraksen er gjennomsnittlig kWh og sekundæraksen er ladningene til PC1

Ukeprofilen for desember og januar viste at det var liten grad av struktur i forbruket mellom dagene, Figur 24. Det var likevel små tendenser til økt forbruk om morgen og kveld mandag til torsdag. I desember var forbruket størst lørdag morgen og kveld. Som Figur 25 viser så kom denne økningen av blant annet høyt forbruk nyttårsaften, og i 2011 var denne på en lørdag. Januar hadde også en økning i forbruket fredag kveld til søndag morgen. Økningen som kom i form av helgeaktivitet, var svært liten for begge månedene. Den store nedgangen natt til 7.desember skyldtes strømbrudd (Figur 25). PC1 verdiene for begge månedene viker noe fra gjennomsnittsmønstret.



Figur 25. Gjennomsnittlig strømforbruk for hytter i desember 2011

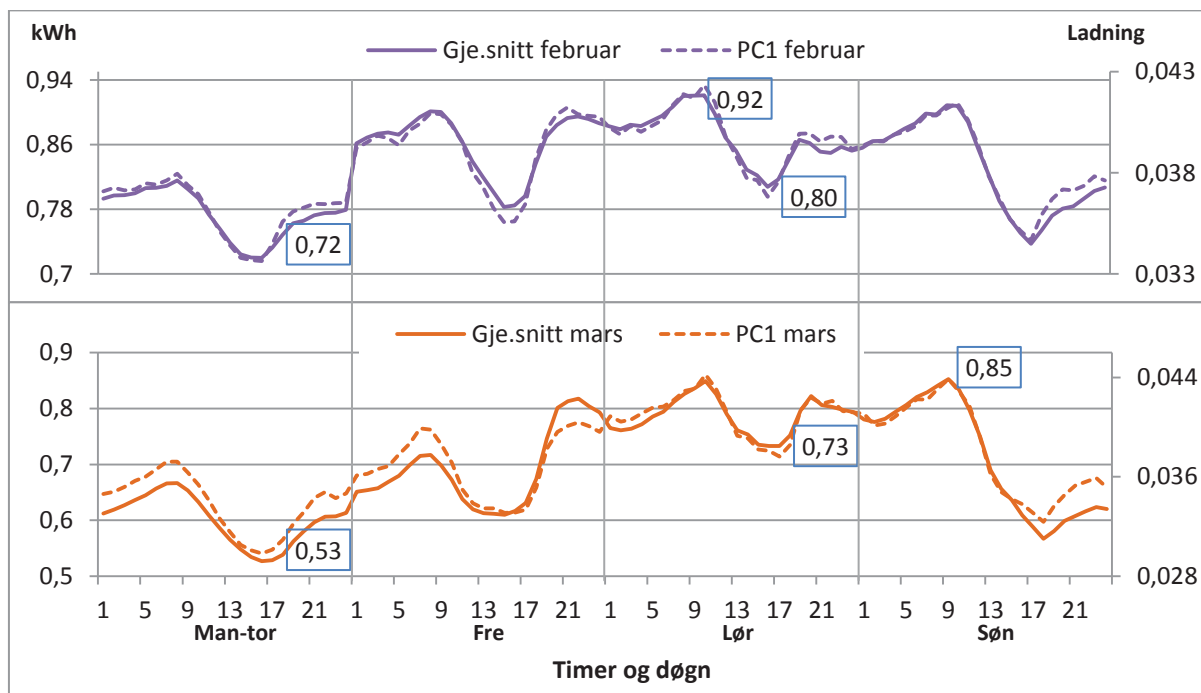
Standardavvikene i ukesnittene varierte lite mellom timer og dager, med ca 0,16 kWh i desember og ca 0,20 kWh i januar. Standardavvikene var størst i helgene for begge månedene (Tabell 16 og 17).

Tabell 16. Gjennomsnittlig standardavvik av forbruket, fordelt på timeintervaller, til hytter i desember 2011

Standardavvik for hytter desember							
Dager	Timer i døgnet						
	1-4	5-7	8-10	11-16	17-21	22-23	24
Mandag	0,84	0,84	0,87	0,85	0,86	0,84	0,83
Tirsdag	0,83	0,83	0,86	0,87	0,91	0,88	0,85
Onsdag	0,85	0,86	0,90	0,91	0,93	0,93	0,91
Torsdag	0,88	0,87	0,90	0,89	0,90	0,90	0,87
Fredag	0,85	0,87	0,89	0,89	0,96	0,95	0,87
Dager	1-6	7-9	10-12	13-15	16-19	20-23	24
Lørdag	0,90	0,93	0,98	0,94	0,99	0,97	0,93
Søndag	0,89	0,90	0,94	0,92	0,90	0,87	0,85

Tabell 17. Gjennomsnittlig standardavvik av forbruket, fordelt på timeintervaller, til hytter i januar 2012

Standardavvik for hytter januar							
Dager	Timer i døgnet						
	1-4	5-7	8-10	11-16	17-21	22-23	24
Mandag	0,96	0,97	0,99	0,96	0,99	0,99	0,98
Tirsdag	0,95	0,95	0,97	0,94	0,96	0,94	0,93
Onsdag	0,89	0,88	0,90	0,88	0,93	0,92	0,92
Torsdag	0,90	0,90	0,92	0,90	0,98	1,00	0,99
Fredag	0,98	0,90	1,02	0,90	1,10	1,12	0,99
Dager	1-6	7-9	10-12	13-15	16-19	20-23	24
Lørdag	1,03	1,02	1,07	1,06	1,08	1,06	1,04
Søndag	1,01	1,02	1,08	1,01	0,98	0,97	0,95



Figur 26. Gjennomsnittsuker for hytter i februar og mars 2012, hvor primæraksen er gjennomsnittlig kWh og sekundæraksen er ladningene til PC1

Forbruksmønstrene for februar og mars var svært like, se Figur 26. Mandag til torsdag var det en liten økning i morgentimene før time 9. Videre gikk forbruket en del ned i time 17 og økte gjennom natten mot time 9 fredag morgen. Fredag kveld gikk forbruket opp og falt lite natt til lørdag. Søndag hadde kun en peak rundt time 12. Differansen mellom forbruket som kom av helgeaktivitet og resten av uken var svært lav i februar og litt større i mars.

PC1 fulgte stort sett den samme strukturen som gjennomsnittet. PC2 i februar gav en struktur der det var størst variasjon på ettermiddagene fra 17.-25.02, som var vinterferieuke i 2012. PC2 for mars viste noe som kan tolkes som en egen helgestruktur de to siste helgene i mars.

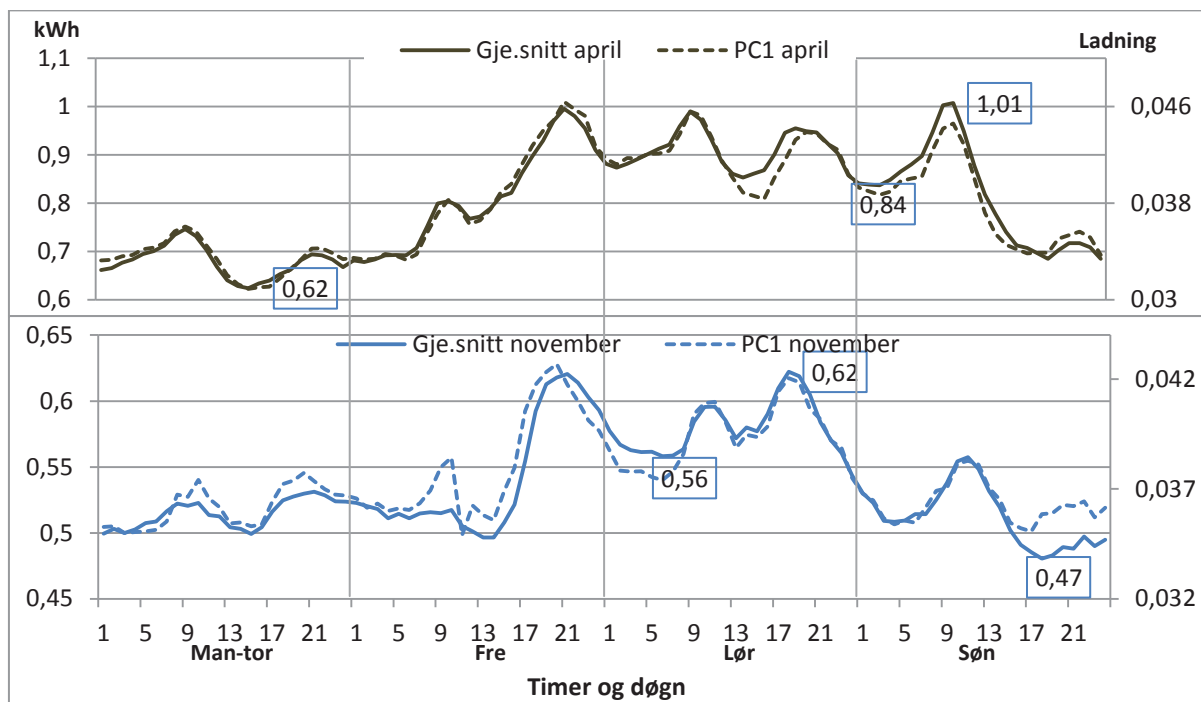
Standardavvikene i februar var størst av alle månedene. Disse varierte lite innad i måneden med i snitt ca 0,24 kWh. I mars varierte de med ca 0,37 kWh, se Tabell 18 og 19.

Tabell 18. Gjennomsnittlig standardavvik av forbruket, fordelt på timeintervaller, til hytter i februar 2012

Standardavvik for hytter i februar							
Dager	Timer i døgnet						
	1-4	5-7	8-10	11-16	17-21	22-23	24
Mandag	1,09	1,10	1,10	1,06	1,07	1,04	1,04
Tirsdag	1,03	1,03	1,03	0,94	0,97	0,99	0,98
Onsdag	1,01	1,02	1,04	1,00	1,01	1,03	1,03
Torsdag	1,07	1,08	1,11	1,03	1,12	1,15	1,14
Fredag	1,13	1,08	1,18	1,03	1,22	1,25	1,14
Dager	1-6	7-9	10-12	13-15	16-19	20-23	24
Lørdag	1,18	1,22	1,23	1,15	1,17	1,18	1,15
Søndag	1,15	1,18	1,19	1,10	1,05	1,08	1,07

Tabell 19. Gjennomsnittlig standardavvik av forbruket, fordelt på timeintervaller, til hytter i mars 2012

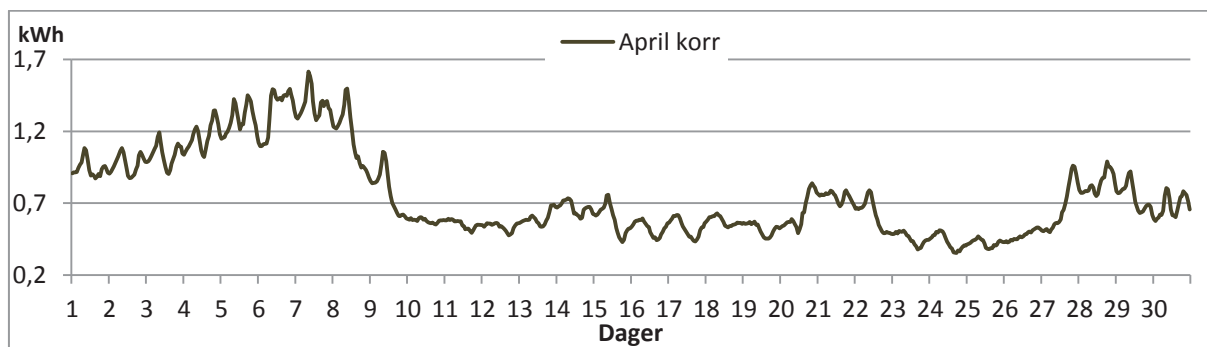
Standardavvik for hytter i mars							
Dager	Timer i døgnet						
	1-4	5-7	8-10	11-16	17-21	22-23	24
Mandag	0,80	0,84	0,85	0,74	0,75	0,79	0,78
Tirsdag	0,78	0,80	0,81	0,72	0,72	0,74	0,74
Onsdag	0,75	0,79	0,80	0,76	0,77	0,81	0,81
Torsdag	0,80	0,83	0,83	0,74	0,82	0,86	0,84
Fredag	0,83	0,83	0,89	0,74	1,03	1,09	0,84
Dager	1-6	7-9	10-12	13-15	16-19	20-23	24
Lørdag	0,95	0,99	1,04	0,98	1,02	1,05	0,97
Søndag	0,94	1,00	1,00	0,86	0,80	0,81	0,80



Figur 27. Gjennomsnittsuker for hytter i november 2011 og april 2012, hvor primæraksen er gjennomsnittlig kWh og sekundæraksen er ladningene til PC1

Forbruksmønstrene for ukesnittene i november og april viste noen likheter, se Figur 27. Mandag til torsdag hadde to små peaker morgen og kveld. Forbruket økte fredag kveld og gikk relativt lite ned natt til lørdag. Videre var forbruket høyt fredag kveld, lørdag morgen og søndag morgen i april. Dette kom av påsken 2012 som var fra 1. til 9. april, se Figur 28.

PC1 avvikene fredag i november rundt time 12 skyldtes strømbrydd. PC2 for april gav en struktur som viste døgnvariasjonene i påsken. I november gav PC2 en egen struktur for helgene, hvor de to første helgene stod for det meste av variasjonene.



Figur 28. Gjennomsnittlig strømforbruk for hytter i april 2012

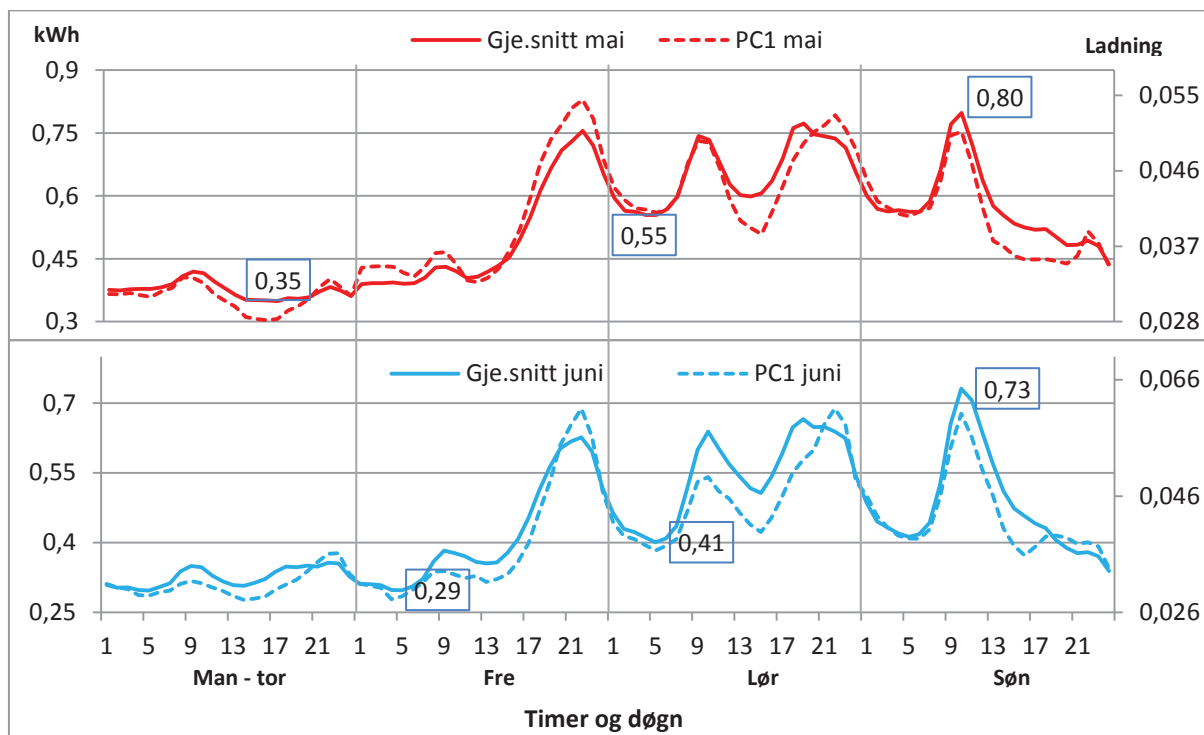
Standardavvikene i november varierte i snitt med ca 0,26 kWh. I april var det større differanse med ca 0,46 kWh.

Tabell 20. Gjennomsnittlig standardavvik av forbruket, fordelt på timeintervaller, til hytter i november 2011

Standardavvik for november							
Dager	Timer i døgnet						
	1-4	5-7	8-10	11-16	17-21	22-23	24
Mandag	0,68	0,68	0,72	0,70	0,73	0,70	0,70
Tirsdag	0,66	0,66	0,70	0,70	0,72	0,72	0,70
Onsdag	0,69	0,70	0,73	0,69	0,73	0,71	0,69
Torsdag	0,67	0,66	0,71	0,72	0,77	0,77	0,76
Fredag	0,72	0,66	0,75	0,72	0,94	0,92	0,76
Dager	Timer i døgnet						
	1-6	7-9	10-12	13-15	16-19	20-23	24
Lørdag	0,78	0,79	0,87	0,84	0,92	0,85	0,76
Søndag	0,71	0,73	0,81	0,77	0,71	0,69	0,69

Tabell 21. Gjennomsnittlig standardavvik av forbruket, fordelt på timeintervaller, til hytter i april 2012

Standardavvik for hytter april							
Dager	Timer i døgnet						
	1-4	5-7	8-10	11-16	17-21	22-23	24
Mandag	0,91	0,94	1,07	0,94	0,95	0,94	0,90
Tirsdag	0,89	0,92	0,97	0,88	0,90	0,92	0,90
Onsdag	0,89	0,92	0,96	0,89	0,95	0,94	0,90
Torsdag	0,87	0,90	0,97	0,94	1,00	1,00	0,93
Fredag	0,90	0,90	1,02	0,94	1,33	1,33	0,93
Dager	Timer i døgnet						
	1-6	7-9	10-12	13-15	16-19	20-23	24
Lørdag	1,13	1,22	1,26	1,20	1,30	1,29	1,13
Søndag	1,07	1,20	1,26	1,07	1,02	1,03	0,95



Figur 29. Gjennomsnittsuker for hytter i mai og juni 2012, hvor primæraksen er gjennomsnittlig kWh og sekundæraksen er ladningene til PC1

Karakteristikken til forbruksmønstrene i mai og juni var like store peakers fredag kveld, lørdag morgen og lørdag kveld, se Figur 29. I tillegg kom peakene i de samme timene, og den største peaken lå rundt time 10 søndag. PC1 gav litt andre strukturen enn gjennomsnittet. Blant annet viste disse strukturer med større topper fredag kveld og en forskyvning i toppen lørdag kveld. PC2 for mai viste en egen helgestruktur gjennom hele måneden, hvor det var helgen 18.-20.05 som sto for det meste av variasjonen. I mai viste PC2 en struktur med variasjoner kun den første helgen.

