

BACHELOROPPGAVE

Strømprisen i perioden januar 2013 til mars 2022

En kvantitativ undersøkelse av
påvirkningsfaktorene

Electricity prices in the time period January 2013 to March 2022

A quantitative study of the influencing factors

Erik Lindeflaten Dahl

Henrik Evjen Gangsø

Jørn-Andre Kjellhaug Mortensen

Fornybar Energi

FIN/Institutt for Miljø- og Naturvitenskap

Veileder: Johannes Idsø

Innleveringsdato: 03.06.2022

Jeg bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 10.

Innholdsliste

1 Forord	2
2 Sammendrag	3
3 Abstract	4
4 Innledning	5
4.1 Problemstillinger	6
4.2 Oppgavens oppbygning	7
5 Teori	8
5.1 Nord Pool	8
5.2 Strømnettet	9
5.3 Utfordringer med nettet	9
5.3.1 Flaskehalsen	9
5.3.2 Kostnader tilknyttet utbygging	10
5.4 Prisområdene	10
5.5 Evne til å produsere kraft basert på sol, vind og vann.	11
5.6 Utenlandskabler	11
5.7 Tilknytning til Europa	12
5.8 Norge som grønt batteri	12
5.9 Kartlegging av norsk strømproduksjon	12
5.10 Valutakurser og kostnader for råvarer påvirker også pris	13
6 Metode	14
6.1 Datasett	14
7 Kartlegging av konsum	16
7.1 Svingninger i konsumet i løpet av døgnet.	16
7.2 Er svingningene over døgnet like?	19
7.3 Svingninger i konsumet i løpet av uken	21
7.4 Konsum gjennom året	23
7.5 Oppsummering	24
7.6 Hypoteser på konsumsvingningene	24
7.6.1 Innbyggere	25
7.6.2 Aluminiumsindustrien	26
7.7 Diskusjon konsum	28
7.7.1 Svingninger i døgnet	28
7.7.2 Svingninger i løpet av uken	29

7.7.3 Svingninger gjennom året	30
8 Kartlegging av temperaturen	31
9 Sammenhengen mellom temperatur og konsum	33
9.1 Samvariasjon	33
9.2 Diskusjon temperatur og konsum	35
10 Hvordan har prisen utviklet seg?	37
10.1 Svingninger i prisen gjennom døgnet	37
10.2 Årstidene	41
10.3 Oppsummering	43
10.4 Diskusjon av svingninger i prisen	43
11 Sammenhengen mellom temperatur og pris	45
11.1 Diskusjon samvariasjon mellom temperatur og pris	45
12 Sammenheng mellom pris og konsum	46
12.1 Diskusjon sammenheng mellom pris og konsum	46
13 Produksjon, magasinfylling og eksport	47
13.1 Produksjon	47
13.2 Magasinfylling	49
13.3 Sammenheng mellom magasinfylling og pris i 2018	51
13.4 Eksport	52
13.5 Diskusjon	53
14 Regresjon pris og temperatur for konsum	54
14.1 Regresjonsanalyse	54
14.1.1 Konsum av elektrisitet	54
14.2 Diskusjon	56
15 Sintef 2018 (utenlandskabler)	58
15.1 Diskusjon Sintef	59
16 Utenlandskabler	60
16.1 Metode utenlandskabler	60
16.2 Resultat utenlandskabler	61
16.3 Diskusjon utenlandskabler	63
17 Smarte målere og konsumet av elektrisitet	65
17.1 Justert forbruk for å utnytte allerede eksisterende nett	67