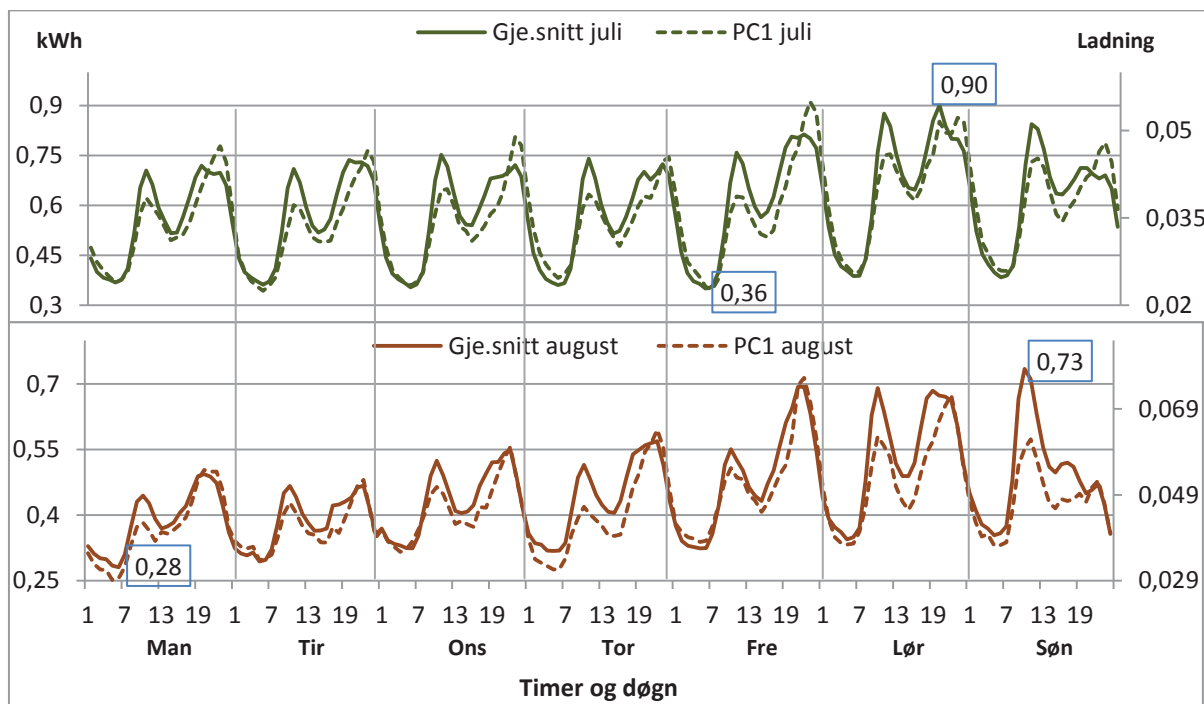
Standardavvikene i ukesnittene varierte med ca 0,49 kWh i mai og ca 0,53 kWh i juni (Tabell 22 og 23). Det var helgene som hadde de største standardavvikene i begge månedene.

Tabell 22. Gjennomsnittlig standardavvik av forbruket, fordelt på timeintervaller, til hytter i mai 2012

Standardavvik for hytter mai							
Dager	Timer i døgnet						
	1-4	5-7	8-10	11-16	17-21	22-23	24
Mandag	0,59	0,60	0,71	0,62	0,59	0,59	0,57
Tirsdag	0,61	0,63	0,67	0,58	0,56	0,56	0,53
Onsdag	0,51	0,53	0,56	0,50	0,57	0,60	0,56
Torsdag	0,55	0,57	0,64	0,61	0,69	0,76	0,66
Fredag	0,62	0,57	0,68	0,61	1,04	1,09	0,66
Dager	Timer i døgnet						
	1-6	7-9	10-12	13-15	16-19	20-23	24
Lørdag	0,79	0,92	0,96	0,85	1,00	1,04	0,92
Søndag	0,77	0,90	0,98	0,81	0,77	0,73	0,66

Tabell 23. Gjennomsnittlig standardavvik av forbruket, fordelt på timeintervaller, til hytter i juni 2012

Standardavvik for hytter i juni							
Dager	Timer i døgnet						
	1-4	5-7	8-10	11-16	17-21	22-23	24
Mandag	0,49	0,51	0,60	0,55	0,60	0,59	0,54
Tirsdag	0,48	0,48	0,54	0,49	0,54	0,55	0,51
Onsdag	0,46	0,47	0,53	0,49	0,55	0,59	0,53
Torsdag	0,47	0,47	0,55	0,51	0,57	0,63	0,56
Fredag	0,48	0,47	0,59	0,51	0,88	0,98	0,56
Dager	Timer i døgnet						
	1-6	7-9	10-12	13-15	16-19	20-23	24
Lørdag	0,63	0,75	0,87	0,76	0,88	0,99	0,81
Søndag	0,65	0,79	1,00	0,77	0,69	0,63	0,54



Figur 30. Gjennomsnittsuker for hytter i juli og august 2012, hvor primæraksen er gjennomsnittlig kWh og sekundæraksen er ladningene til PC1

Felles for forbruksmønstrene i juli og august var tydelige peaker morgen og kveld for ukedagene, se Figur 30. I tillegg var morgenpeaken størst i time 10 for alle dagene i uken. Differansen mellom ukedagene og helgene var større i august enn i juli. PC1 viste i stor grad de samme strukturene som gjennomsnittet, med noen unntak. PC2 for juli viste døgnvariasjoner slik som PC1, men kun for første halvdel av måneden. Det samme gjaldt for PC2 i august, men her var døgnvariasjonene kun fram til 05.08.

Standardavvikene i ukesnittene varierte med ca 0,53 kWh i juli og ca 0,49 kWh i august, se Tabell 24 og 25.

Tabell 24. Gjennomsnittlig standardavvik av forbruket, fordelt på timeintervaller, til hytter i juli 2012

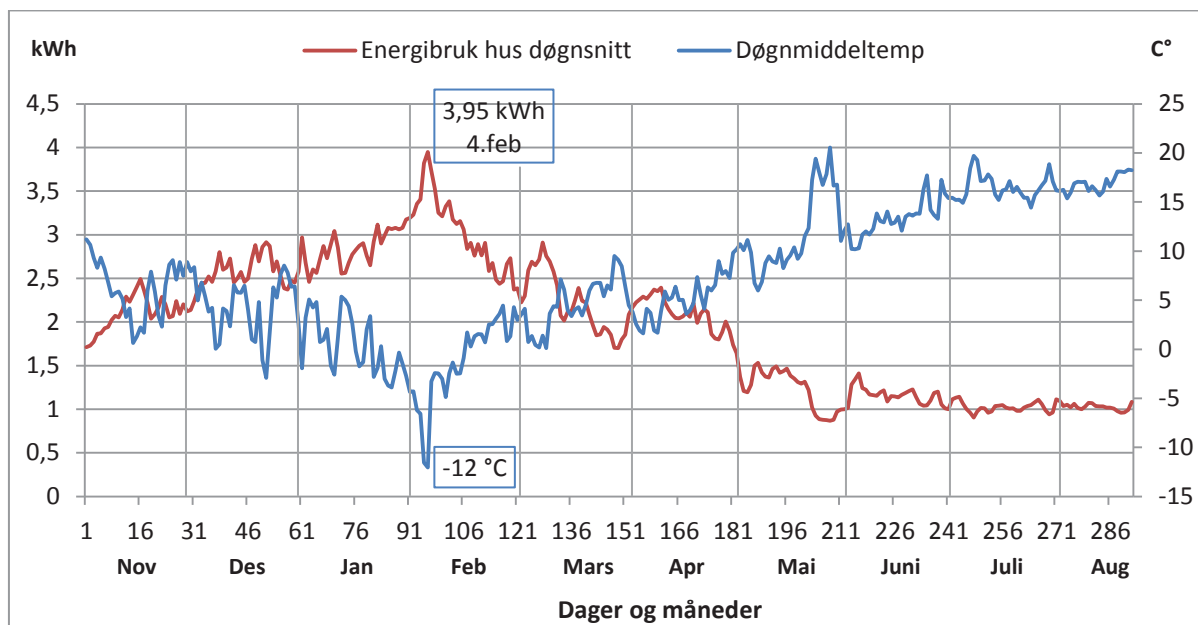
Standardavvik for hytter juli							
Dager	Timer i døgnet						
	1-4	5-7	8-10	11-16	17-21	22-23	24
Mandag	0,52	0,50	0,77	0,74	0,86	0,89	0,72
Tirsdag	0,50	0,48	0,74	0,73	0,86	0,86	0,71
Onsdag	0,51	0,49	0,78	0,76	0,83	0,91	0,76
Torsdag	0,55	0,51	0,78	0,73	0,83	0,87	0,78
Fredag	0,53	0,51	0,77	0,73	0,94	1,01	0,78
Dager	1-6	7-9	10-12	13-15	16-19	20-23	24
Lørdag	0,56	0,72	0,95	0,83	0,96	1,00	0,84
Søndag	0,57	0,69	0,96	0,81	0,85	0,89	0,71

Tabell 25. Gjennomsnittlig standardavvik av forbruket, fordelt på timeintervaller, til hytter fra 1.-18. august 2012

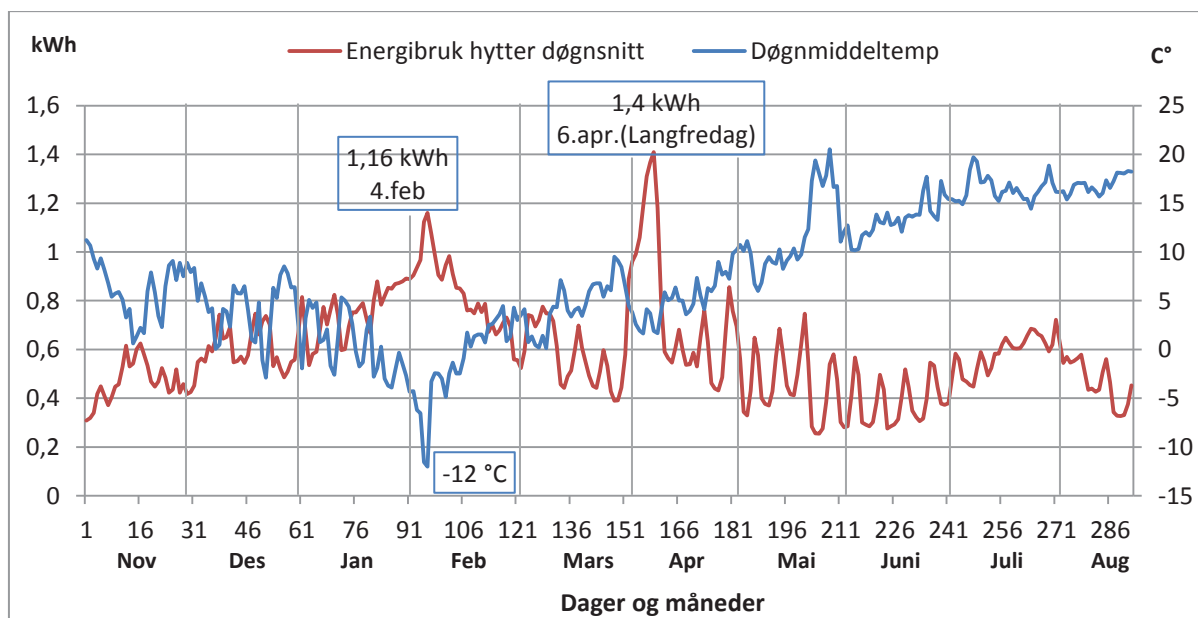
Standardavvik for hytter august							
Dager	Timer i døgnet						
	1-4	5-7	8-10	11-16	17-21	22-23	24
Mandag	0,41	0,40	0,59	0,57	0,68	0,64	0,51
Tirsdag	0,45	0,43	0,62	0,56	0,63	0,62	0,50
Onsdag	0,47	0,47	0,67	0,60	0,70	0,71	0,58
Torsdag	0,43	0,42	0,63	0,59	0,74	0,79	0,61
Fredag	0,48	0,42	0,69	0,59	0,81	0,90	0,61
Dager	1-6	7-9	10-12	13-15	16-19	20-23	24
Lørdag	0,51	0,65	0,84	0,67	0,80	0,88	0,70
Søndag	0,50	0,64	0,85	0,69	0,70	0,64	0,50

4.4 Klima og strømforbruk i husholdning og hytter

Klimavariablene lufttemperatur og vindhastighet er her analysert med hensyn til gjennomsnittlig strømforbruk med i alt fire verdier per døgn for hver av variablene. Strømforbruket i dette kapittelet er ikke temperaturkorrigert. I Figurene 31 og 32 ser en at lufttemperatur og strømforbruk henger tett sammen, husholdningsforbruket i noe større grad enn for hytteforbruket.



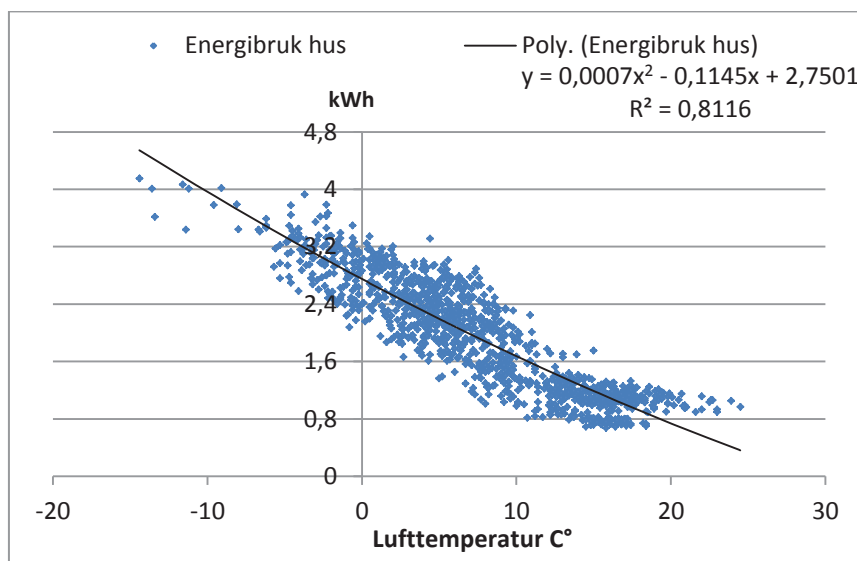
Figur 31. Døgnsnitt strømforbruk for husholdning og døgnmiddeltemperatur fra 1.november 2011 til 18. august 2012



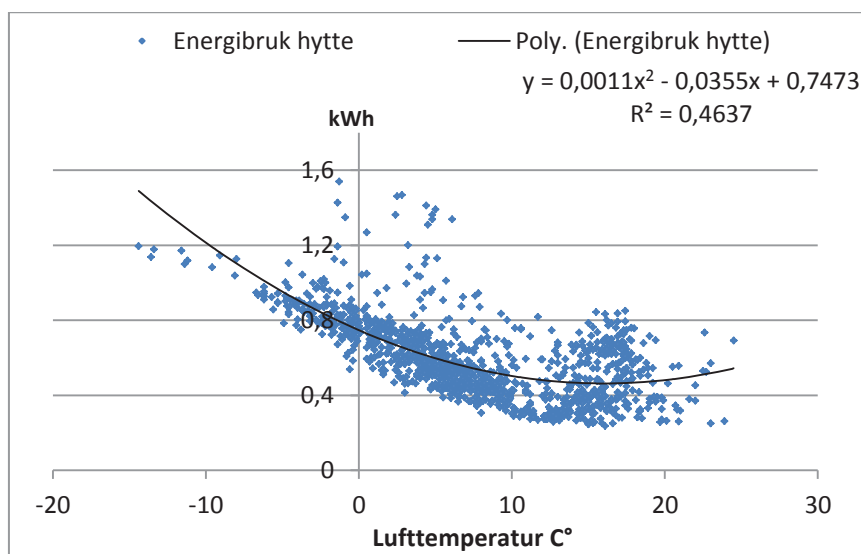
Figur 32. Døgnsnitt strømforbruk for hytter og døgnmiddeltemperatur fra 1.november 2011 til 18. august 2012

Den polynomiske regresjonen på variablene lufttemperatur og strømforbruk i husholdning gav en $R^2=0,81$. Av Figur 33 med tilhørende ligning ser en også at de to variablene hadde en tilnærmet lineær sammenheng. Dette gav en korrelasjonsfaktor, $R=0,90$, og figuren viser at det var en negativ korrelasjon mellom de to variablene, avtagende linje.

For hytter gav den samme analysen en $R^2=0,46$. Av Figur 34 ser en at forbruket er høyest ved lave temperaturer og lavest mellom 10 til 20 °C. Sammenhengen var ikke – lineær, og figuren viser en tendens til en liten økning i forbruket fra 20°. Ved å sammenligne Figur 33 og 34 ser en også at strømforbruket i hyttene hadde større relativ spredning enn for husholdningene. Korrelasjonen mellom strømforbruket i hytter og lufttemperatur var $R=0,68$. Også denne var negativt korrelert, avtagende linje i Figur 34.

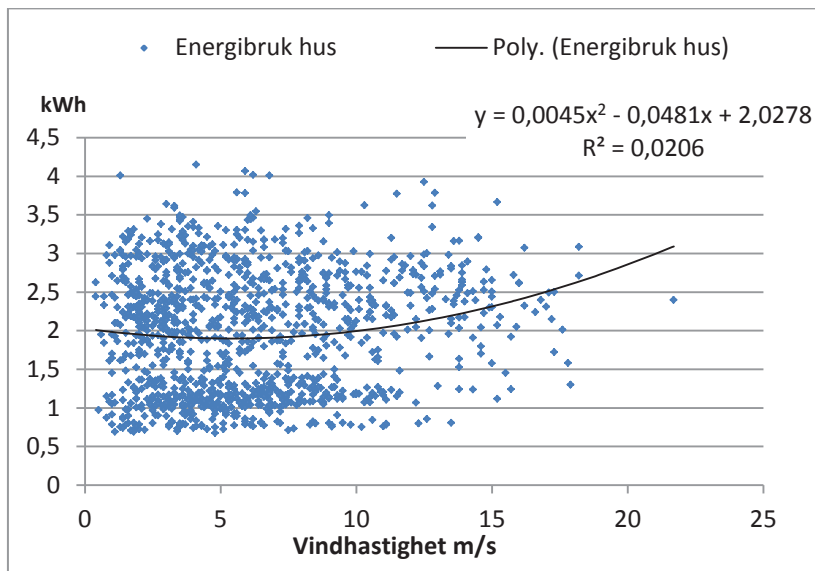


Figur 33. Sammenhengen mellom strømforbruk i husholdning og lufttemperatur.

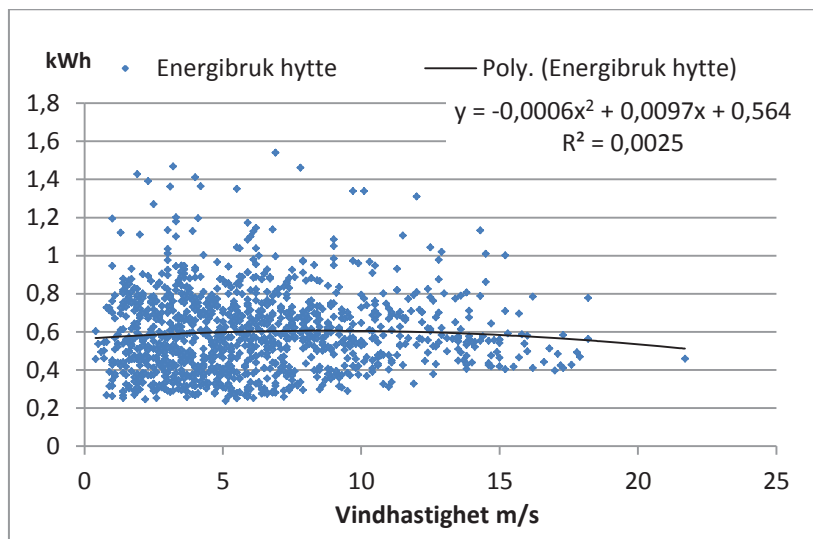


Figur 34. Sammenhengen mellom strømforbruk i hytter og lufttemperatur.

Resultatene fra samme analyse med variablene vindhastighet og strømforbruk er vist i Figurene 35 og 36. Regresjonen gav svært lave verdier av R^2 , henholdsvis 0,021 for husholdning og 0,003 for hytter. Dette gav en korrelasjonskoeffisient på 0,14 for husholdning og 0,05 for hytter.



Figur 35. Sammenhengen mellom strømforbruk i husholdning og vindhastighet.



Figur 36. Sammenhengen mellom strømforbruk i hytter og vindhastighet.