18 Konklusjon

68

19 Vedlegg

73

Figurliste

1 De fem prisområdene for elektrisitet i Norge. Hentet fra Statnett [43].	10
2 Gjennomsnittlig produksjon pr. måned i perioden 2013-2022 for hvert av prisområdene. Målt i MWh pr. time.	13
3 Gjennomsnittlig konsum målt i MWh pr. time gjennom døgnet.	16
4 Det gjennomsnittlige timesforbrukets avvik fra døgngjennomsnittet i perioden 2013- 2021 målt i prosent.	19
5 Gjennomsnittlig konsum gjennom uken for hvert av prisområdene. Målt i MWh pr. time.	21
6 Det prosentvise avviket fra det gjennomsnittlige konsumet gjennom uken.	22
7 Gjennomsnittlig konsum gjennom året for hvert av prisområdene. Målt i MWh pr. time.	23
8 Fordeling av strøm i huset hentet fra Sintef [15].	26
9 Gjennomsnittlig temperatur gjennom året. Målt i grader (celsius).	31
10 Gjennomsnittlig temperatur gjennom døgnet. Målt i grader (celsius).	32
11 Gjennomsnittlig konsum og temperatur i Oslo gjennom året. Venstre y-akse viser tem- peraturen i celsius og høyre y-akse viser konsumet i MWh.	33
12 Årlig korrelasjon mellom temperatur og konsum i NO1 (Oslo). Målt i prosent.	35
13 Gjennomsnittlig strømpris per år totalt og for hvert prisområde i perioden 2013-2022. Målt i MWh pr. time.	37
14 Den gjennomsnittlige timesprisen fra 2013-2022. Målt i kroner pr. MWh.	38
15 Det prosentvise avviket fra døgngjennomsnittet i perioden 2013-2022.	39
16 Den gjennomsnittlige månedsprisen i Norge for perioden 2013-2022. Målt i kroner pr. MWh.	41
17 Forskjellene i strømprisen gjennom døgnet mellom sommer- og vinterhalvåret i peri- oden 2013-2022. Målt i kroner pr. MWh.	42
18 Forskjellene i strømprisen gjennom døgnet mellom sommer- og vinterhalvåret i 2021. Målt i kroner pr. MWh.	42
19 Årlig korrelasjon mellom temperatur og pris i Oslo (NO1) for perioden 2013-2021. . .	45
20 Årlig korrelasjon mellom pris og konsum i Oslo (NO1) for perioden 2013-2022.	46
21 Strømproduksjon pr. år i Norge fra 2013 til 2022. Målt i MWh pr. time.	47
22 Forholdet mellom produksjon og konsum fordelt på prisområdene. Målt i prosent. Po- sitiv verdi betyr at området produserer mer enn de consumerer.	48
23 Magasinfylling fra 2013 til 2022 målt i prosent.	49
24 Magasinfylling i 2018 målt i prosent.	50
25 Magasinfylling i 2021 målt i prosent.	50
26 Strømpris (i kroner/MWh) ved ulike magasinfyllingsnivåer. Nivåene er delt inn i in- tervall på 10 prosent.	51
27 Her er alternativsprisen sammenlignet med gjennomsnittsprisen pr. måned for hele Norge i 2018. Målt i kroner pr MWh.	52

28	Årlig netto krafteksport målt i MWh pr. time i tidsrommet 2013-2022.	53
29	Koeffisienter fra regresjonsanalysen for konsum med pris og temperatur som uavhengige variabler for perioden 2013 t.o.m. februar 2022.	56
30	Årlig gjennomsnittlig strømpris målt i MWh pr. time, totalt og for hvert prisområde 2013-2022.	61
31	Månedlig gjennomsnittlig strømpris målt i MWh pr. time, totalt og for hvert prisområde i 2021.	61
32	Årlig netto krafteksport målt i MWh pr. time 2013-2022.	62
33	Utklipp av syntax-fil.	73
34	Utklipp av syntax-fil.	74
35	Utklipp av syntax-fil.	74
36	Utklipp av syntax-fil.	75
37	Utklipp av syntax-fil.	75

1 Forord

Vi ønsker å rette en stor takk til Johannes Idsø. Han har vært en fremragende veileder som har bidratt til å gjøre prosjektet spennende og vært en fantastisk medspiller som har gitt gode tilbakemeldinger.

Vi vil også takke venner og familie.

Erik Lindeflaten Dahl

Henrik Evjen Gangsø

Jørn-Andre Kjellhaug Mortensen

-Hufsa Seniorlag

2 Sammendrag

Lave strømpriser og tilgang på elektrisitet har i mange år vært et særnorsk gode. Nye utenlandskabler og et skifte i energiforsyningen truer nå denne «uendelige» forsyningen av kraft vi er helt avhengige av. Den store prisendringen i 2021 har ført til debatt og uenighet i fagmiljøet, i tillegg forventer den norske befolkningen både svar på hvordan vi endte opp i denne situasjonen og hvordan politikerne skal løse den. Det har blitt produsert rapporter som prøver å forklare situasjonen, men den endelige konklusjonen mangler. I et forsøk på å oppklare det komplekse kraftsystemet og hvordan strømprisen blir til har vi i vårt arbeid brukt kvantitative undersøkelser som fremstiller de ulike påvirkningsfaktorene samlet. Med en samlet oversikt over informasjonen ønsket vi å kunne peke ut individuelle faktorer som påvirker strømprisen. Resultatene vi har kommet frem til viser at prisen og konsumet på strøm varierer gjennom døgnet, ukene og året. Prisen på strøm har steget etter at utenlandskablene Nordlink og North Sea Link ble satt i drift. Konsumet har blitt jevnere etter at AMS-målere ble installert i norske husholdninger. Denne oppgaven gir en overordnet oversikt over hvilke faktorer som påvirker strømprisen. Vi foreslår videre forskning der matematiske modeller brukes til å identifisere verdien på påvirkningskraften de enkelte faktorene har for strømprisen.

3 Abstract

Cheap and sufficient amounts of electricity have for many years been the standard for Norwegian consumers. This luxury is now threatened by recently established connections for international power transmission and a major change in the energy supply mix. During the fall of 2021, a huge jump in electricity prices has led to a nationwide debate among scholars and market experts. The Norwegian population and industry demand an explanation and a solution to be provided by the government. To explain the current situation, reports and articles have been published by consulting groups and the industry, yet a final conclusion is missing. We have used quantitative methods such as statistical analysis to process data, as an attempt to clarify the complexity of the power system and the market mechanisms. With graphs and calculations, we hoped to point out individual factors which affects the price for electricity. Our results shows that the price and consume of electricity varies throughout the day, week, and year. The price for electricity increased after establishing the new transmission lines, Nordlink and North Sea Link. Our studies have also shown a more leveled consumption of electricity after AMS-meters were installed in Norwegian households. This bachelor thesis provides an overview on factors that affect the pricing of electricity. We suggest continued research with mathematical models to identify the value of influence the individual factors each have on the price of electricity.

4 Innledning

For å begrense klimaendringene og den globale oppvarmingen har Norge forpliktet seg til å redusere sine klimagassutslipp. Et av virkemidlene for å klare dette er å erstatte energi fra fossile kilder med energi fra fornybare kilder. Ved å elektrifisere ulike deler av samfunnet som i dag benytter seg av fossile energikilder vil en kunne redusere de norske utslippene betraktelig. Det meste av elektrisiteten som blir produsert i Norge i dag kommer fra vannkraft, som er en utslippsfri og fornybar ressurs. Statnett sier at: "erstatte vi det meste av dagens fossile energibruk med elektrisitet, får vi en økning i kraftforbruket på 30-50 TWh per år" [60].

Den siste tiden har Norge derimot opplevd høye strømpriser (figur 13), særlig i Sør-Norge. Dette har preget den offentlige debatten og vært mye omtalt i media. Nordmenn er blitt mer opptatt av både strømpriser og sitt eget forbruk.

I mai 2021 ble kraftkabelen Nordlink som går mellom Norge og Tyskland bygget. Fem måneder senere ble kabelen North Sea Link, som går mellom Norge og Storbritannia, satt i drift. Begge kablene har en kapasitet på 1400 MW, noe som vil si at de med 8760 driftstimer i året kan overføre 24,4 TWh mellom Norge og utlandet. Hensikten med disse kablene er å koble Norge nærmere det europeiske kraftmarkedet. Når solen skinner og vinden blåser i Europa kan Norge importere billig overskuddsenergi for å bruke, eller til og med pumpe vann opp igjen i magasinene [66]. Er det derimot lite vind og sol i Europa kan Norge øke sin vannkraftproduksjon og eksportere kraften. Dette fører til økt forsyningssikkerhet på det europeiske kraftnettet.

Det var mange i Norge, både politikere og innbyggere, som fryktet at en ytterligere tilkobling til det europeiske kraftmarkedet ville føre til økte strømpriser her i landet. I februar 2018 publiserte Sintef en artikkel som argumenterte for at utbygging av utenlandskablene ikke ville føre til en betydelig økning i prisene [41].

Det var en diskusjon om hvorvidt utbyggingen ville føre til konsekvenser for norske vannkraftverk i form av behov for utbygging av flere vassdrag og økt bruk av effektkjøring. «Effektkjøring er et begrep fra kraftforsyningen som betyr at et vannkraftverk må startes opp, eller øke sin produksjon opp mot maksimal effekt, for deretter å stoppes eller kjøres ned mot minimum driftsvannføring igjen i løpet av relativt kort tid» [23]. Dette mente motstanderne ville skade naturen og føre til mer fiskedød i regulerte elver.

I artikkelen karakteriserer Sintef argumentene mot kablene som grunnløse påstander. De peker på at både Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og forskningssenteret Cedren hadde beregnet at strømprisene kommer til å stige marginalt, med 1,5 til 2 øre pr. kWh på kort sikt, og at prisene ville falle på lang sikt. Når det kommer til problemene med effektkjøring, så mener Sintef at de kan unngås ved bruk av magasinerte vannkraftverk som slipper ut vann i store innsjøer eller i havet, noe myndighetene kan sørge for i konsesjonsprosessene.