5 DISKUSJON OG KONKLUSJON

5.1 Materiale og metode

5.1.1 Utvalget og forbruksdata

Installeringen av AMS, timesmålinger, i alle målepunktene i Hvaler kommune har gjort det mulig å analysere det aggregerte strømforbruket med svært god nøyaktighet. Andelen hytter og husholdning i datautvalget er så stor i forhold til det totale antallet at det gir et godt grunnlag for å analysere strømforbruket i denne kommunen. Det faktum at dataene er samlet inn fra en hel kommune og mangfoldet det fører med seg, vil gi et representativt bilde av forbruksmønstrene i de fleste andre kommuner. Selv om analysen er gjennomført med data fra et lite geografisk område, vil resultatene derfor være aktuelle og interessante i en nasjonal sammenheng. Det er likevel viktig å merke seg det store antallet eneboliger på Hvaler. Dersom en antar at disse forbruker mer strøm, vil dette medføre at det gjennomsnittlige forbruket er litt høyere enn for andre kommuner med en mindre andel eneboliger.

Etter innføringen av AMS på Hvaler har kundene hatt de samme betingelsene for strømvregning som tidligere. Det vil si at grunnlaget for strømrregningen er det gjennomsnittlige forbruket over kvartalet, og ikke faktisk forbruk, time for time, slik det vil bli innen 1.januar 2017 i henhold til endring av forskrift om AMS § 7-1 (NVE 2011). Kundenes strømforbruk har derfor ikke blitt påvirket av en ny og endret prisstruktur. Det er likevel grunn til å anta at lettere tilgang til informasjon om eget strømforbruk har gjort noen mer bevisste på eget strømforbruk. Gjennom detaljert informasjon om forbrukere; boligtyper, alderssammensetning, med mer, kunne det vært gjort en større grad av kategorisering utover husholdning og hytte. Økt kategorisering ville beskrevet forbruket med bakgrunn i flere kundefaktorer, noe som er en av de viktige faktorene i beskrivelsen av strømforbruket (Seppälä 1996). Dette er ikke gjort i denne oppgaven på grunn av begrensninger i tid og datatilgang i forarbeidet.

Dersom data for et helt år hadde vært tilgjengelig, ville sesongvariasjonene blitt analysert og dokumentert i større grad. Det er likevel variasjonene mellom sommer og vinter som er de viktigste, og disse har blitt fanget opp i det datagrunnlaget som er brukt. Videre kunne en beregnet det totale forbruket per husholdning og hytte for et år, noe som ville gitt et bedre sammenligningsgrunnlag med andre studier. Utvalget, for både hytter og husholdning, fra november 2011 og ut januar 2012 var mindre enn for de andre månedene i utvalget. Utvalget generelt er så stort at denne variasjonen mellom periodene har hatt liten, om noen, effekt på resultatene. Objekt navnene i datamaterialet er ulike for de to periodene, og dette gjør at en ikke kan identifisere og følge det enkelte objektet på tvers av periodene. Denne oppdelingen medførte derfor at en ikke fikk mulighet til å beregne det totale strømforbruket per husholdning og hytte for hele analyseperioden.

Dataene kunne også vært mer bearbeidet i form av interpolering av datapunktene som i perioder mistet strømmen, eller som av andre grunner hadde "missing data" i datasettet. 6. desember og 18. november hadde et strømbrydd (ukjent antall berørte) som førte til avvik i forbruksmønstret i kategorien hytter. Forbruket i disse timene er derfor lavere enn hva en reelt ville kunne forvente. Datasettet for hytter i november hadde 10 % "missing data". Dette vil trolig ikke påvirke gjennomsnittlig forbruk i denne perioden, fordi utvalget i utgangspunktet er så stort.

5.1.2 Meteorologiske data

Dataene for lufttemperatur og vindhastighet er hentet fra meteorologisk institutt og må regnes å ha god nøyaktighet. Den geografiske plasseringen av målestasjonen gjør at vinddataene er mindre egnet til å analysere sammenhengen mellom vindhastighet og strømforbruk. Både vindens hastighet og retning i de lavere luftlagene blir i stor grad påvirket av bakkens ruhet, som er et mål på friksjonen mellom vind og den omkringliggende topografien (Vindmølleindustrien 2003). En kan likevel anta at det er en viss sammenheng mellom vindhastighet rundt målestasjonen og de enkelte analyserte objektene. Temperaturen har ikke like store variasjoner lokalt som vindhastigheten, og dataene vil derfor antas å ha en stor grad av relevans.

5.1.3 Metode

Den deskriptive analysen som gav gjennomsnittlige verdier for hver time, gir en god oversikt over forbruket i kWh fordelt på den gjennomsnittlige boligen. Gjennomsnittsanalysen er sårbar for ekstreme verdier fra enkeltobservasjoner. PCA metoden bør kun brukes på datamateriale hvor variablene er sterkt korrelert med hverandre, slik det er for strømforbruket fra time til time. PC-analysen fanger opp aspekter ved energibruk som i liten grad er dokumentert tidligere. Valideringen av PCA modellen var god, med unntak av PC2 for hytter i juni som gav et avvik tilsvarende 1.8 % mindre av den forklarte variansen.

Det var omlag 2/3 av variasjonene i forbruket som ble modellert ved PC-analysen. Bakgrunnen for at den forklarte variansen ikke utgjorde en større andel er uklart. PC1 ladningene gav likevel klare strukturer og stod for den klart største delen av variasjonene, noe som gav grunnlag for videre tolkning. Standardavvikene i kombinasjon med PC1 gav et mål i kWh på hvor store variasjonene var i hver time.

Skårplottene ble i denne oppgaven kun brukt til å identifisere eventuelle grupperinger av objektene. Disse plottene kunne blitt utnyttet i større grad ved blant annet å finne objekter som skilte seg ut fra grupperingene, for deretter å analysere resultatene uten disse. PCA er en kompleks metode, og det er trolig flere andre aspekter ved strømforbruket som kunne blitt analysert.

I temperaturkorrigeringen ville det vært en fordel med tilgjengelige graddagstall for uker og helst dager, slik at en hadde fått et mer nøyaktig bilde av forbruket i et normalår. Det er også grunn til å anta at 17 grader, som er en forut bestemt innetemperatur for beregning av graddagstall, ikke representerer en normalverdi for hytter om vinteren, fordi de fleste hyttene er lite i bruk fra høsten til tidlig vår. Det kan bety at det gjennomsnittlige forbruket i praksis er lavere enn hva analysene for november, desember og mars tilsier, som er de månedene der det korrigerte forbruket er høyere enn det målte. Strømforbruket til husholdningene i mai varierte i samsvar med temperaturen. Det viser at fyringssesongen muligens er lengre enn det som er angitt i NVEs veileder for *Lokale energiutredninger*. Størrelsen på avviket i resultatene avhenger av differansen mellom lufttemperaturen i mai for et normalår og 2012.

5.2 Resultater

Det var ingen grupperinger av forbrukerne innenfor de ulike kategoriene hytter og husholdning. Det betyr at det er de samme forbrukerne som bidrar til strukturene i PC1 og PC2. I kombinasjon med at den første komponenten stod for den klart største prosenten av forklart varians, gir ikke PC-analysen grunnlag for å definere egne strukturer for ulike forbrukere.

Det summerte forbruket for den gjennomsnittlige husholdning og hytte var svært ulikt, med henholdsvis 14440 kWh og 4325 kWh. Til tross for ulikhetene vil hyttene bidra med tilnærmet like mye effekt i topplasttimene som husholdningene, på grunn av den store andelen hytter som er på Hvaler.

De ulike forbruksmønstrene som er funnet i denne analysen, og som blir diskutert i det følgende, stemmer godt med teorien til Seppälä (1996) om at de ulike tidsfaktorene påvirker forbruket, herunder tid på dagen, ulike dager i uken og sesong. Sesongfaktorene blir diskutert mer i kombinasjon med klima på neste side.

Husholdning

Forbruket i husholdningene viste klare mønstre gjennom hele perioden. De mest dominerende mønstrene var her forbruket og variasjonene gjennom døgnet. Karakteristikken på de ulike ukesnittene gav grunnlag for å sortere månedene. Denne sorteringen viste at det var en grad av sammenheng mellom månedene som hører til samme del av året. I alt er det fire ukeprofiler som beskriver alle månedene. Den første komponenten i PC – analysen gav svært like mønstre som analysen av gjennomsnittet for de fleste av ukesnittene, med unntak av noen timer. Dette viser at variasjonene mellom forbrukerne i hver time, korrelerer i stor grad med gjennomsnittlig forbruk per time. Topplasten om ettermiddagen/kvelden ble forskjøvet jevnt utover dagen fra vintermånedene til sommermånedene. Dette kommer trolig av at dagene blir lengre mot sommeren. Behovet for blant annet belysning er derfor mindre tidligere på kvelden/ettermiddagen. Analysen til Halvorsen og Ericson (2008) ga resultater av forbruket per kWh i topplasttimene som var svært likt med de verdiene som ble funnet her. Det var kun mars og mai som skilte seg ut ved at resultatene til Halvorsen og Ericson viste ca 0,3-0,4 kW høyere forbruk. De sammenfallende resultatene harmonerer godt med at datautvalget til Halvorsen og Ericson er hentet fra et sammenlignbart geografisk område (Telemark og Vestfold).

I studiet til Zimmermann (2009) fant en at det var belysning og oppvarming (med varmtvann) som stod for det meste av økningen mot topplasttimene om morgenen i ukedagene. Belysning og matlaging stod for mer av økningen mot kvelden enn oppvarming, i tillegg kommer forbruk av TV og data i disse timene. I helgene var det også oppvarming og belysning som preget økningen i morgentimene. Det høye forbruket midt på dagen kom av en økning i bruk av TV, data, vasking og tørking og jevnt forbruk til belysning. Andelen av forbruk til oppvarmingen gikk en del ned midt på dagen. Videre viste målingene en økning i forbruk knyttet til belysning, oppvarming og matlaging mot kvelden. Den store oppvarmingsandelen på morgenen kontra ettermiddagen kan være noe av grunnen til at januar, februar, mars og april hadde et relativt høyt forbruk i morgentimene i forhold til kvelden, i motsetning til de andre månedene.

De største variasjonene mellom forbrukerne blir forklart med de samme timene som har størst gjennomsnitt for hele analyseperioden. Videre var standardavvikene størst i vintermånedene. Differansen i snittukene mellom det minste og største standardavviket, for hver måned, var lite

mellom sommer og vinter. En mulig forklaring på dette er at når det gjennomsnittlige forbruket er høyt, slik det er på vinteren, vil variasjoner i type oppvarming og oppvarmingsareal hos de ulike forbrukerne gi tilsvarende større utslag. Forklart varians viste en høyere prosent om vinteren enn om sommeren. De systematiske variasjonene vil derfor være økende ved lave lufttemperaturer og motsatt for høye lufttemperaturer. Også dette må antas å ha en sterk sammenheng med oppvarming.

Hytte

Hytteforbruket hadde ikke samme grad av gjennomgående forbruksmønstre for alle ukesnittene som for husholdningene. I likhet med husholdningene var det her også mulig å sortere ukesnittene med bakgrunn i ulike karakteristikk. Dette gav i alt 4-5 ulike mønstre. Ukesnittene som hadde like mønstre, hørte stort sett til de samme delene av året.

Helgene hadde en økning i forbruket i forhold til ukedagene i alle månedene. Denne økningen var stigende fra mars til mai. I juni og august, delvis i juni, var det også tydelige mønstre i ukedagene, noe en ikke kunne se i den forutgående perioden. Dette viser at de fleste hyttene på Hvaler går under kategorien "sommerhytter", og at de blir mest brukt i sammenheng med helger og feriedager på våren, høsten og sommeren.

Verdiene på første prinsipalkomponent viste stort sett de samme mønstrene som gjennomsnittet, men det var mindre likhet enn for husholdning. Avvikene kom først og fremst i form av størrelsen på toppene, altså hvor store variasjonene er i forhold til gjennomsnittet. Det var derimot stor likhet mellom de enkelte timene som viste høyt gjennomsnitt, og de timene som gav høy variasjon. PC1 hadde størst andel av forklart varians om vinteren, slik som for husholdning. Det er derfor også naturlig å anta at de systematiske variasjonene i hytteforbruket blir lettere fanget opp ved lave temperaturer.

I vintermånedene hadde forbruket fra mandag til torsdag en tendens til økning på morgenen, nedgang midt på dagen og deretter en økning mot kvelden. Disse månedene hadde standardavvik på mellom ca 0,8 - 1 kW i ukedagene. Dette viser at noen hytter blir brukt også på vinterstid hele uken, samt at en stor del av hyttene har et jevnt forbruk av strøm uten at disse er i bruk. Forbruksmønstrene viste også variasjoner som ikke kan kobles til vanlig adferd. Det tyder derfor på at en stor andel av hyttene har automatisert strømforbruket i form av for eksempel en minstetemperatur innendørs.

Klima og energibruk

Resultatene viser at det er en høy, negativ korrelasjon mellom lufttemperatur og strømforbruk i husholdning. Korrelasjonskoeffisient er på $-0,90$, med da også en tilnærmet lineær regresjonslinje. En lignende analyse på husholdning ble gjort av Halvorsen og Ericson (2008) med en korrelasjonskoeffisient på $-0,97$. Bakgrunn for årsaken til denne differansen er ulikhetene i datagrunnlaget. Halvorsen og Ericson brukte i sin analyse døgnmiddeltemperatur og $-$ forbruk, mens det her er brukt fire verdier per døgn. Natttemperaturen er jevnt over lavere enn lufttemperaturen om dagen, men som forbruksprofilene viser, er også forbruket lavest om natten uten at dette kan kobles til lufttemperatur. Denne positive korrelasjonen vil i større grad fanges opp ved at det er brukt flere verdier per døgn. En antar at flere verdier gir en mer korrekt sammenheng.

Den høye korrelasjonen mellom lufttemperatur og strømforbruk i husholdningen, kommer trolig av den store andelen strøm som går til oppvarming i Norge. I studiet til Dalen og Larsen (2009) kom de fram til at oppvarming stod for 24 % av det totale strømforbruket gjennom året. I studiet til Zimmermann (2009) vises til en andel på hele 65 %. Noe av differansen mellom disse resultatene kommer sannsynligvis av at utvalget i det sistnevnte studiet kun har elektrisk oppvarming. Ved å se på differansen mellom grunnlast i februar og juli gir det et estimat på hvor stor andel av strømmen som går til oppvarming fra utvalget i denne analysen. Denne differansen ligger på omtrent 1,63 kWh, som gir en oppvarmingsandel i februar på omkring 2/3. I studiet til Zimmermann (2009) fant en at det var flere andre behov som var negativt korrelert med temperatur, herunder belysning, matlaging og audiovisuelle apparater. Det er bakgrunn for å utelukke de to sistnevnte behovene som en del av grunnlasten, da denne er om natten. Økt bruk av belysning i vintermånedene vil derimot bidra til at estimatet på andelen strøm til oppvarming blir noe redusert.

Korrelasjonen mellom lufttemperatur og strømforbruk i hytter var lavere enn for husholdning. Dette stemmer også godt med at forbruksmønstrene for hytter viste liten aktivitet om vinteren. Videre viser regresjonslinjen at forbruket på hyttene steg ved høye temperaturer. Noe som igjen bekrefter at disse blir brukt mye om sommeren. Differansen mellom grunnlasten i februar og juni for hytter vil ikke i samme grad som for husholdning gi et estimat på hvor mye av strømforbruket som går til oppvarming. Grunnlasten om sommeren vil trolig være annerledes fordi det er mer aktivitet på hyttene i den perioden. Mer strøm er derfor knyttet til apparater på standby, belysning, vasking og tørking. Grunnlasten om vinteren går nok i stor grad til oppvarming for å unngå frost og eventuelt fukt i hyttene, samt drift av andre installasjoner.

Det var ingen korrelasjon mellom vindhastighet og strømforbruk for noen av kategoriene. Bakgrunnen for dette kan være at vinddataene som nevnt var lite egnet for å se på slike sammenhenger. Det vil også være en mulighet for at høye vindhastigheter fører til lavere temperaturer. Dersom en antar dette, vil vindhastighet ha en indirekte virkning på variasjonene i strømforbruket via lavere følt lufttemperatur. Videre vil utforming og plassering av boligene være bestemmende for hvor sensitivt forbruket av strøm er for endringer i temperatur, solinnstråling, vindhastighet- og retning. Disse faktorene går under de såkalte direkte driverne på energibruk (Hille et al. 2011). Spesifikke data som dette har ikke har vært tilgjengelige i denne analysen.

5.3 Endringer i forbruket

Med den store graden av sammenheng mellom lufttemperatur og strømforbruk som er funnet her, og som er påvist i andre studier, vil det være stor sannsynlighet for at strømforbruket vil endre seg i takt med de forventede klimaendringene (CICERO 2007; Halvorsen & Ericson 2008; Hille et al. 2011; SFT 2007). Høyere gjennomsnittstemperatur, særlig i vintermånedene, vil trolig redusere behovet for strøm over en lengre periode. Mer ekstremvær, i form av høyere maksimale vindhastigheter og lavere maksimal lufttemperatur, vil derimot kunne øke effektbehovet om vinteren i de gjeldene timene.

Det vil trolig bli en viss økning i nye hytter på Hvaler, og de eksisterende hyttene kan bli oppgradert til maks 100 kvm. Det er også tilrettelagt for en vekst i antall boliger og innbyggere (Hvaler Kommune 2011a). Disse faktorene vil kunne øke det totale effekt- og energibehovet. Hvordan forbruksmønstrene vil endre seg i årene som kommer, er vanskelig å si noe om uten å kjenne til motivasjonen bak forbruksmønsteret som det er i dag. Det en vet fra resultatene i denne analysen, er

at det høyeste forbruket og de største variasjonene mellom forbrukerne er tett knyttet til de timene i døgnet hvor forbrukerne faktisk er hjemme, og når de ikke sover. Variasjonene i forbruket mellom kundene er størst ved lave temperaturer, noe som innebærer at oppvarmingsareal, klimaskall og ulike former for oppvarming vil være bestemmende for størrelsen på topplastene.

Elbiler er en type teknologi som alene vil kunne bidra til et betydelig økt strømforbruk. Usikkerheten er knyttet til både antall biler, hvor stor effekten er, og når i uken eller døgnet den kommer. I desember 2012 var det registrert kun 2 elbiler på Hvaler og i Østfold fylke totalt 172. Det er derimot betydelig flere elbiler i Akershus og Oslo fylke, og som nevnt kommer flere av hytteeierne fra disse to fylkene. Antallet elbiler i Norge er tilnærmet fordoblet i perioden desember 2011 til desember 2012 (fra 5500 til i underkant av 10000) (Grønn Bil 2013). Avstanden fra Oslo til Hvaler er omtrentlig 12 mil. Med dagens teknologi på elbiler kan disse kjøre 12-16 mil mellom hver ladning (Norsk Elbilforening 2012). Dette kan bety at det i første omgang vil være flere av hyttene på Hvaler som får et økt forbruk, som følge av ladning av elbiler. Forbruket vil trolig komme fredag kveld/natt slik at eierne er sikret transport i løpet av helgen. Dette vil være sammenfallende med den eksisterende topplasten og føre til en ytterligere økning.

For å utjevne effekttoppene innenfor døgnet, må det etableres løsninger som tar sikte på å stimulere til endret forbrukeradferd i de gjeldende timene. En differanse i strømprisen gjennom døgnet og uken kan få forbrukerne til bevisst å endre strømforbruket. Denne effekten håper en blant annet å få som følge av innføringen av AMS (Forskrift om kraftomsetning og netjtjenester 1999). Flere nettselskaper jobber nå med å finne effektive, økonomiske incentiver som å øke prisdifferansen mellom topplast – og grunnlasttimene eller kompensere for redusert strømforbruk (DeVID 2013). Slike ordninger kan gjøre det lønnsomt for den enkelte forbruker å flytte deler av forbruket til timer på døgnet hvor det er mindre effektknapphet, som grovt sett er midt på dagen og natten. Det er også en mulighet for at slike virkemidler gjør det lønnsomt for flere å investere i fjernstyring og automatisering av eget forbruk. Nettselskapene kan eventuelt inngå avtaler med sine kunder om fjernstyring av varmtvannsberedere. Potensialet for denne typen lastreduksjon i husholdningen er redegjort for i doktorgradsavhandlingen til Ericson (2007).

Helt essensielt å diskutere i denne sammenhengen er hvor mye av forbruket som er knyttet opp mot aktiviteter/handlinger som i realiteten lar seg flytte på. Videre vil det her være et spørsmål om hvilke formålskategorier som påvirker komfort og daglige nødvendigheter, altså hvilke deler av forbruket som er fleksibelt nok. Strøm til matlaging er lite fleksibelt for flere av forbrukerne, mens vasking og tørking er eksempler på det vi kan kalle mer fleksibelt forbruk for de fleste. Strøm til romoppvarming, varmtvann, belysning, vasking og tørking er eksempler på formål som i ulik grad kan automatiseres og fjernstyres. Det er trolig i de sistnevnte formålene hvor det meste av potensialet for fleksibilitet ligger.

Ser en på det store bildet og ikke kun på effekttoppene innenfor døgnet, er det på Hvaler særlig forbruket på de kaldeste dagene (under -10 °C), julaften, nyttårsaften og langfredag som fører til det største gjennomsnittlige effektuttaket. Det største forbruket kommer på ettermiddagen i de tre sistnevnte dagene, og det er naturlig å anta at dette skyldes mye matlaging, og at de aller fleste er hjemme, enten i eget hjem eller andres. Dersom en skal unngå investeringer i lokal - og regionalnettet, i områder som er preget av effektknapphet, er det nettopp disse effekttoppene som må reduseres. På de kaldeste dagene vil det muligens være et potensial i reduksjon av forbruket på

hytter som bruker strøm uten at disse er i bruk. Dette med antagelse om de bruker mer strøm enn nødvendig til oppvarming. For å unngå effekttoppene i husholdningene på de kaldeste dagene vil det på lenger sikt med økte incentiver muligens bli aktuelt med en energiomlegging av romoppvarming eller som nevnt utkoblbare varmtvannsberedere. Utfordringen vil trolig være større der effekttoppene kommer av høy ferieaktivitet, både i hytter og husholdning.

5.4 Konklusjon og videre arbeid

Det gjennomsnittlige strømforbruket i husholdningene på Hvaler varierte mye fra vinter til sommer, med henholdsvis topplast på 3,95 kWh og 1,11 kWh. Forbruksmønsteret endret seg også gjennom året, men de karakteristiske peakene morgen og kveld var gjennomgående. I hyttekategorien varierte det gjennomsnittlige forbruket mindre fra vinter til sommer, med henholdsvis topplast på 1,16 kWh og 0,72 kWh. Påsken er den perioden i året hvor strømforbruket på hyttene var størst med en topplast på 1,41 kWh. Forbruksmønstrene i hyttekategorien varierte mye gjennom året. I vintermånedene var det en liten økning i forbruket i helgene, og denne økningen var stigende mot sommeren. Juli og august hadde et forbruksmønster som viste mye aktivitet også i ukedagene.

Strømforbruket i husholdningskategorien korrelerte sterkt med lufttemperatur. Ved lave lufttemperaturer var forbruket størst og motsatt for høye temperaturer. Det var ikke like sterk korrelasjon mellom lufttemperatur og hytteforbruk. Dette kommer av større aktivitet på hyttene i sommermånedene. Det er ikke funnet en direkte sammenheng mellom strømforbruk og vindhastighet verken for hytte eller husholdning. Sammenhengen mellom strømforbruk og lufttemperatur blir ytterligere forsterket ved at den kaldeste dagen i året var den dagen hvor samlet effektforbruk i de to kategoriene var klart størst. Med forventet varmere gjennomsnittstemperatur vil trolig det gjennomsnittlige energibehovet til husholdningene bli litt lavere om vinteren. Også energibehovet på hyttene vil kunne bli redusert i samme periode. Dersom det blir mer ekstreme variasjoner i temperaturen om vinteren, vil dette derimot gi utslag i form av økte topplast ved lave temperaturer. Et framtidig nett må ta høyde for å håndtere disse topplastene.

Samlet sett kan vi forvente at effektuttaket på Hvaler vil fortsette å stige i årene som kommer. Overføringsnettet vil derfor få en økt belastning. Dette er også noe som kan forventes i andre områder som allerede opplever høy belastning i overføringene, og som er preget av økt tilflytting eller fortetting. Hvor lenge man kan vente med investeringer i nettet, vil være en avveining hos netteier. Dersom det blir en utsettelse av AMS, vil dette også utsette de forventede godene og begrense mulighetene for å iverksette virkemidler overfor forbrukeradferden. Det er stor variasjon i strømforbruket mellom forbrukerne i topplasttimene. Det er derfor behov for tilpassede reguleringer av strømforbruket knyttet til enkelttimer og enkeltkunder.

Forskning på strømforbruk i hytter, og hvordan hytteutviklingen generelt vil bli i årene som kommer, er viktig for å møte utfordringene med overføringsknapphet flere steder i landet. I mange områder med stor andel hytter utgjør disse trolig en stor del av energi- og effektbruken, slik som på Hvaler.

En spørreundersøkelse blant forbrukerne i Hvaler kommune er blitt gjennomført i løpet av vinteren 2013. Resultatene vil trolig innen kort tid bli gjort tilgjengelig av Smart Energi Hvaler (SEH). Spørreundersøkelsen kan ses i sammenheng med resultatene fra denne oppgaven i videre forskningsarbeid knyttet til strømforbruk i husholdninger og hytter.

6 KILDER

- CICERO. (2007). *Hovedfunn fra FNs klimapanel*. Oslo: CICERO Senter for klimaforskning. Tilgjengelig fra: www.cicero.uio.no.
- Dalen, H. M. & Larsen, B. M. (2009). *Formålsfordeling av husholdningenes elektrisitetsforbruk i 2006, 2009/34*: Statistisk sentralbyrå. 35 s.
- DeVID. (2012). *Demonstrasjon og verifikasjon av intelligente distribusjonsnett*. Tilgjengelig fra: <http://www.sintef.no/Projectweb/DeVID/> (lest 08.04).
- DeVID. (2013, 20.01). *Workshop arbeidspakke 5. Verdier av forbrukerfleksibilitet*.
- Energi21. (2010). *Innsatsgruppe Energisystemer - Overordnet rapport. Olje - og energidepartementet*. 36 s.
- Energi21. (2011). *Nasjonal strategi for forskning, utvikling, demonstrasjon og kommersialisering av ny energiteknologi. Olje - og energidepartementet*. Oslo. 78 s.
- Ericson, T. (2007). *Short - term electricity demand respons*. Trondheim: NTNU, Electrical Power Engineering. 171 s.
- Esbensen, K. H., Guyot, D., Westad, F. & Houmøller, L. P. (2002). *Multivariat Data Analysis: in Practice: A Introduction to Multivariate Data Analysis and Experimental Design*. 5. utg. Oslo: Camo Process AS.
- FEN. (2011). *Lokal energitredning Hvaler kommune*: Fredrikstad Energi AS (FEAS). 38 s.
- FEN. (i.å). *Fredrikstad EnergiNett Drift*. Tilgjengelig fra: <http://www.fen.no/>.
- Forskrift om kraftomsetning og netttjenester. (1999). *Forskrift om måling, avregning og samordnet opptreden ved kraftomsetning og fakturering av netttjenester* Tilgjengelig fra: www.lovdata.no.
- Grinden, B. & Feilberg, N. (i.å). *Analysis of Monitoring Campaign in Europe, REMODECE -D10: Intelligent Energy - Europe (IEE)*. 45 s.
- Grønn Bil. (2013). *Statistikk*. Energi Norge, Transnova, Kommunenes Sentralforbud og Zero. Tilgjengelig fra: <http://www.gronnbil.no> (lest 20.04).
- Hafslund Nett. (2012). *Søknad om anleggskonsesjon, ekspropriasjon og forhåndstiltredelse for 132 kV regionalnett kraftledning mellom Kråkøy og Hvaler transformatorstasjoner*. 91 s.
- Halvorsen, B. & Ericson, T. (2008). *Kortstiktige variasjoner i alminnelig forsyning, 2008/50*: Statistisk Sentralbyrå. 61 s.
- Hart, M. & de Dear, R. (2004). *Weather sensitivity in household appliance energy end-use. Energy and Buildings*, 36 (2): 161-174.
- Hille, J., Simonsen, M. & Aall, C. (2011). *Trender og drivere for energibruk i norske husholdninger 13/2011*. 120 s.
- Hvaler Kommune. (2011a). *Beskrivelse til kommuneplanens arealdel*.
- Hvaler Kommune. (2011b). *Hvaler kommune*. Tilgjengelig fra: <http://www.hvaler.kommune.no/> (lest 07.04).
- Kamstrup. (i.å). *Kamstrup 162 - Generation L*. Datablad. Skanderborg: Kamstrup. 12 s.
- Kure, H. M. (2011). *Strømforbruk i norske husholdninger*. Fordypning: Norges tekniske - naturvitenskapelige universitet.
- Langseth, B., Everett, N. E. & Ingeberg, K. (2011). *Hovedundersøkelse av elektrisitetsbruk i husholdningene, 2011-06: Xrgia analyse & rådgivning, for Norgesvassdrags- og energidirektorat*. 27 s.
- Løvås, G. (2005). *Statistikk for universiteter og høyskoler*. 2. utg. Oslo: Universitetsforlaget.
- Meteo Norge. (2013). *Graddagstall normaler*. Oslo: Enova.
- Norsk Elbilforening. (2012). *Norsk Elbilforening*. Tilgjengelig fra: <http://www.elbil.no> (lest 25.04).
- NVE. (2009). *Veileder for lokale energitredninger. Veileder nr 2 - 2009*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. 40 s.
- NVE. (2011). *Avanserte måle - og styringsystemer. Oppsummering av høringsuttalelser og endelig forskriftstekst: Norges vassdrags - og energidirektorat*. 33 s.

- NVE. (2012). *Energibruk i husholdningene. Energibruksrapporten 2012*, 30/2012. 57 s.
- OED. (2012a). *Meld. St. 14 Vi bygger Norge - ombygging av strømnettet*: Olje - og energidepartementet.
- OED. (2012b). *NOU 2012: 9 Energiutredningen - verdiskapning, forsyningssikkerhet og miljø*: Olje - og energidepartementet.
- OED. (2013). *Utsatt frist for utrulling av AMS*. Oslo: Olje - og energidepartementet.
- Pharo, J. (2013). *Rådgiver plan og miljø i Hvaler kommune* (10.04.13).
- SEH. (2012). *Smart Energi Hvaler presentasjon*, av Vidar Kristoffersen. Upublisert manuskript.
- Seppälä, A. (1996). *Load research and load estimation in electricity distribution*: Technical Research Centre of Finland. 134 s.
- SFT. (2007). *Hvilke effekter får klimaendringene?*: Statens forurensningstilsyn Tilgjengelig fra: <http://www.klif.no> (lest 01.04).
- SNL. (2007). *Store Norske Leksikon - Elkraftteknikk*: Norsk nettleksikon. Tilgjengelig fra: <http://snl.no/>.
- SSB. (2011a). *Bebodde boliger, etter bygningstype, fylke, kommune og bydel. 2011*: Statistisk sentralbyrå.
- SSB. (2011b). *Energibruk i husholdning og fritidshus. 1990-2011*: Statistisk sentralbyrå. Tilgjengelig fra: www.ssb.no (lest 14.03).
- Statnett. (2011). *Nettutviklingsplan*. Oslo: Statnett. 82 s.
- Sæle, H., Rosenberg, E. & Feilberg, N. (2010). *State-of-the-art Projects for estimating the electricity end-use demand*. Trondheim: SINTEF Energy Research. 84 s.
- Vindmølleindustrien. (2003). *Ruhed og vindgradient*. Tilgjengelig fra: http://www.motiva.fi/myllarin_tuulivoima/windpower%20web/da/tour/wres/shear.htm (lest 10.11).
- Zimmermann, J. (2009). *End-use metering campaign in 400 households in Sweden*: Swedish Energy Agency. 341 s.

Vedlegg

Vedlegg A. Ordliste

Begreper og akronymer	Forklaring
AMS	Avanserte måle- og styringssystemer for elektrisitet
Distribusjonsnett	Infrastruktur som overfører kraft med spenninger fra 1 kV til 36 kV
Effekt	Energibruk per tid, målt i watt
Elektrisitet	Omfattes av uttrykkene energi, kraft og strøm
Elektriske anlegg	Omfatter alle installasjoner som er en del av enten produksjon, omforming, transmisjon eller forbruk av energi
Elspesifikt forbruk	Forbruk som er avhengig av elektrisitet
Energibruk	Bruk av energi, herunder blant annet elektrisitet. Knyttes til et objekt, for eksempel en husholdning
Energibærer	Den fysiske formen som energien er bundet i, for eksempel gass eller elektrisitet
Energiintensitet	Et mål på hvor mye energi som brukes per enhet
Energiomlegging	Bytte av energibærer
Grunnlast	Benevnelse på den tilnærmet konstante del av elektrisitetsforbruket over tid. Dette i forhold til døgnvariasjonen, ukesvariasjonen eller variasjonen over året
Klimaskall	Tilstanden på egenskapene til gulv, vegger og tak. Uttrykket kom med byggeforskriften TEK10.
Peak	Se topplast
Regionalnett	Infrastruktur som overfører kraft med spenninger fra 36 kV til 300 kV
Sentralnett	Nettets "E6", som overfører kraft med spenning på 300 kV og oppover (høyeste i Norge er 420 kV)
Sluttbruker/forbruker	Kjøper av elektrisitet som ikke selger denne videre
Strøm	Brukes her i betydningen elektrisk strøm.
Topplast	Benevnelse på elektrisitetsforbruket (per tidsenhet) under perioder av døgnet eller året hvor forbruket er størst
Transformatorstasjon	Et elektrisk anlegg som transformerer (omformer) spenningen i strømnettet.
Transmisjon	Kraftoverføring

Vedlegg B. Strømstans på Hvaler grunnet feil

Tabell 26: Strømstans på Hvaler grunnet feil i perioden 1. november 2011 - 18. august 2012 (FEN i.å)

Kommune	Fra dato	Fra klokkeslett	Til dato	Til klokkeslett	Berørte kunder	Nærmere info
Hvaler	06.08.2012	20:00	06.08.2012	21:56	Utgårdshavn - Utgård	Driftsentral 08567
Strømløst pga oversvømmelse i nettstasjon pga massivt regn						
Hvaler	24.07.2012	14:30	24.07.2012	14:42	deler av Kirkøy og Asmaløy	Driftsentral 08567
Strømløst på deler av Kirkøy og Asmaløy. Bryter tilbake. Alle skal ha fått tilbake strømmen.						
Hvaler	09.07.2012	09:45	09.07.2012	13:00	Områdene Kirkøy, Rom, Nordre og Søndre Sandøy	Driftsentral 08567
Feil i strømnettet pga trefall på høyspentlinja. Alle abonnenter har fått strømmen tilbake.						
Hvaler	07.05.2012	1500	07.05.2012	1600	I område 260H Spjær, 265H Spjærholmen, 256H Kjellvika, 257H Sauevika, 255H Havna, 250H Nygård, 270H Holmetangen, 325H Åsebu, 243H Sandfjellet.	Driftsentral 08567
Feil i HS-nettet Alle kundene fikk strømmen tilbake klokken 15.34						
Hvaler	15.03.2012	00:20	15.03.2012		Områdene Basto og Bastofjellet	Driftsentral 08567
Feil i høyspenningslinjen. Alle kunder har fått strømmen koblet tilbake.						

Vedlegg C. Planlagt strømstans på Hvaler

Tabell 27: Planlagt strømstans på Hvaler i perioden 1. november 2011 - 18. august 2012 (FEN i.å)

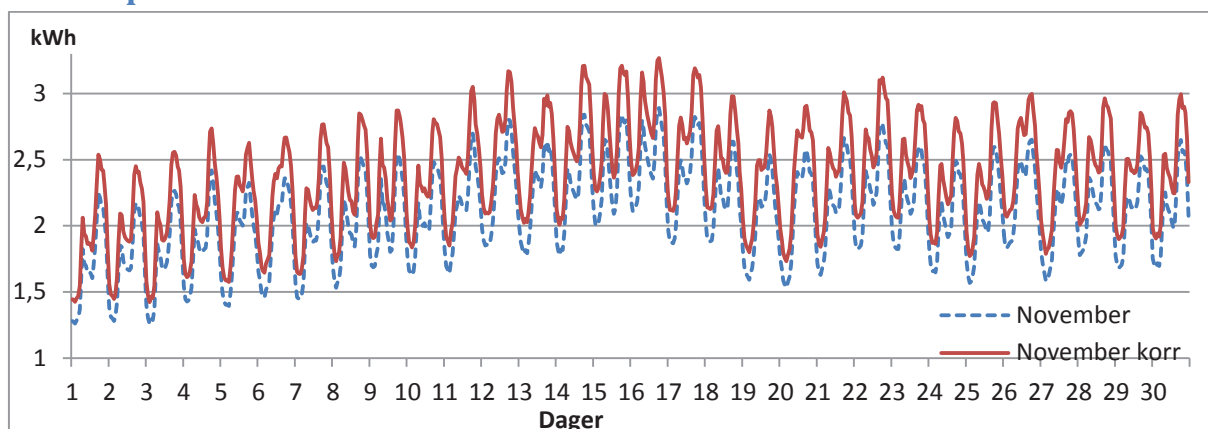
Kommune	Fra dato	Fra klokkeslett	Til dato	Til klokkeslett	Berørte kunder	Nærmere info
Hvaler	30.07.2012	09:00	30.07.2012	13:00	Vauer	Driftsentral 08567
Lavspenstarbeid						
Hvaler	05.07.2012	08:00	05.07.2012	15:30	NS 765H Herføl	Driftsentral 08567
Planlagt varslet strømstans for NS 765H						
Hvaler	04.07.2012	09:00	04.07.2012	14:00	335H Huser	Driftsentral 08567
Vedlikehold						
Hvaler	02.07.2012	08:00	02.07.2012	15:30	NS 745H Skjelleren	Driftsentral 08567
Planlagt varslet strømstans for NS 765H						
Hvaler	22.06.2012		22.06.2012		Beboere, Singløya	Driftsentral 08567
Mulige -inn og utkoblinger ila dagen pga vedlikehold.						
Hvaler	13.06.2012	13:00	13.06.2012	14:00	NS 85H - Området Utgård	Driftsentral 08567
Rep. / vedlikehold av lavspennettet.						
Hvaler	12.06.2012	08:00	12.06.2012	15:30	NS235H Bastofjellet og NS237H Basto	Driftsentral 08567
Vedlikehold. Tilbakekobling forsinket pga uforutsette hendelser, alle hadde strøm tilbake kl 1750						
Hvaler	08.06.2012	08:00	08.06.2012	15:30	315H Li	Driftsentral 08567
vedlikehold						
Hvaler	07.06.2012	08:00	07.06.2012	15:30	NS 230H Dypedal Nedre	Driftsentral 08567
Vedlikehold						
Hvaler	06.06.2012	08:00	06.06.2012	15:30	NS22H Sildevika	Driftsentral 08567
Vedlikehold						
Hvaler	04.06.2012	08:00	04.06.2012	15:30	45H Pappertoppen, 46H Seiløsund, 47H Melkebakke, 50H Husdalen, 55H Papper, 56H Tuten og 40H Laenga.	Driftsentral 08567