I 2011 kom det en forskrift om at strømmålerne i norske husstander skulle byttes ut med AMS-målere (avanserte måle- og styresystem) innen januar 2019. Dette var en stor investering med en samlet prislapp på cirka 9 milliarder kroner. De nye målerne gjorde blant annet at kraftleverandørene kunne måle konsumentene sitt forbruk fra time til time. Derfor fikk forbrukerne større insentiver til å være bevisste på til hvilken tid de brukte elektrisitet og flytte forbruket sitt til tider med lavere priser. Tidligere fikk alt forbruket en måned den samme prisen, som var en gjennomsnittlig pris den måneden.

4.1 Problemstillinger

I denne oppgaven har vi valgt tre hovedproblemstillinger vi ønsker å se nærmere på:

1. Kartlegge prisen og konsumet av elektrisitet i Norge

- Hvordan blir strømprisen satt?
- Er etterspørselen og prisen gjennom døgnet, uken og året konstant eller er det variasjoner? Og hvis det er variasjoner, hvor store er de og er variasjonene like i alle prisområder?
- Kartlegge mulige årsaker til eventuelle variasjoner. Har faktorer som magasinutfyllingsgrad, nettoeksport og temperatur innvirkning på pris og konsum? Påvirker konsumet prisen?
- Forskjeller i prisen i de ulike prisområdene gjennom perioden (2013-2022)

2. Utviklingen av strømprisene etter at kablene til Tyskland og England ble satt i drift

- Har de nye utenlandskablene ført til mye høyere strømpriser i Norge, eller hadde Sintef rett i sine utsagn?

3. Har konsumet fordelt seg jevnere gjennom døgnet etter at det ble installert AMS-målere?

4.2 Oppgavens oppbygning

Vi starter med å forklare hvordan kraftmarkedet er bygget opp og at Nord Pool setter en felles nordisk systempris som er utgangspunktet for prisen i hvert enkelt prisområde. Deretter kartlegger vi prisen og konsumet av elektrisitet i Norge i perioden 2013-2022. Dette har vi gjort ved å bruke data fra blant annet Nord Pool og bearbeidet dem i SPSS og Excel. Vi ser på både hvordan pris og konsum svinger gjennom døgnet, uken og året og om det har vært forskjeller mellom de ulike prisområdene. Deretter undersøker vi hvordan faktorer som pris, konsum og lufttemperatur påvirker hverandre og om det finnes samvariasjon mellom dem. Vi kartlegger også hvordan magasinfyllingsgraden har vært i perioden.

Vi tar for oss artikkelen Sintef ga ut i 2018, der de mener at påstandene om utenlandskablene er grunnløse, og at nærmere tilknytning til det europeiske markedet ikke vil føre til høyere strømpriser i Norge. I tillegg vurderer vi den totale effekten utenlandskabler har på det norske markedet, med hovedfokus på de nyeste tilkoblingene. Dette gjør vi ved å se på pris og nettoeksport etter at kablene ble satt i drift.

Til slutt har vi sett på det relative forbruket gjennom døgnet. Det vil si hvordan forbruket i en time er i forhold til det gjennomsnittlige timesforbruket i samme døgn. Ved å sammenligne dette fra før og etter AMS-målerne ble innført kan vi undersøke om målerne har bidratt til å fordele forbruket jevnere over døgnet.

5 Teori

5.1 Nord Pool

Strømprisene vi har i Norge blir fastsatt på markedsplassen Nord Pool. «Blant annet kjøper og selger vi strøm i samarbeid med Danmark, Sverige og Finland, i tillegg til at noe av strømproduksjonen er knyttet med land som Tyskland, Frankrike og Polen» [37]. Nord Pool er eid av Statnett og tilsvarende foretak i de andre medlemslandene.

Det er ikke slik at en krafthandel er nødt til å finne sted gjennom Nord Pool, men det er likevel slik at Nord Pool har en markedsandel på 63% av krafthandelen i Norden. I tillegg blir 96% av all elektrisitet produsert i Norge omsatt på Nord Pool [29].

Nord Pool publiserer prisene for påfølgende dag. Prisene blir påvirket av tilbudet og etterspørselen etter elektrisitet. Produsenter melder inn hvor mye de er villige til å produsere til en gitt pris, og kunder (for eksempel strømleverandører) melder inn hvor mye de ønsker å kjøpe til en gitt pris. Deretter beregner Nord Pool en pris som balanserer tilbudet og etterspørselen. Strømprisen varierer fra time til time gjennom døgnet [17].

Enhver produsent ønsker å maksimere profitten sin. Normalt gjøres dette ved å tilpasse seg slik at prisen blir lik grensekostnadene [30]. "Grensekostnaden er endringen i sum kostnader når produksjonen blir endret med *én enkelt* enhet" [69]. Når en produsent av regulert vannkraft skal melde inn hvor mye de ønsker å produsere til en gitt pris tar de høyde for alternativkostnaden av å produsere nå. "Alternativkostnad er nytteverdien, målt ved betalingsvilligheten, av de goder som fortreges ved konsum eller produksjon av et gode" [35]. De kan altså hende de ønsker å spare på vannet i den tro at de vil kunne få mer betalt for kraften ved en senere anledning. Dermed er det ikke grensekostnadene, men heller alternativkostnadene som ligger til grunn når en vannkraftprodusent melder inn til Nord Pool hvor mye de kan produsere.