Hvaler	24.05.2012	09:00	24.05.2012	13:00	Huser, Brattestø, Gravningen, Allerød, Spjærholmen, Spjær, Kjellvika, Sauvika, Åsebu, Havna, Holmetangen, Sandfjellet, Nygård, Almvika, Nedreutgård og Utgårdskilen.	Driftsentral 08567
Utkobling grunnet forsterking og oppgradering av nettet.						
Hvaler	02.05.2012	08:00	02.05.2012	16:00	Hvalertunnelen	Driftsentral 08567
Fjerne nettstasjon 362H og skjøte høyspentkabel i Hvalertunnelen						
Hvaler	20.04.2012	09:00	20.04.2012	14:00	Stenlia, Skjærhalden	Driftsentral 08567
Overflytting til ny stolpe, ombygging av linje						
Hvaler	29.03.2012	09:00	29.03.2012	12:00	250H Nygård	Driftsentral 08567
Denne stansen utgår.						
Hvaler	29.03.2012	08:00	29.03.2012	14:00	NS235H Bastofjellet og NS237H Basto	Driftsentral 08567
Vedlikehold						
Hvaler	21.03.2012	08:15	21.03.2012	15:00	120H Skjelsbutoppen	Driftsentral 08567
vedlikehold						
Hvaler	14.03.2012	09:00	14.03.2012	12:00	Nygård, Hvaler	Driftsentral 08567
Høyspentarbeid						
Hvaler	14.03.2012	09:00	14.03.2012	14:00	NS 250H - Nygård	Driftsentral 08567
Vedlikeholdsarbeider						
Hvaler	09.03.2012	13:00	09.03.2012	15:00	Prestehavna, Løkka	Driftsentral 08567
Feil på lavspenstrekke						
Hvaler	08.03.2012	930	08.03.2012	1230	750H Kasa og 755H Gjølletangen	Driftsentral 08567
Vedlikehold						
Hvaler	08.03.2012	800	08.03.2012	1600	230H Dypedal nedre, 225H Dypedal, 237H Basto, 235H Bastofjellet	Driftsentral 08567

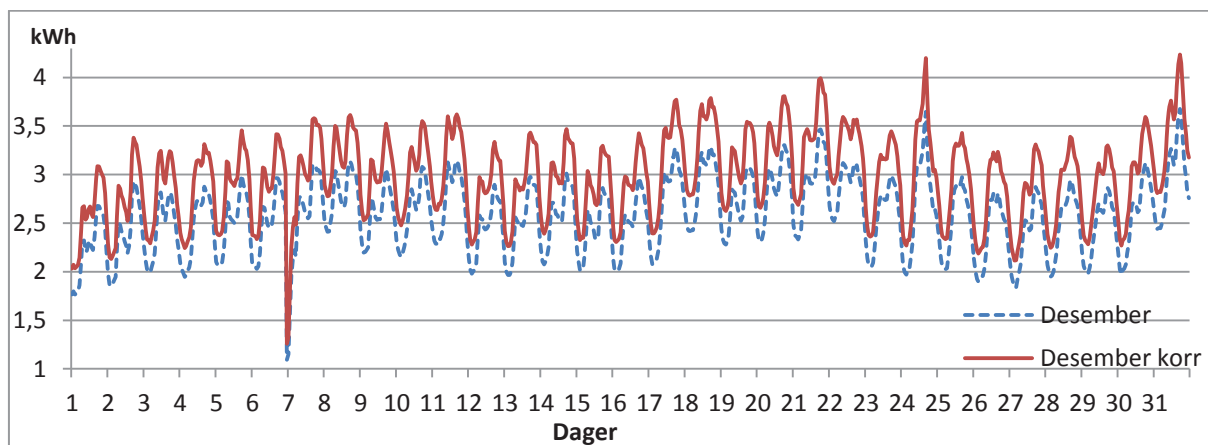
Vedlikehold						
Hvaler	16.02.2012	08:00	16.02.2012	15:00	Området Åsebu, Holmetangen, Sandfjellet, Spjær, Spjærholmen, Kjellvika, Sauevika, Havna	Driftsentral 08567
Ny sjøkabel i Asmaløysundet.						
Hvaler	14.02.2012	09:00	14.02.2012	12:30	Skjelsbutoppen Vesterøy	Driftsentral 08567
Vedlikehold						
Hvaler	06.02.2012	09:00	06.02.2012	15:00	Skjelsbotoppen	Driftsentral 08567
Koble om stikkledninger, kun korte strømstanser for hvert enkelt hus/hytte.						
Hvaler	30.01.2012	1330	30.01.2012	1500	Deler av Utgårdskilen	Driftsentral 08567
Vedlikehold						
Hvaler	27.01.2012	08:30	27.01.2012	15:00	Prestehavna	Driftsentral 08567
Skifte av ny stolpe. Arbeidet er forsinket med ca 1 time.						
Hvaler	19.01.2012	08:30	19.01.2012	12:00	Ytre båthavn Skjærhalden	Driftsentral 08567
Skifte lavspentskap						
Hvaler	11.01.2012	09:00	11.01.2012	14:00	NS594H Vik, NS595H Kollekasene, NS596H Ødegårdene	Driftsentral 08567
Vedlikehold						
Hvaler	21.12.2011	10:10	21.12.2011	10:30	NS 740H - Området Løkkeberg	Driftsentral 08567
Vedlikehold av lavspennetnettet						
Hvaler	08.12.2011	09:00	08.12.2011	09:30	NS350 H Skipstadsand	Driftsentral 08567
Trinne trafo						
Hvaler	06.12.2011	08:30	06.12.2011	14:00	120H Skjelsbutoppen	Driftsentral 08567
Trafobytte						
Hvaler	01.12.2011	08:30	01.12.2011	15:00	Områdene Utgårdskilen, Utgårdhavn, Utgård, Øvre Utgård, Nedre Utgård	Driftsentral 08567
Mastebytte ved Utgårdskilen						

Hvaler	23.11.2011	10:30	23.11.2011	11:30	NS 320H - Området Liløkka	Driftsentral 08567
Reparasjon av lavspentnettet.						
Hvaler	18.11.2011	08:30	18.11.2011	15:00	Papperhavn, Løkker, Vauer, Dyrefjell	Driftsentral 08567
Mastebytte ved Papperhavn						
Hvaler	10.11.2011	08:00	10.11.2011	15:00	230 Dypedal nedre, 225 Dypedal, 237 Basto, 235 Bastofjellet	Driftsentral 08567
Tilkobling av prov. høysp. kabel						
Hvaler	10.11.2011	830	10.11.2011	1500	225H Dypedal, 230H Dupedal nedre, 235H Bastofjellet og 237H Basto.	Driftsentral 08567
Tilkobling av provisorisk høyspent kabel på tre steder.						
Hvaler	09.11.2011	08:30	09.11.2011	14:00	205 Tredale, 210 Oppdal, 220 Myrvold, 212 Norsted, 213 Sydengen, 216 Kjempeholmen, 1005 Granolmen, 1010 Storengkilen, 1011 Tjeldholmen	Driftsentral 08567
Vedlikehold, bytte av høysp. master.						
Hvaler	08.11.2011	08:00	08.11.2011	14:00	20H Nordeng + 22H Sildevika	Driftsentral 08567
Vedlikehold, bytte av 2 stk. høysp. master.						
Hvaler	07.11.2011	08:30	07.11.2011	15:00	NS78H Løkkersand	Driftsentral 08567
Vedlikehold						

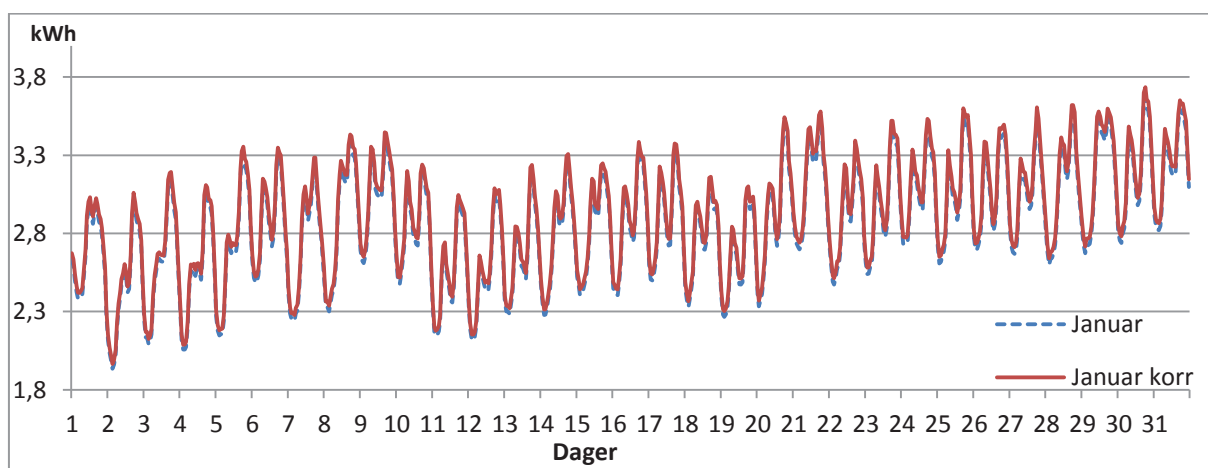
Vedlegg D. Temperaturkorrigert og målt strømforbruk for husholdning fordelt på måned



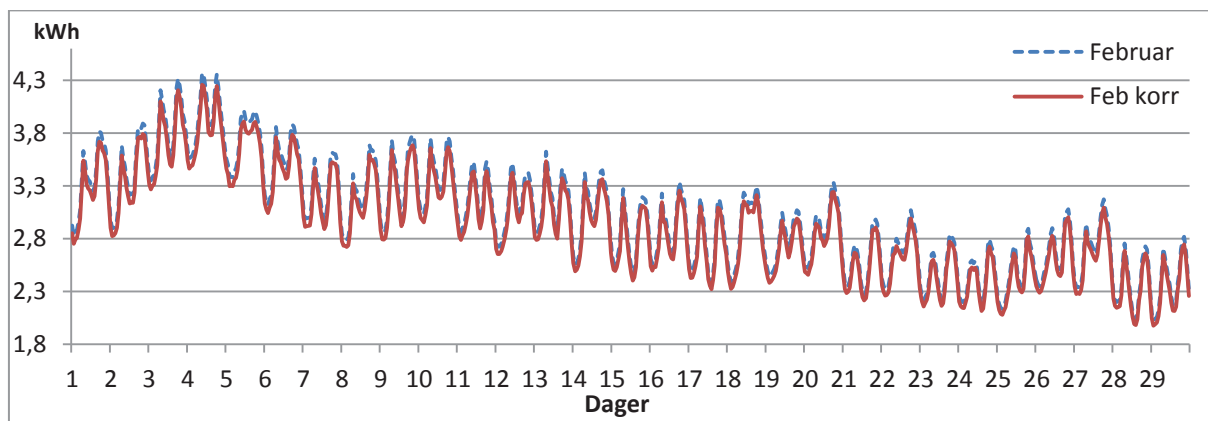
Figur 37. Temperaturkorrigert og målt gjennomsnittlig strømforbruk til husholdning for november 2011



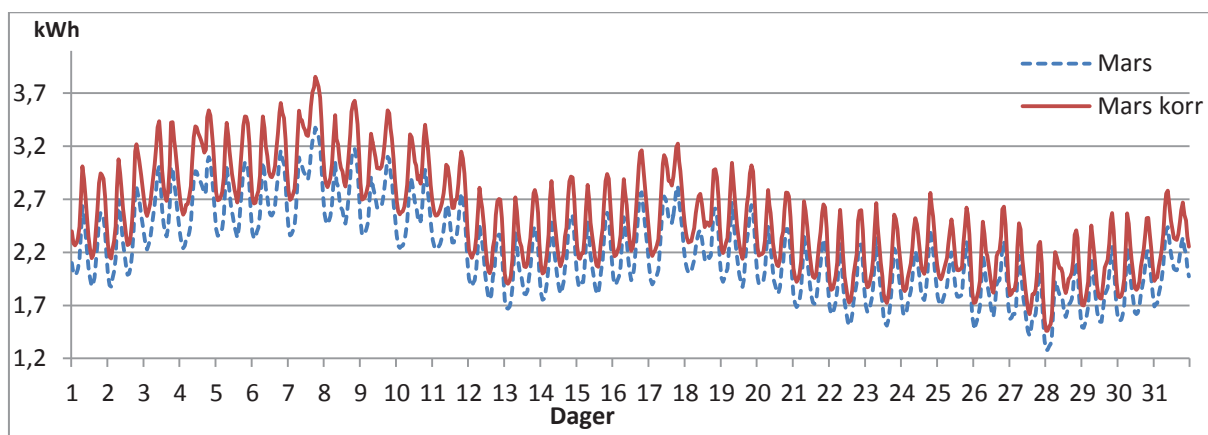
Figur 38. Temperaturkorrigert og målt gjennomsnittlig strømforbruk til husholdning for desember 2011



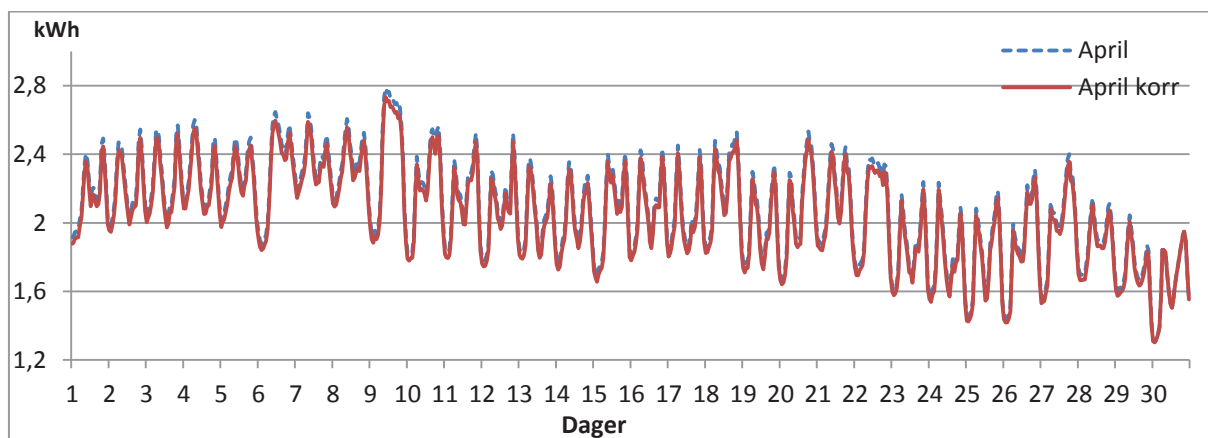
Figur 39. Temperaturkorrigert og målt gjennomsnittlig strømforbruk til husholdning for januar 2012



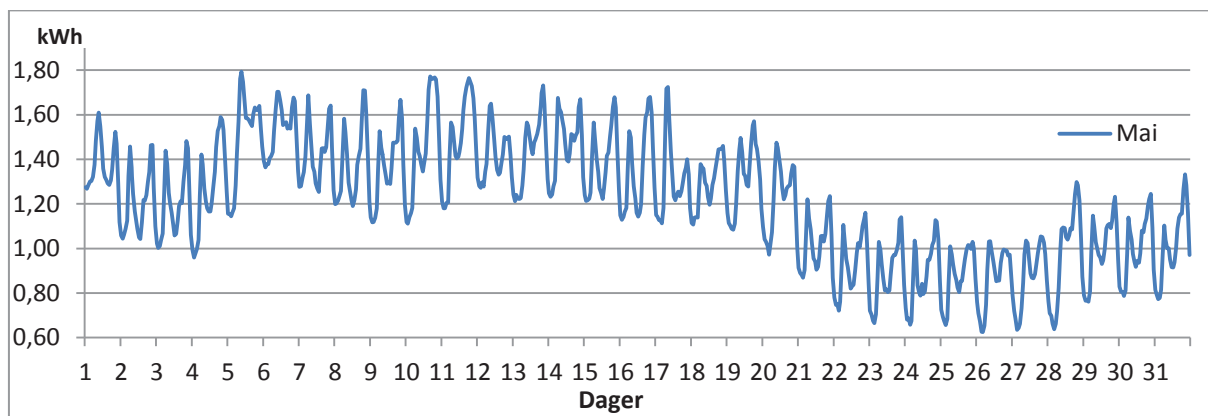
Figur 40. Temperaturkorrigert og målt gjennomsnittlig strømforbruk til husholdning for februar 2012



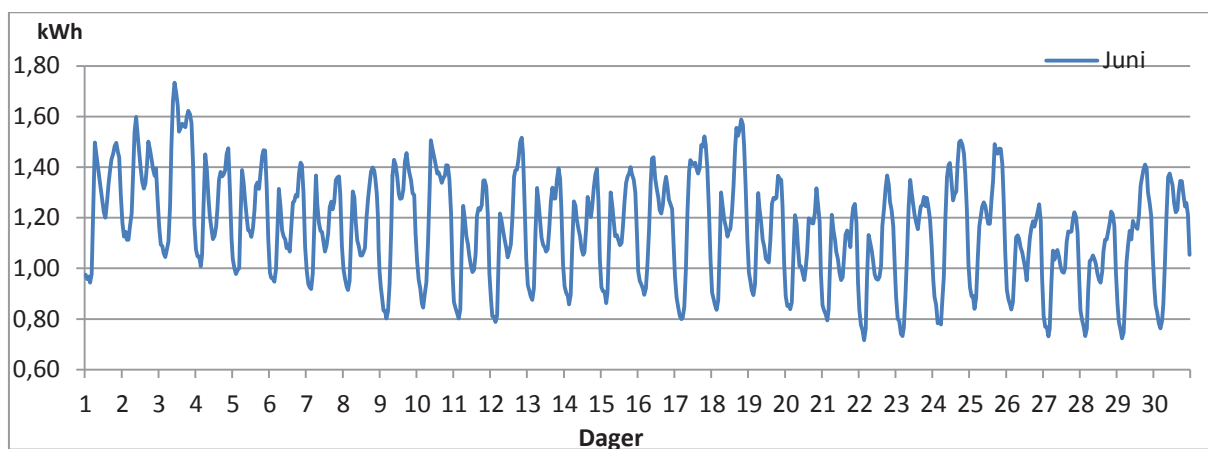
Figur 41. Temperaturkorrigert og målt gjennomsnittlig strømforbruk til husholdning for mars 2012



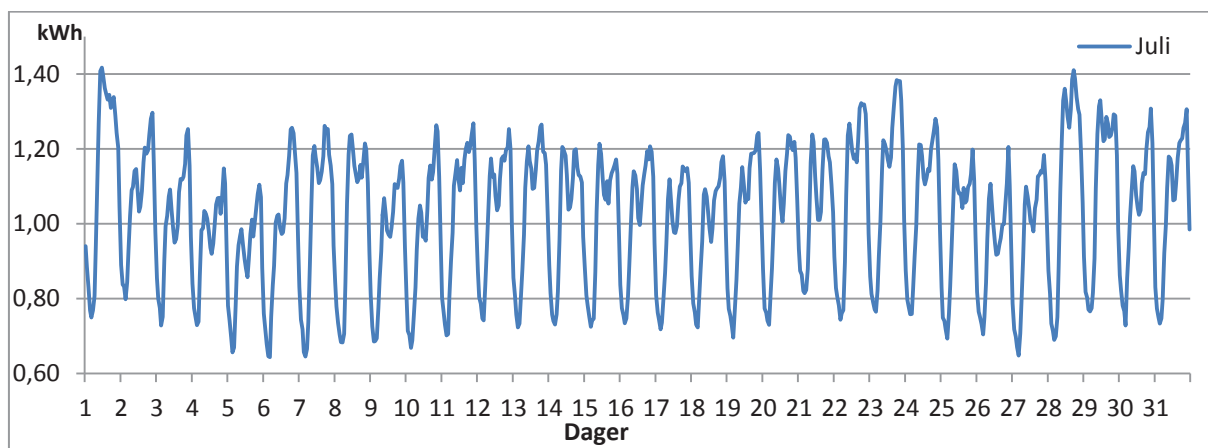
Figur 42. Temperaturkorrigert og målt gjennomsnittlig strømforbruk til husholdning for april 2012



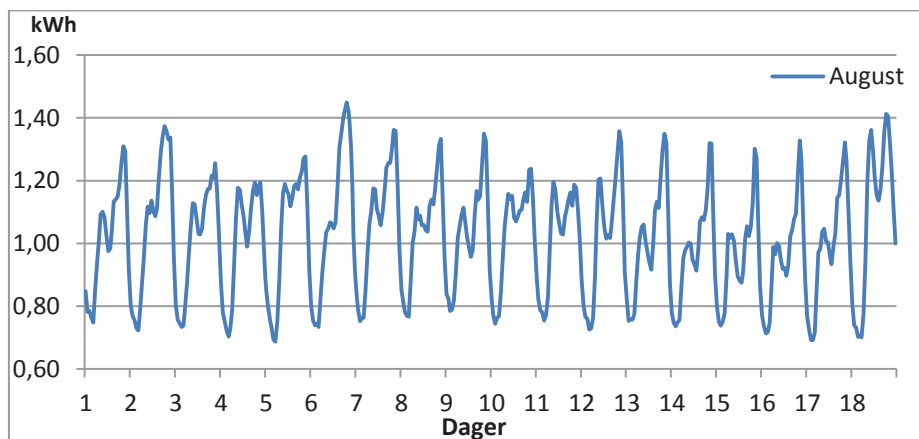
Figur 43. Gjennomsnittlig strømforbruk til husholdning for mai 2012



Figur 44. Gjennomsnittlig strømforbruk til husholdning for juni 2012

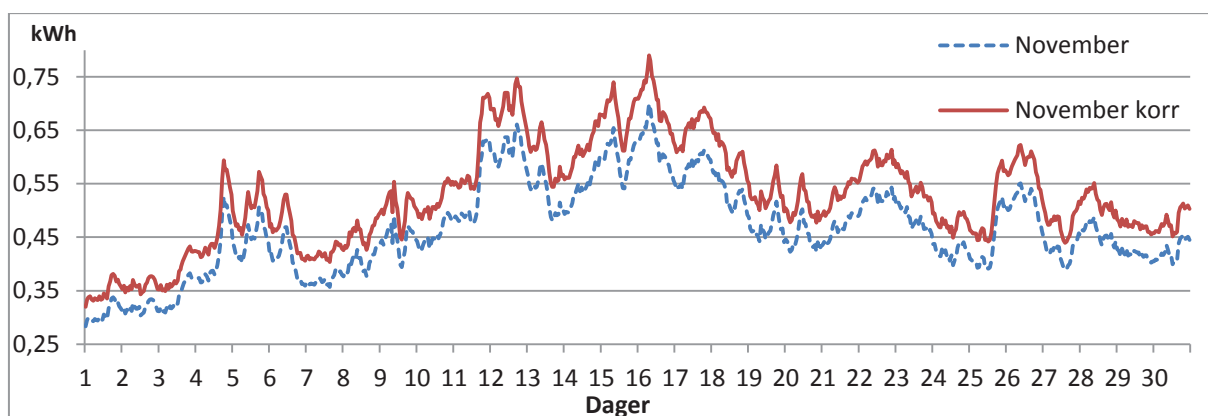


Figur 45. Gjennomsnittlig strømforbruk til husholdning for juli 2012

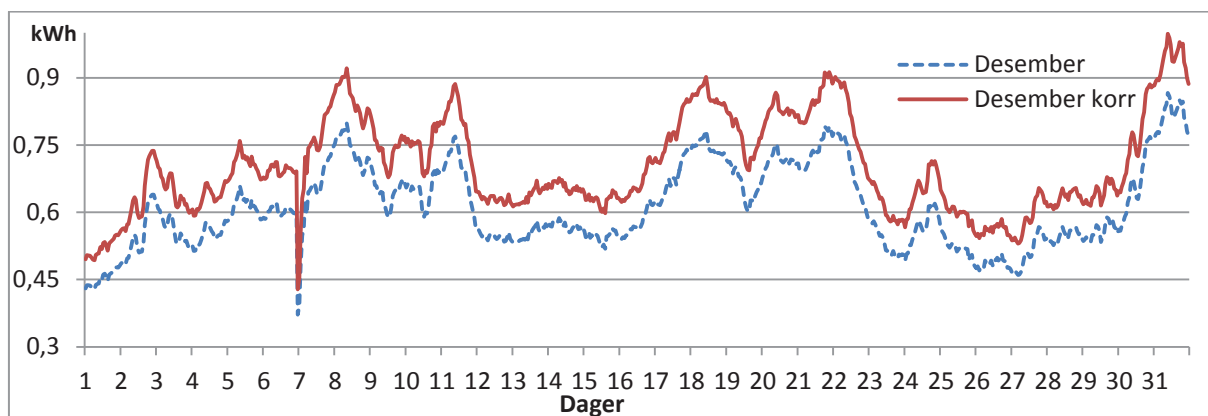


Figur 46. Gjennomsnittlig strømforbruk til husholdning for 1.-18 august 2012

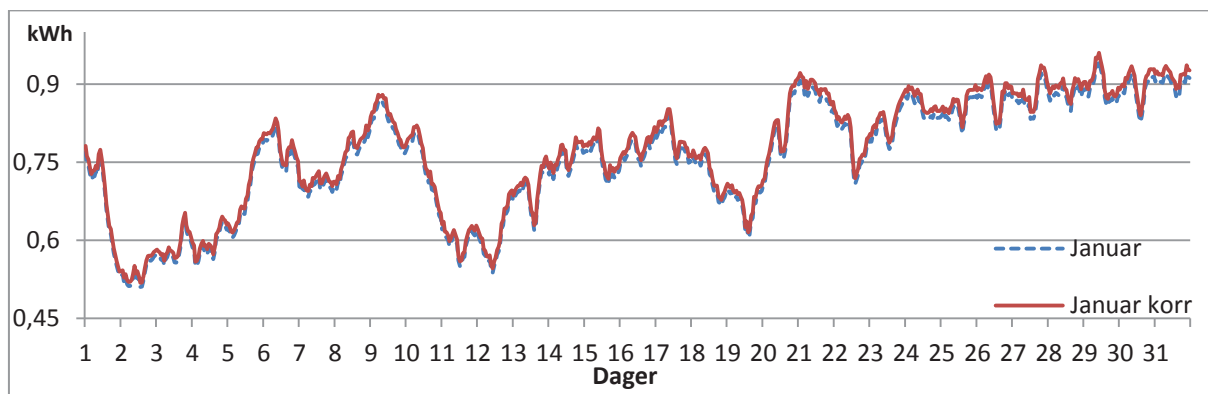
Vedlegg E. Temperatur korrigert og målt forbruk for hytter fordelt på måned



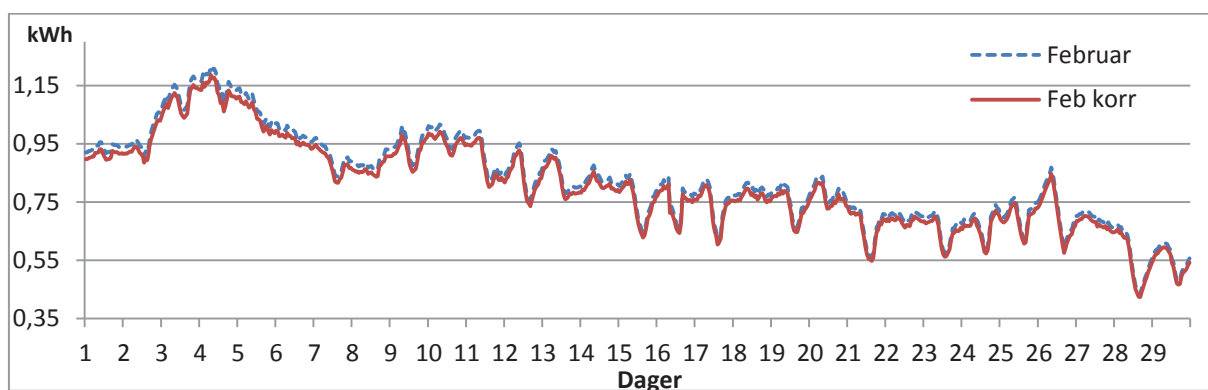
Figur 47. Temperaturkorrigert og målt gjennomsnittlig strømforbruk til hytter for november 2011



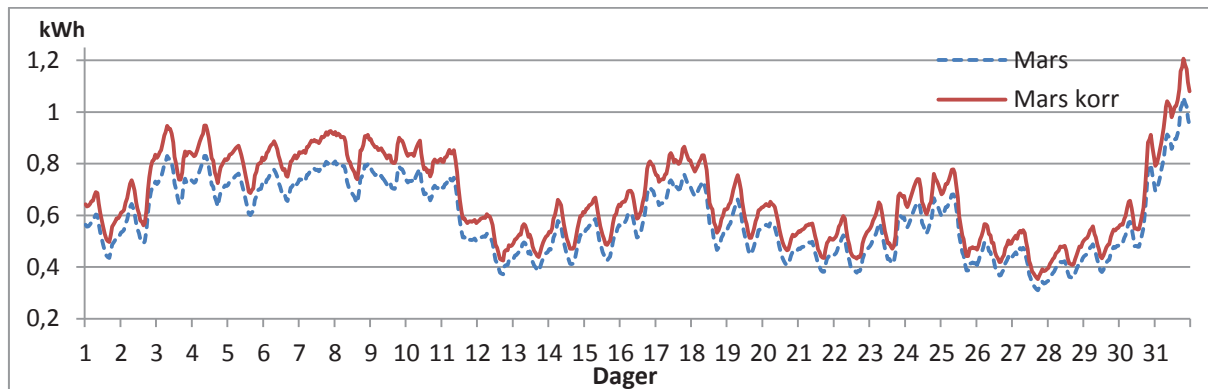
Figur 48. Temperaturkorrigert og målt gjennomsnittlig strømforbruk til hytter for desember 2011



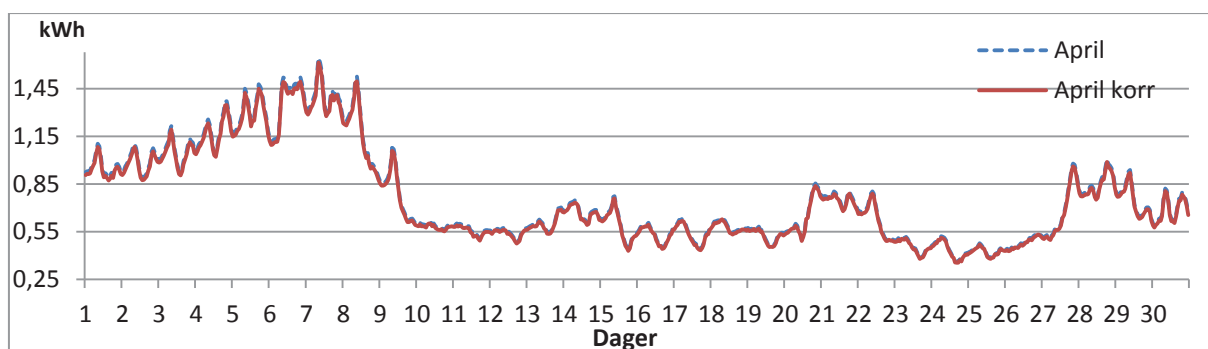
Figur 49. Temperaturkorrigeret og målt gjennomsnittlig strømforbruk til hytter for januar 2012



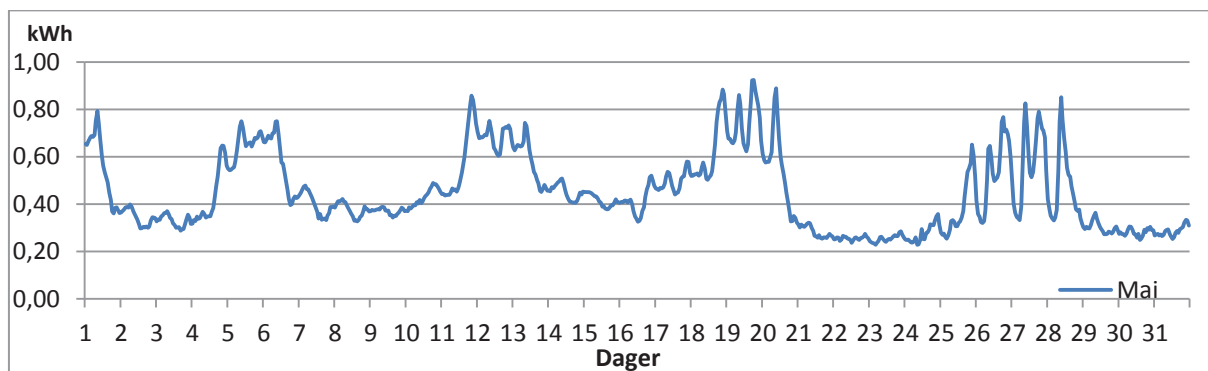
Figur 50. Temperaturkorrigeret og målt gjennomsnittlig strømforbruk til hytter for februar 2012



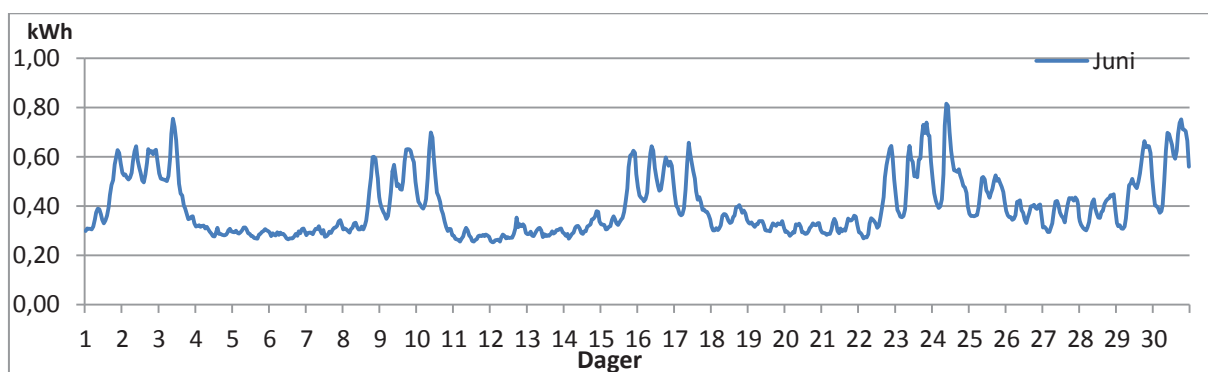
Figur 51. Temperaturkorrigeret og målt gjennomsnittlig strømforbruk til hytter for mars 2012



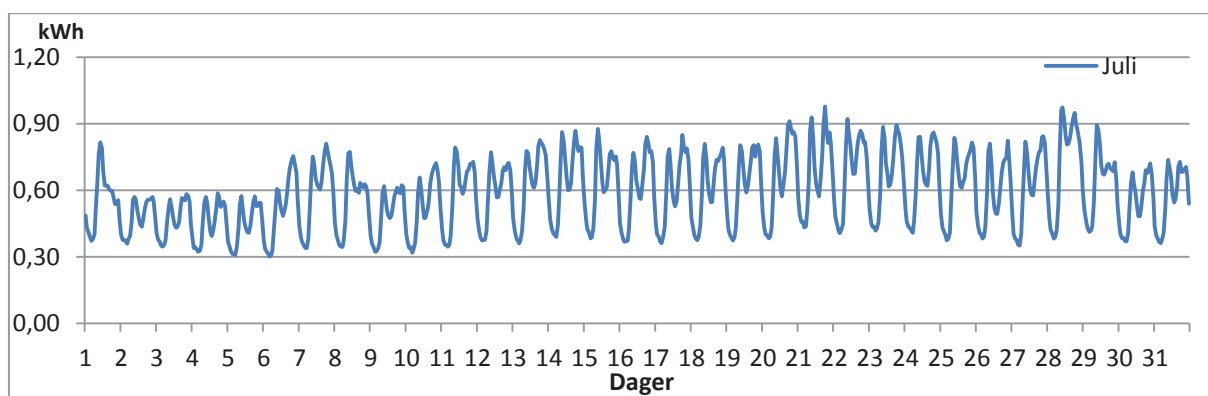
Figur 52. Temperaturkorrigeret og målt gjennomsnittlig strømforbruk til hytter for april 2012



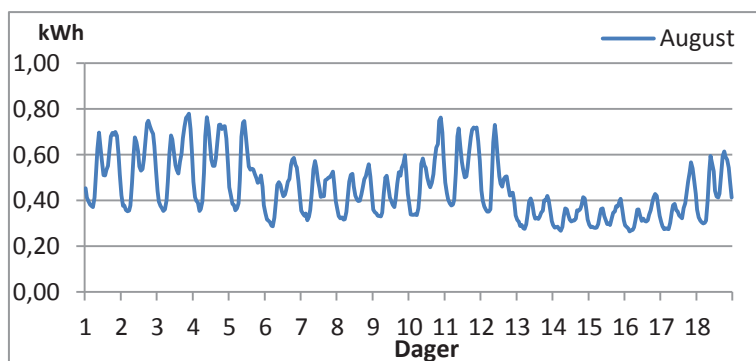
Figur 53. Gjennomsnittlig strømforbruk til hytter for mai 2012



Figur 54. Gjennomsnittlig strømforbruk til hytter for juni 2012

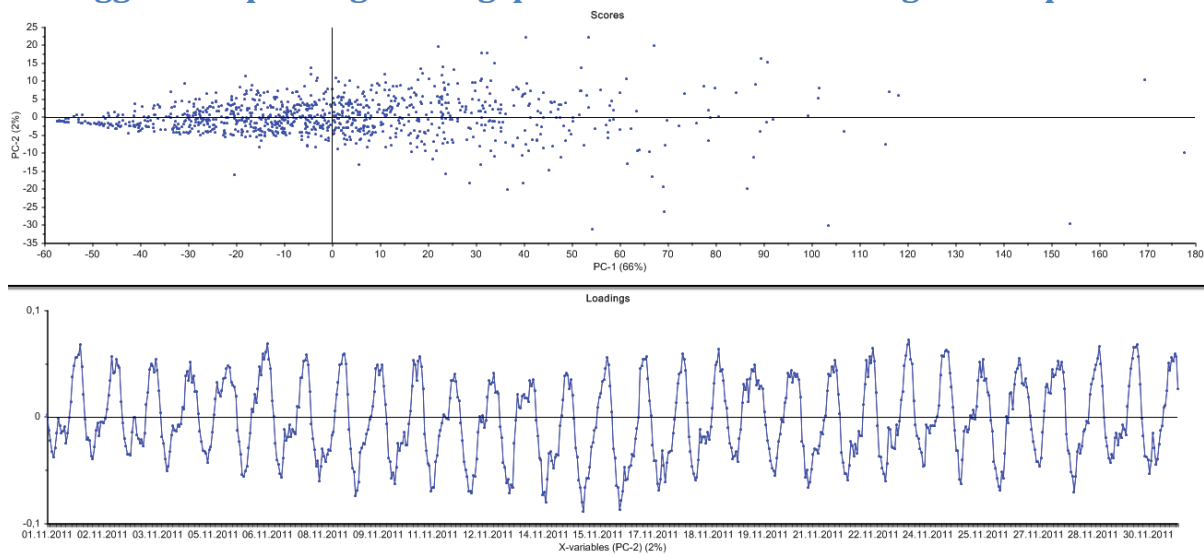


Figur 55. Gjennomsnittlig strømforbruk til hytter for juli 2012

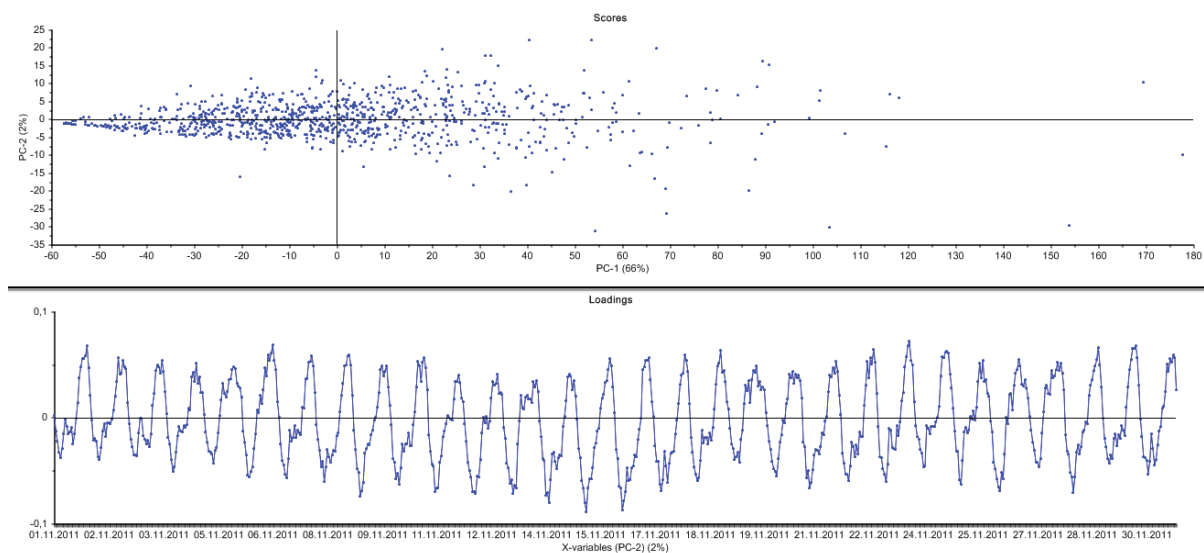


Figur 56. Gjennomsnittlig strømforbruk til hytter for 1.-18. august 2012

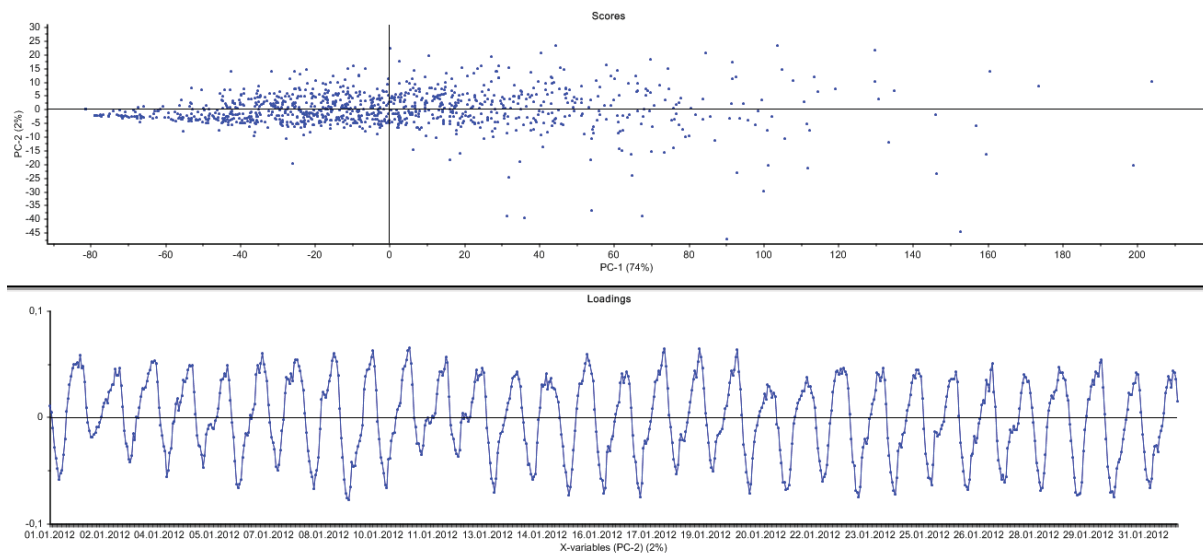
Vedlegg F. Skårplott og ladningsplott PC2 for husholdning fordelt på måned