Kraftmarkedet kan deles i to deler. Den første er engrosmarkedet der kraftleverandørene handler direkte med kraftforbrukere som for eksempel industrien, eller med selskap som har som mål å selge strømmen videre til konsumenter. Den andre delen er konsumentmarkedet der kraftleverandørene handler med konsumentene. Nord Pool er en kraftbørs for engrosmarkedet [17].

Gjennom Nord Pool blir det satt en felles systempris for hele markedet børsen dekker. Denne markedsprisen ligger til grunn for prisen sluttbrukeren må betale dersom de har en spotprisavtale, men en rekke faktorer som ulike avgiftsnivå i landene og begrensinger i overføringsnett (flaskehals) gjør at prisen kan variere mellom landene. Det kan også være ulike prisområder med ulike priser innad i et land. Siden systemprisen er satt uten begrensinger i overføringen må Nord Pool også beregne en områdepris for hvert prisområde. Dette gjøres for at det også innenfor de ulike prisområdene skal være balanse mellom tilbudet og etterspørselen [58]. Handel av elektrisitet skiller seg fra annen råvarehandel ved at elektrisitet må forbrukes i det øyeblikket det produseres. På den

måten er det viktig med nøye planlegging av produksjonen. Dersom det produseres mer enn det konsumeres kan nettet bli overbelastet. Blir det derimot produsert for lite kan det bli «blackout». Her spiller Nord Pool en viktig rolle i det nordiske strømmarkedet ved å sørge for at tilbudet og etterspørselen balanseres.

Dersom det blir forsyningssvikt i markedet, vil det kunne føre med seg store samfunnsøkonomiske konsekvenser og samfunnet kan "stoppe opp". Fordelen med et felles nordisk kraftmarked er at landene kan hjelpe hverandre med å håndtere tidspunkt med veldig høy etterspørsel eller veldig lav produksjon. På den måten slipper hvert enkelt land å måtte ha nok kraftproduksjon til å være selvforsynte til et hvert tidspunkt gjennom året, noe som ikke ville vært samfunnsøkonomisk lønnsomt [17].

5.2 Strømnettet

Kraftprodusenter og kunder er koblet sammen via et nett av overføringskabler, som frakter strøm fra for eksempel et vannkraftverk til et boligfelt. Nettet er bygget for å transportere en forventet mengde strøm og har en maksimal overføringskapasitet. I tidsrom der nedbørmengden er større enn forventet og kraftverkene kunne produsert store mengder strøm, hindrer kapasiteten i nettet at strømmen blir overført til der det er behov. Skulle det oppstå situasjoner der det blir ubalanse på nettet vil det resultere i strømbrudd. Tilkobling til et større kraftsystem reduserer sjansen for svikt og virker positivt på forsyningssikkerheten. [52]

5.3 utfordringer med nettet

5.3.1 Flaskehals

Strøm må brukes når den blir produsert. Hvis en produsent sitter på for mye potensiell kraft påvirker dette produksjonen på to forskjellige måter. De kan enten bli nødt til å selge strømmen til negative priser, eller stoppe produksjonen, ved for eksempel å la vannet renne forbi turbinene. Områder der det ofte er flaskehals signaliserer at det er mye kraft tilgjengelig, men ikke nok nettkapasitet til å overføre strømmen. Ved å flytte industri til disse områdene kan de dra nytte av større mengder tilgjengelig og billig strøm. Områder der kraft blir produsert er ikke nødvendigvis der det bor flest folk. Flere vannkraftverk i Nord-Norge opplever å sitte på mer potensiell kraft enn de får levert til nettet [7]. I 2020, som var et år med mye nedbør, opplevde norske kraftprodusenter nettopp problemet med flaskehals. Kraftselskapet Lyse, har beregnet at vann med en verdi på 15 tWh måtte sendes forbi turbinene. Dette er ifølge Lyse et resultat av stor utbygging av uregulerbare kraftverk uten å bygge ut overføringsnettet. Kraftselskapet anslår at staten med dette gikk glipp av inntekter på om lag 40 milliarder kroner [68].

5.3.2 Kostnader tilknyttet utbygging

Ny produksjon eller ny etterspørsel kan gjøre det nødvendig å utvide nettkapasiteten i et område. Ved å utvide kapasiteten, legges det til rette for at mer strøm kan overføres mellom produsent og kunde. Statnett, sammen med finske og svenske nettoperatører, planlegger en stor opprusting av nettet. Behovet for vedlikehold, utbygging og økt kapasitet i nettet kommer som en konsekvens av en storstilt satsing på produksjon fra uregulerbar fornybar energi. Oppdateringen av kraftnettet har en investeringskostnad på flere titalls milliarder [27]. Utbygging av nettet krever areal og blir lagt gjennom både bebygde og ubebygde områder. På steder der det planlegges utbygging, er det krav om vurderinger av de eksisterende forholdene. Dette gjør prosessen med utbygging tidkrevende og kostbar. Søknaden skal godkjennes av offentlige instanser og inneholde fagkyndig dokumentasjon på om utviklingen av strømmettet følger norsk lov for sikkerhet og ivaretagelse av økologiske systemer [51].

5.4 Prisområdene

På grunn av ubalanse i kraftnettet i form av en overføringskapasitet som begrenser muligheten for å transportere strøm nasjonalt, har vi fått det som kalles for prisområder. Funksjonen til områdene er å balansere prisen for å ta høyde for ulike faktorer som påvirker overføring. Prispåslaget og prisen i de ulike sonene gir et signal om hvor det er behov for utbygging og hvor nettet forsyner nok strøm [43].



Figur 1: De fem prisområdene for elektrisitet i Norge. Hentet fra Statnett [43].

5.5 Evne til å produsere kraft basert på sol, vind og vann.

Sikkerheten rundt forsyning av strøm fra fornybare energikilder varierer fordi utvinningsteknologien er knyttet til været. Høytrykk og lavtrykk skaper vindstrømmer, solen sender fotoner og varme. Men når det ikke blåser eller når det er overskyet, reduseres kraftpotensialet betraktelig. Solcellepaneler og vindturbiner produserer strøm som må brukes med en gang. Regulerte vannkraftverk har derimot en mulighet til å regulere mengden vann som strømmer gjennom turbinene og kan dermed bremse eller forlenge produksjonstiden. Frem til hydrogen og batteriløsninger er utviklet nok til å betydelig bidra med å regulere den europeiske kraftforsyningen, dominerer bruken av termiske kraftverk [59] for å holde forsyningen stabil. [34].

5.6 Utenlandskabler

Norge har siden 1960-tallet hatt koblinger via strømmnett til andre nasjoner. Den første utenlandskoblingen var til Sverige. I dag er vi tilkoblet Danmark, England, Finland, Russland, Sverige og Tyskland [8]. Ifølge beregninger gjort av NVE kunne norske strømpriser vært mye høyere hvis vi ikke hadde overføringsmuligheter med utlandet [45]. De to nyeste er North Sea Link til England og Nordlink til Tyskland, som hver har en kapasitet på 1400 MW. Ved maksimal overføring på 8760 driftstimer, har kablene mulighet til å overføre 24,4 TWh årlig til sammen. Tilkoblingen til det europeiske kraftmarkedet bidrar til å balansere kraftsystemet, ved at vannkraft fra Norge kan bidra i perioder der det er lite vind og sol sør på kontinentet. Kablene bidrar også til forsyningssikkerhet. Da vår forsyning hovedsakelig kommer fra vannkraft, kan vi i perioder der det er lite tilsig i magasinene oppleve redusert kraftforsyning.

For å balansere kraftforsyningen kan vi kjøpe strøm fra Tyskland, som i dag produserer mye elektrisitet fra termiske kraftverk, men som i fremtiden hovedsakelig vil bestå av sol og vindkraft. Dette scenariet er tilknyttet tørrår, når tilsiget tilsvarer en produksjon på 105 TWh eller mindre. Frekvensen på tørrår er lav og forventes at oppstår rundt hvert tiende år, siste gang dette skjedde var i 2010 [9]. Utenlandskablene gir norske produsenter muligheten til å selge strøm når etterspørselen i Norge, er mindre og vi opplever opphoping av kraft. Dette gjør det mulig for produsentene å planlegge slik at de kan øke fortjenesten når priser i utlandet er høyere enn i Norge og de kan bli kvitt produktet sitt uten å måtte «selge» den til negative priser innenlands. I dag opererer Norge hovedsakelig som eksportør i markedet. NVE forventer at dette jevnes ut i fremtiden ved at Norge importerer mer strøm når produksjon fra vind og solkraft tilbyr billigere elektrisitet [25]. Ifølge NVE ville strømprisene i Norge vært gjennomsnittlig høyere uten de internasjonale kraftforbindelsene