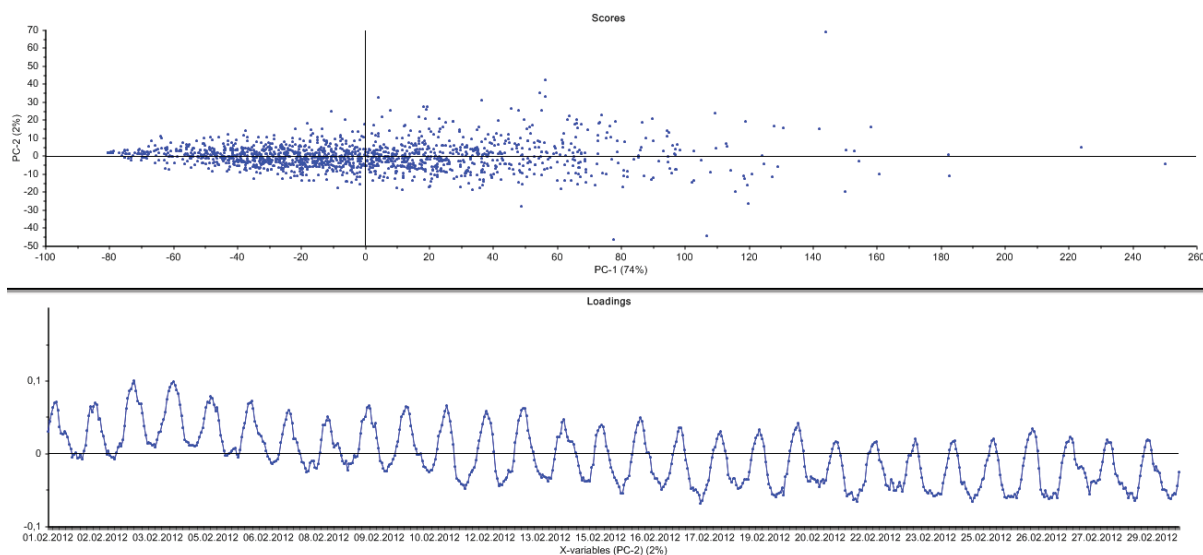
Figur 57. Skårplott av PC1 (x-akse) og PC2 (y-akse) i den øverste delen. Ladningsplott PC2 i den nederste delen. Husholdning i november 2011



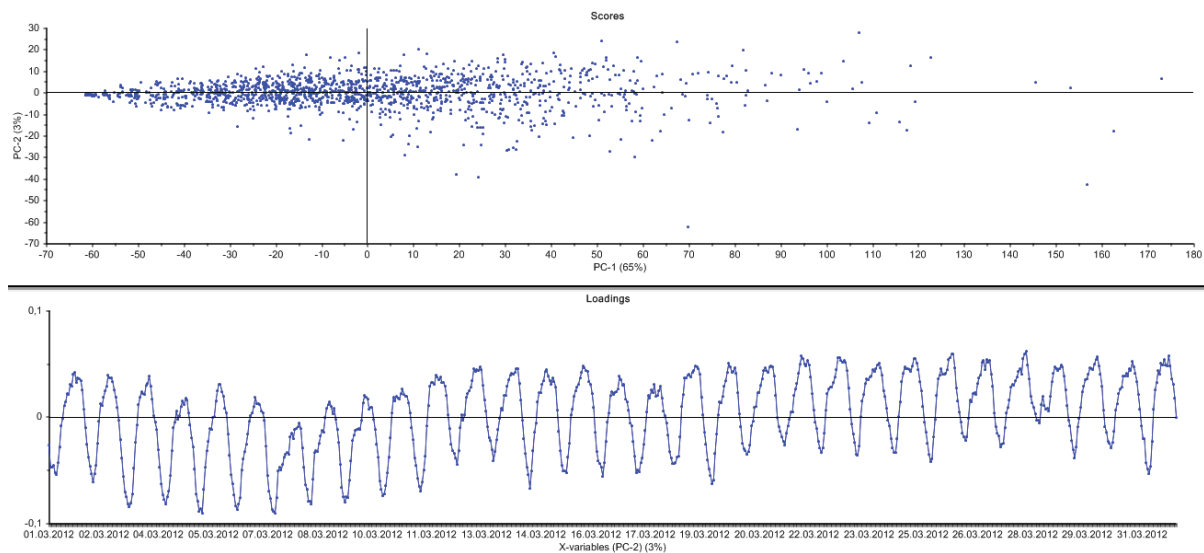
Figur 58. Skårplott av PC1 (x-akse) og PC2 (y-akse) i den øverste delen. Ladningsplott PC2 i den nederste delen. Husholdning i desember 2011



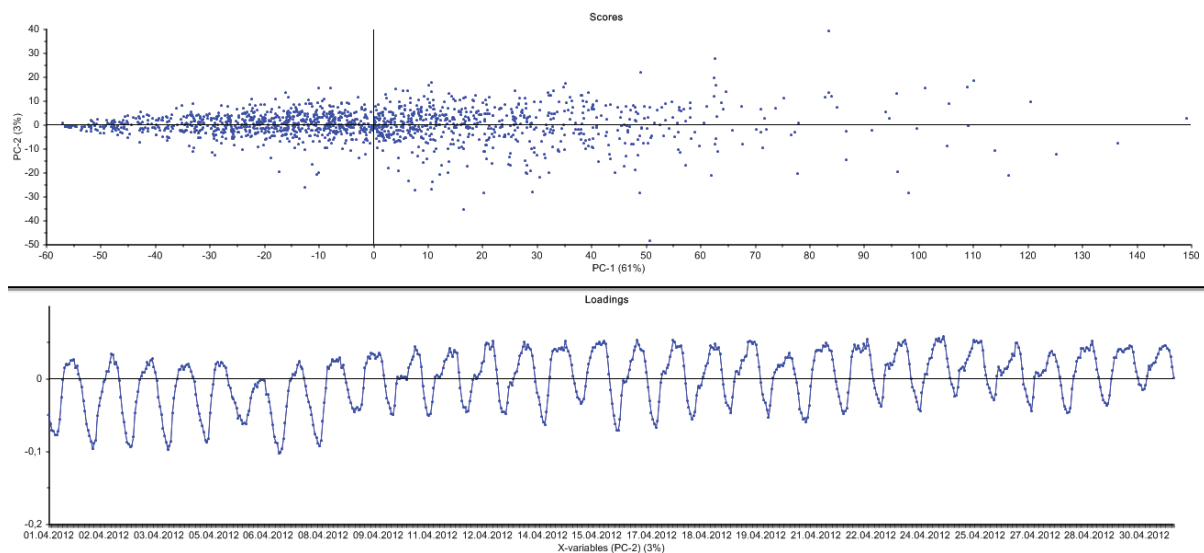
Figur 59. Skårplott av PC1 (x-akse) og PC2 (y-akse) i den øverste delen. Ladningsplott PC2 i den nederste delen. Husholdning i januar 2012



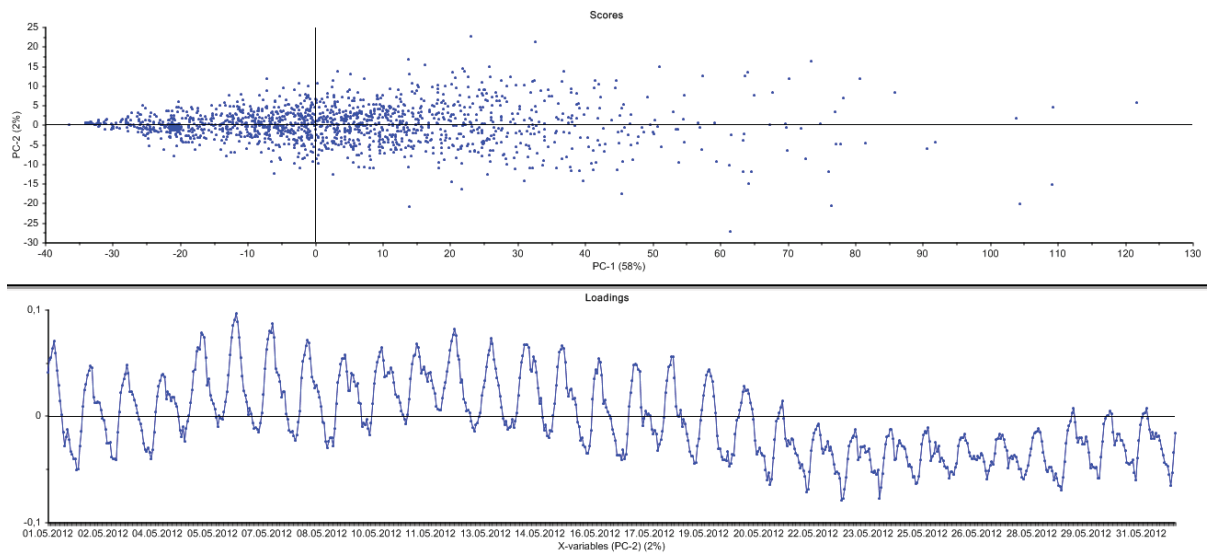
Figur 60. Skårplott av PC1 (x-akse) og PC2 (y-akse) i den øverste delen. Ladningsplott PC2 i den nederste delen. Husholdning i februar 2012



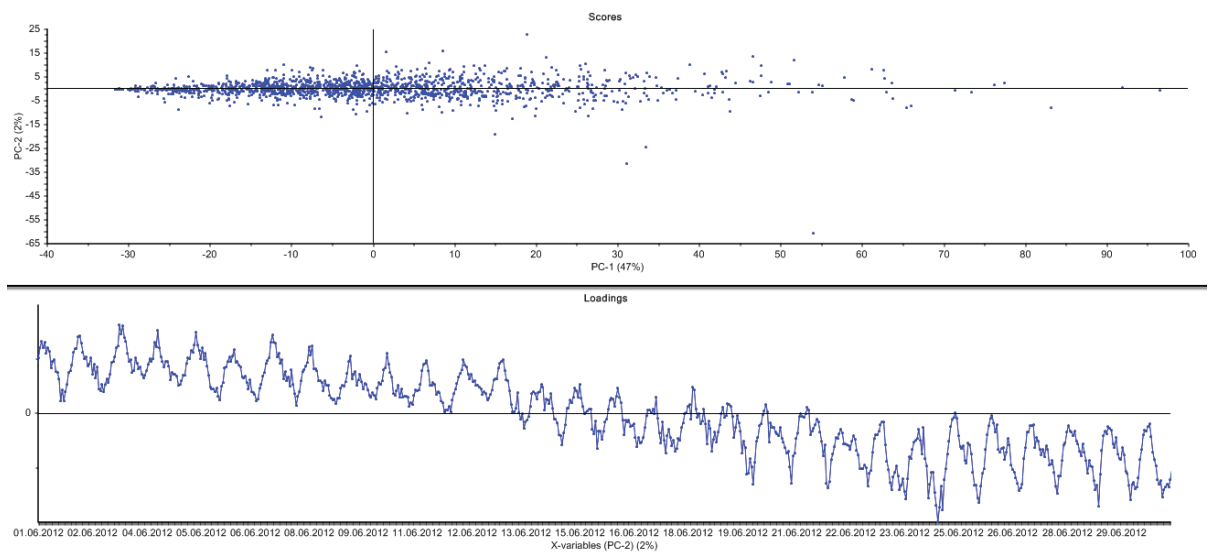
Figur 61. Skårplott av PC1 (x-akse) og PC2 (y-akse) i den øverste delen. Ladningsplott PC2 i den nederste delen. Husholdning i mars 2012



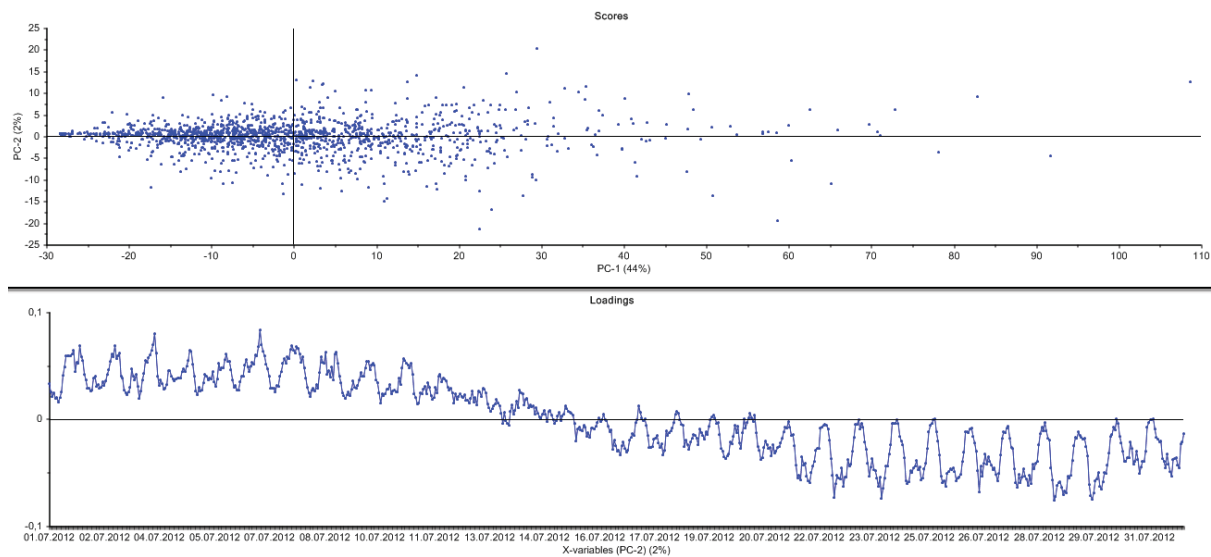
Figur 62. Skårplott av PC1 (x-akse) og PC2 (y-akse) i den øverste delen. Ladningsplott PC2 i den nederste delen. Husholdning i april 2012



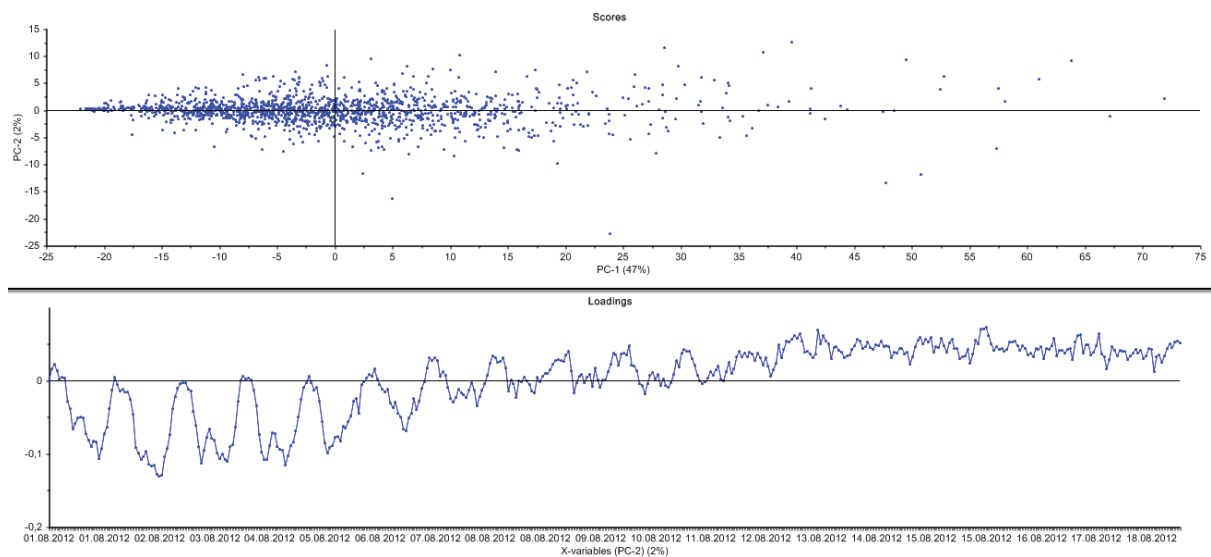
Figur 63. Skårplott av PC1 (x-akse) og PC2 (y-akse) i den øverste delen. Ladningsplott PC2 i den nederste delen. Husholdning i mai 2012



Figur 64. Skårplott av PC1 (x-akse) og PC2 (y-akse) i den øverste delen. Ladningsplott PC2 i den nederste delen. Husholdning i juni 2012

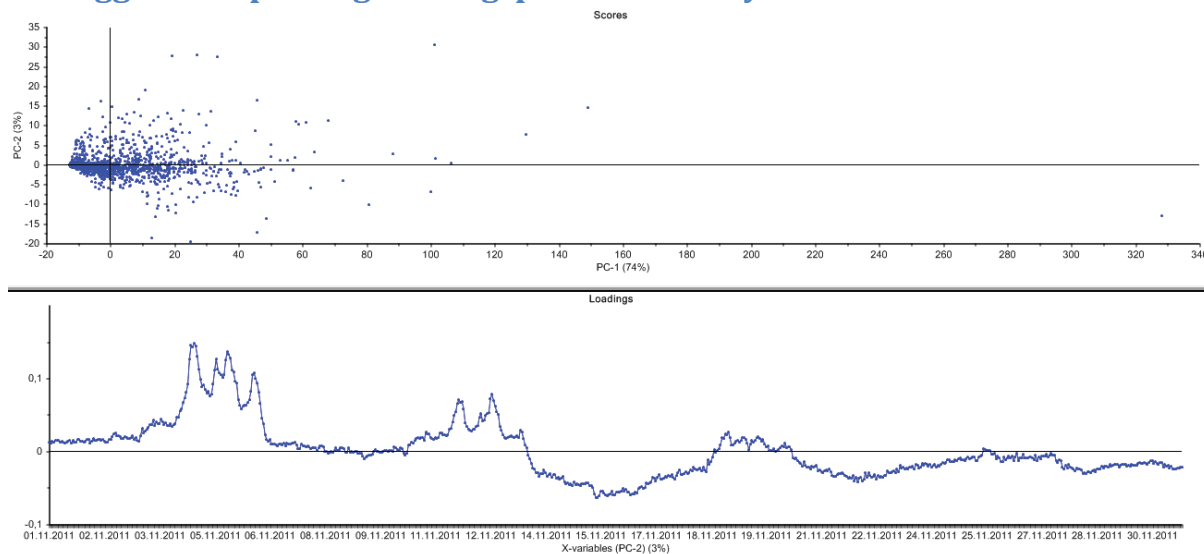


Figur 65. Skårplott av PC1 (x-akse) og PC2 (y-akse) i den øverste delen. Ladningsplott PC2 i den nederste delen. Husholdning i juli 2012

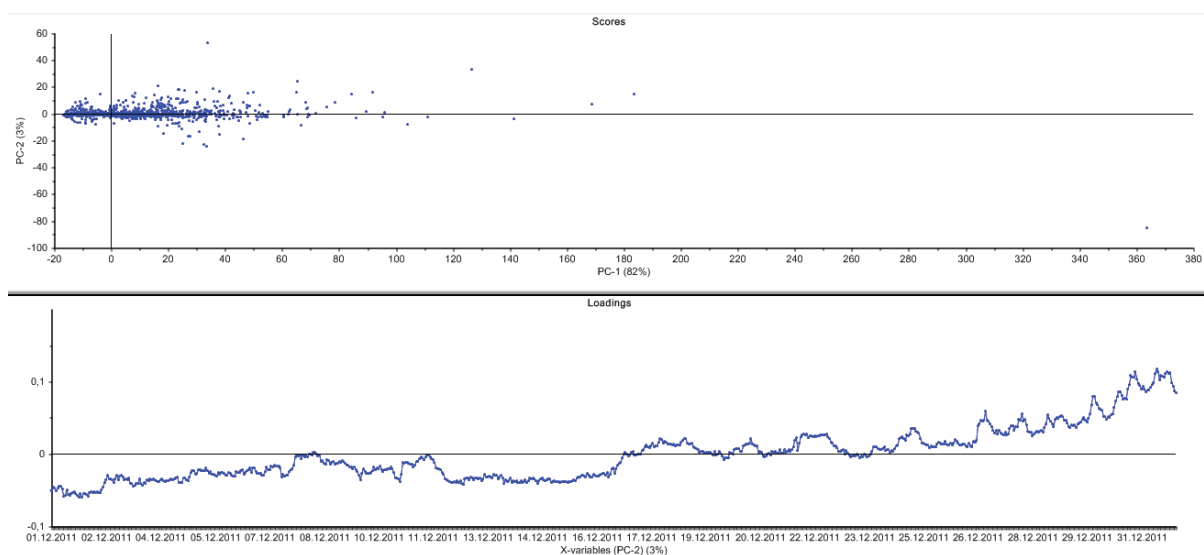


Figur 66. Skårplott av PC1 (x-akse) og PC2 (y-akse) i den øverste delen. Ladningsplott PC2 i den nederste delen. Husholdning fra 1.-18. august 2012

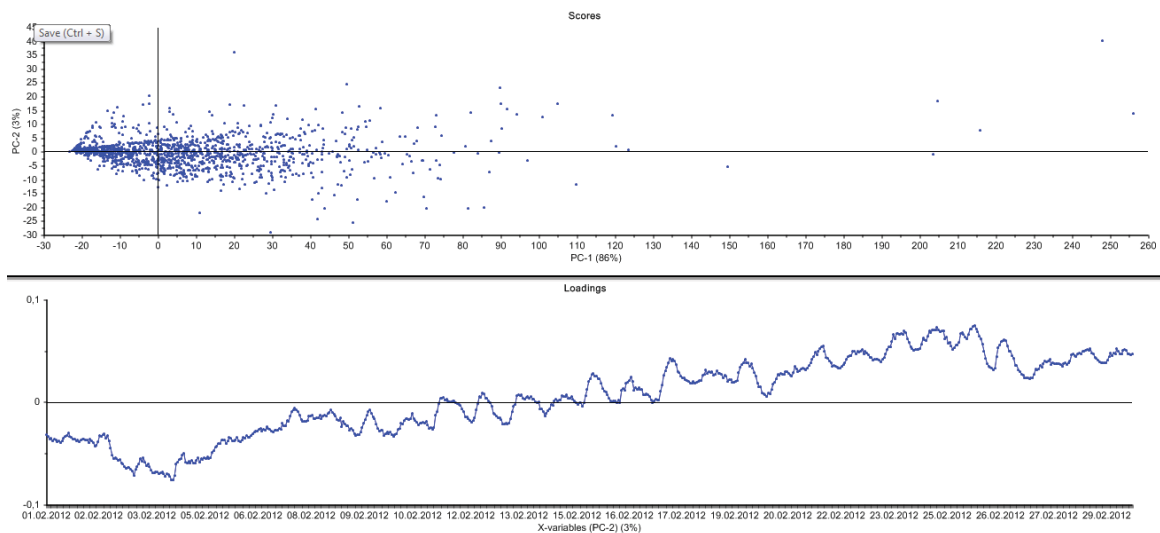
Vedlegg G. Skårplott og ladningsplott PC2 for hytter



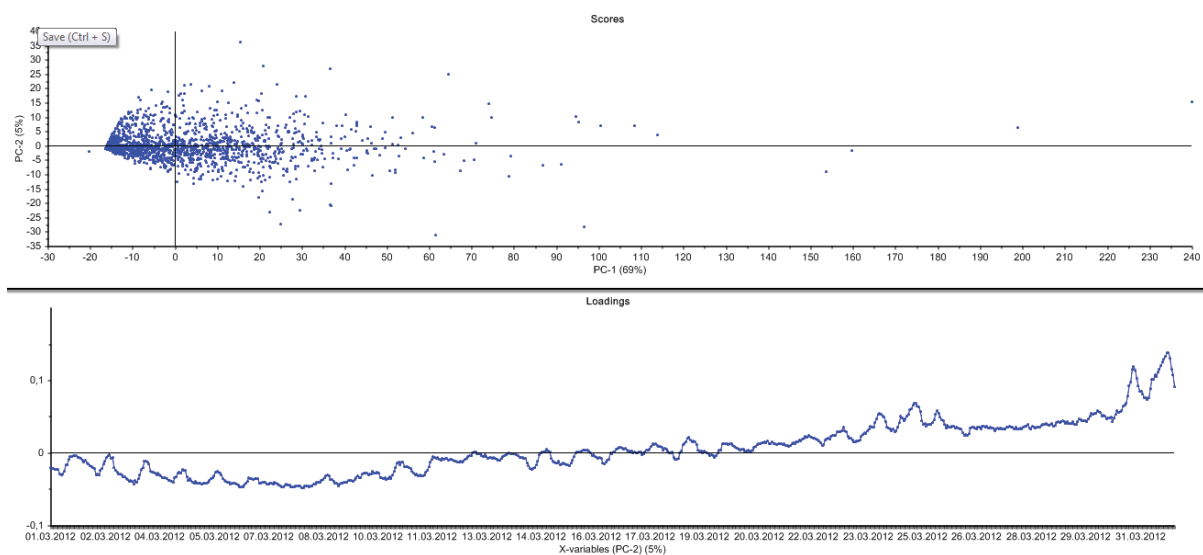
Figur 67. Skårplott av PC1 (x-akse) og PC2 (y-akse) i den øverste delen. Ladningsplott PC2 i den nederste delen. Hytter i november 2011



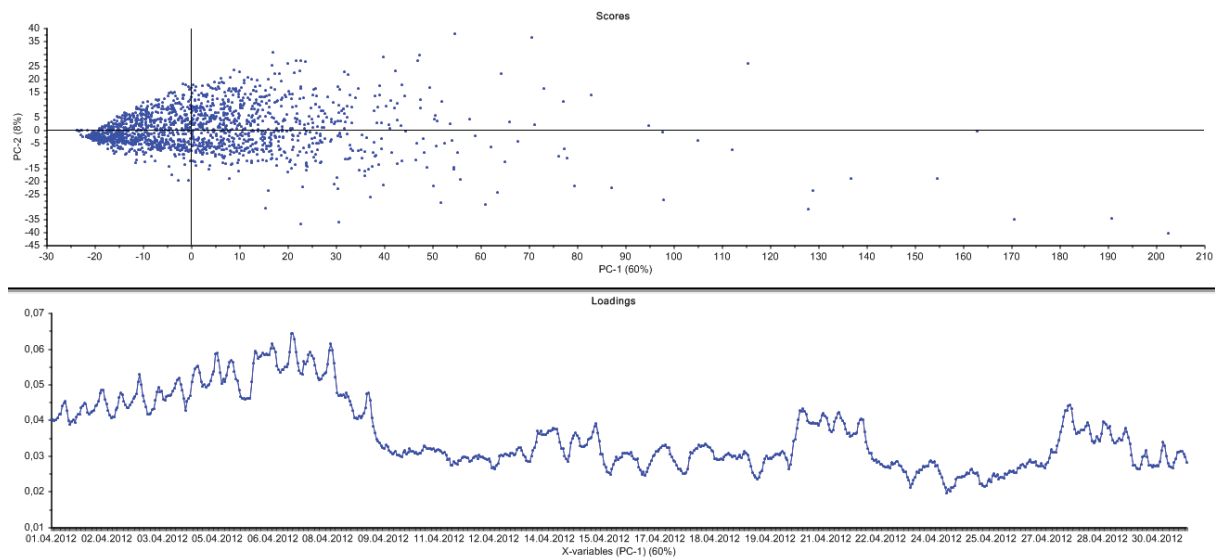
Figur 68. Skårplott av PC1 (x-akse) og PC2 (y-akse) i den øverste delen. Ladningsplott PC2 i den nederste delen. Hytter i desember 2011



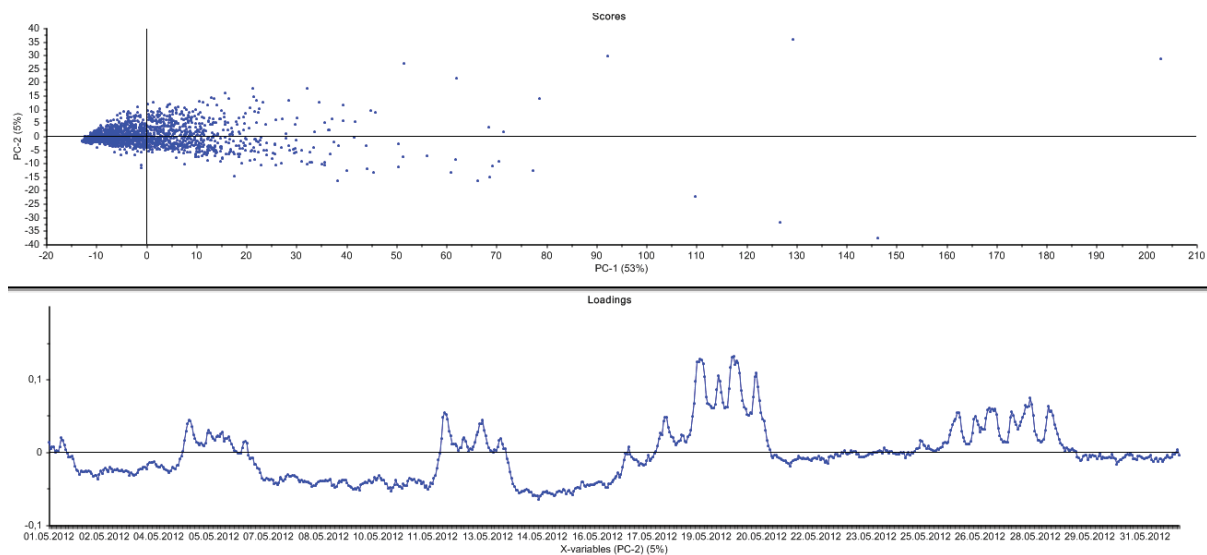
Figur 69. Skårplott av PC1 (x-akse) og PC2 (y-akse) i den øverste delen. Ladningsplott PC2 i den nederste delen. Hytter i februar 2012



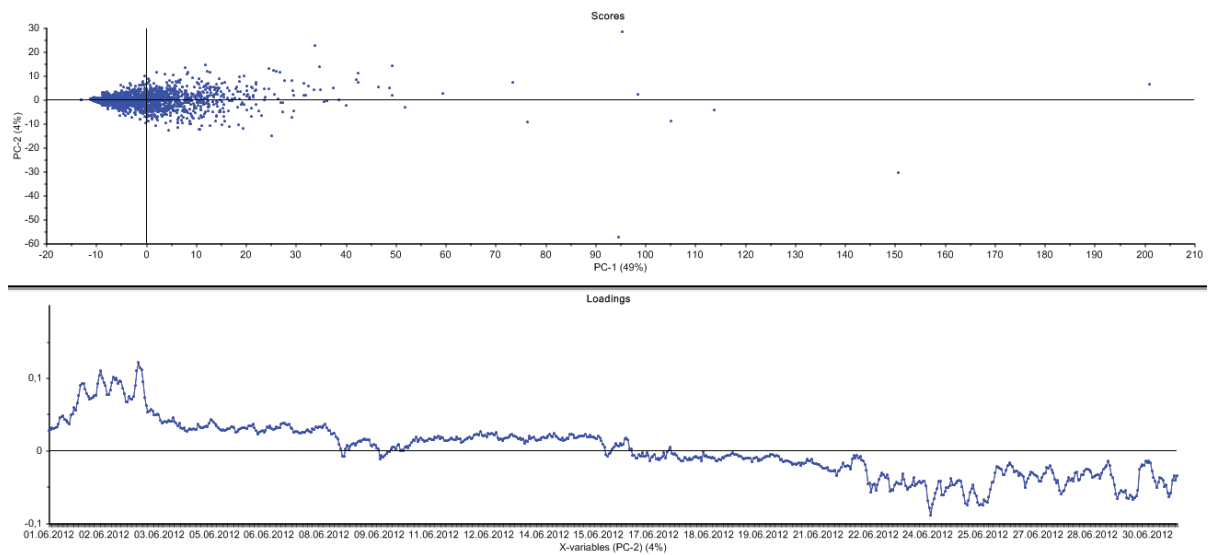
Figur 70. Skårplott av PC1 (x-akse) og PC2 (y-akse) i den øverste delen. Ladningsplott PC2 i den nederste delen. Hytter i mars 2012



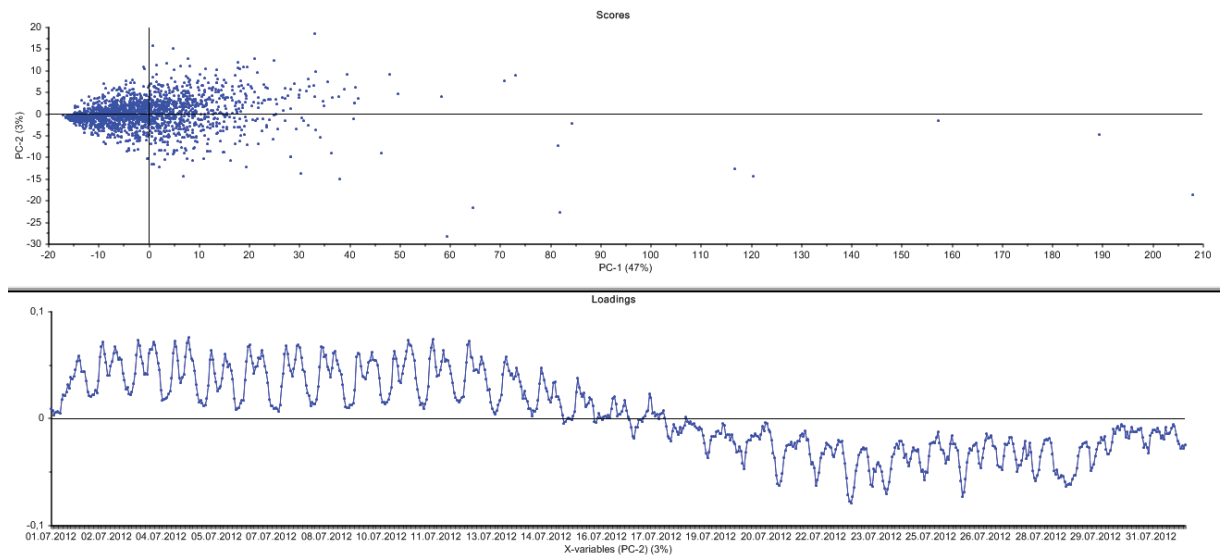
Figur 71. Skårplott av PC1 (x-akse) og PC2 (y-akse) i den øverste delen. Ladningsplott PC2 i den nederste delen. Hytter i april 2012



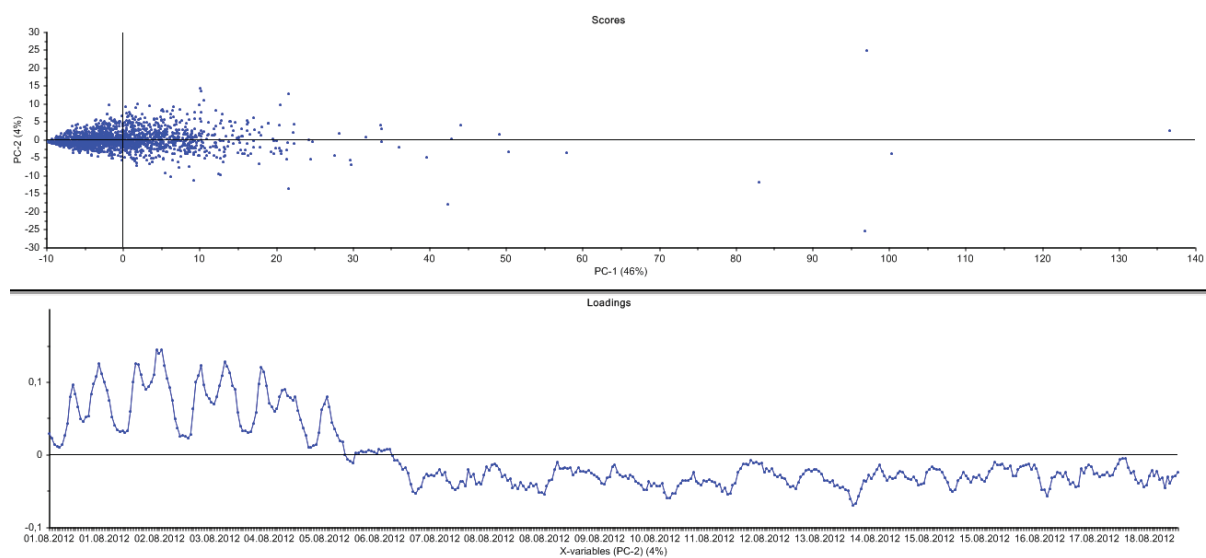
Figur 72. Skårplott av PC1 (x-akse) og PC2 (y-akse) i den øverste delen. Ladningsplott PC2 i den nederste delen. Hytter i mai 2012



Figur 73. Skårplott av PC1 (x-akse) og PC2 (y-akse) i den øverste delen. Ladningsplott PC2 i den nederste delen. Hytter i juni 2012



Figur 74. Skårplott av PC1 (x-akse) og PC2 (y-akse) i den øverste delen. Ladningsplott PC2 i den nederste delen. Hytter i juli 2012



Figur 75. Skårplott av PC1 (x-akse) og PC2 (y-akse) i den øverste delen. Ladningsplott PC2 i den nederste delen. Hytter fra 1.-18. august