5.7 Tilknytning til Europa

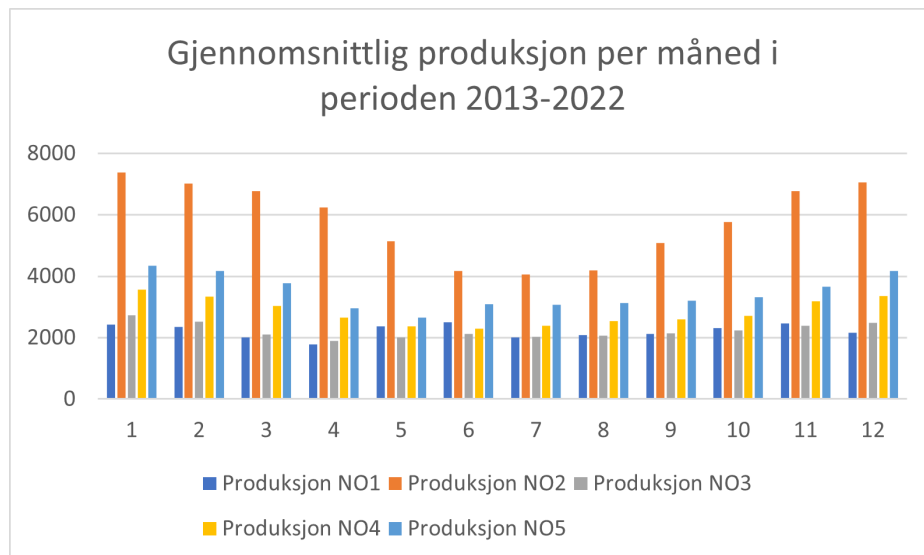
Den tidligere nevnte overføringskapasiteten bidrar til at prisen i Europa smitter enklere opp til oss. På grunn av overføringskapasiteten i nettet opplever Sør-Norge mer påvirkning fra europeiske strømpriser, enn for eksempel Nord-Norge gjør. Land som Romania og Polen har fortsatt mange gass- og kullkraftverk. Land som Danmark og Tyskland vært svært offensive i utbyggingen av fornybar energi, selv om Tyskland fortsatt står for store deler av kullforbruket i Europa. [33]. Når prisene på kull og gass stiger, hovedsakelig på grunn av CO₂-avgifter og kostnader ved frakt og utvinning, stiger også de europeiske strømprisene. Dette smitter over til prisene norske sluttbrukere opplever [4].

5.8 Norge som grønt batteri

Som en del av den grønne omstillingen kan Norge bidra med forsyningssikkerhet. Magasinerte kraftverk er mer forsyningssikre enn ikke-regulerbar kraftproduksjon. Med pumpekraftverk kan systemet balansere forsyningen slik at forbrukere får strøm når de trenger den. I dag er det totalt ti pumpekraftverk i Norge [57]. Muligheten vi har til å lagre potensiell kraft i vannreservoarer gjør, som tidligere nevnt, at den fornybare energikilden skiller seg ut fra for eksempel sol- og vindkraft. I perioder der kontinentet opplever lite vind og sol kan den lagrede vannkraften brukes til å sikre strømforsyningen i det europeiske markedet. Denne oppgraderingen har både positive og negative sider. Utfordringene er knyttet til den eventuelle effektkjøringen og utbygging av kraftnett i norsk natur. Det positive vil være stor investering i kraftverkene, arbeidsplasser og at det anslås å bli lønnsomt for kraftprodusentene med økt omsetning fra flaskehalsinntekter. I perioder der tilbudet på strøm fra vind- og solkraft er større enn etterspørselen, kan vannkraftprodusentene bruke billig strøm til å pumpe vann opp i magasinene for å deretter produsere når inntjeningen er større [66].

5.9 Kartlegging av norsk strømproduksjon

Ved inngangen til 2021 hadde Norge en total produksjonskapasitet på 37,7 MW installert i vind-, vann- og varmekraftverk. I et normalår tilsvarer dette et resultat på 153,2 TWh, der vannkraft står for 90 prosent. Norge har i mange år vært selvforsynt med kraft og har hatt muligheten til å tilby nasjonal industri strøm til en pris som har gjort dem internasjonalt konkurransedyktige. Denne kraftforsyningen er et resultat av utbygging av 1682 vannkraftverk med en normalårsproduksjon på 137,7 TWh. Denne utvinningsmetoden har Norge benyttet seg av i over 125 år [47], og vårt kuperte landskap gir mange muligheter for store og små kraftverk. I senere år har det også blitt produsert større mengder strøm fra vindkraft, og i 2021 stod vind for 10 prosent av normalårsproduksjonen. Denne energimiksen gjør oss til det landet i Europa med høyest andel fornybar kraftproduksjon [46].



Figur 2: Gjennomsnittlig produksjon pr. måned i perioden 2013-2022 for hvert av prisområdene. Målt i MWh pr. time.

Figur 2 gir en oversikt over månedsproduksjonen i de ulike prissonene. Mønsteret i grafen viser større produksjon i vinterhalvåret og reduksjon gjennom de varme sommermånedene. Fremstillingen viser tydelig at det er prisområde NO2 som produserer mest strøm.

5.10 Valutakurser og kostnader for råvarer påvirker også pris

Strømmen som blir handlet gjennom Nord Pool omsettes i euro, og dette bidrar til å påvirke prisen forbrukerne betaler. Når valutakursen endrer seg, utgjør differansen mellom euro og kroner en økt eller redusert pris på strøm. I tillegg omsettes kull i den amerikanske valutaen dollar. Når valutakursdifferansen mellom kroner og dollar stiger eller synker, har dette også en effekt på strømprisen [53]. Kostnadene for kull påvirkes også ved økte avgifter for utslipp av CO₂. Når tyske kraftprodusenter betaler mer for utslipp av CO₂ ved kullkraftverk, øker de strømprisen for å kompensere for de økte kostnadene. På grunn av utenlandskablene er Norge tilknyttet det europeiske markedet og prisen «smitter» opp til de sørlige prissområdene våre[4].

6 Metode

I denne oppgaven skal vi utføre en rekke kvantitative undersøkelser for å finne svarene til problemstillingene våre. Vi bruker data til å gjøre matematiske utregninger som nærmere forklares i hvert enkelt emne nedover i oppgaven. For å hjelpe oss med disse utregningene og fremstillingene bruker vi dataprogram som SPSS, Excel, Stata og Latex table generator.

I problemstillinger der datasettene ikke strekker til, supplerer vi med kvalitative forskningsmetode og henter informasjon fra tidligere publiserte artikler.

6.1 Datasett

Fra nettstedet til Nord Pool har vi lastet ned et datasett som inneholder informasjon om kraftmarkedet. Datasettene omhandler etterspørsel, tilbud og pris. Data som omhandler temperaturer kommer fra seklima.no og magasinfyllingsgradene er hentet fra NVE. Alle dataene er fra tidsrommet f.o.m. januar 2013 t.o.m. februar 2022.

Dataene vi har fått tilgang til inneholder målinger hver time av døgnet fra time 0 (00.00 til 01.00) til time 23 (23.00 til 00.00) for hvert døgn gjennom perioden. Til sammen har vi 80295 målinger. Dette er noe lavere enn alle timer i hele perioden (det mangler ca. 40 målinger), men dette er så liten andel at det ikke har noe betydning for våre beregninger.

Tabell 1: Eksempel fra datasettet. Prisen i de ulike prisområdene og snittet de ti første timene vi har målinger fra. Prisen er i kroner pr. MWh

Tid	Pris _Oslo	Pris _Bergen	Pris _Krs	Pris _Trheim	Pris _Tromsø	Snitt _Pris
01.01.2013 00:00	242,16	242,16	242,16	227,92	227,92	236,464
01.01.2013 01:00	242,09	242,09	242,09	226,23	226,23	235,746
01.01.2013 02:00	239,3	239,3	239,3	225,93	225,93	233,952
01.01.2013 03:00	231,52	231,52	231,52	225,49	225,49	229,108
01.01.2013 04:00	224,25	224,25	224,25	224,91	224,91	224,514
01.01.2013 05:00	219,77	219,77	219,77	224,54	224,54	221,678
01.01.2013 06:00	221,97	221,97	221,97	224,98	224,98	223,174
01.01.2013 07:00	218,37	218,37	218,37	225,64	225,64	221,278
01.01.2013 08:00	222,48	222,48	222,48	224,91	224,91	223,452
01.01.2013 09:00	220,28	220,28	220,28	224,83	224,83	222,1

Tabell 2: Eksempel fra datasettet. Konsumet (i MWh) i de ulike prisområdene de ti første timene vi har målinger fra.

Tid	kons _NO1	kons _NO2	kons _NO3	kons _NO4	kons _NO5
01.01.2013 00:00	4426	3920	2492	2152	1945
01.01.2013 01:00	4350	3900	2400	2169	1927
01.01.2013 02:00	4282	3833	2387	2171	1886
01.01.2013 03:00	4180	3802	2357	2161	1894
01.01.2013 04:00	4161	3833	2335	2187	1870
01.01.2013 05:00	4243	3858	2244	2177	1884
01.01.2013 06:00	4409	3975	2217	2207	1935
01.01.2013 07:00	4591	4063	2373	2266	1968
01.01.2013 08:00	4713	4131	2456	2299	2015
01.01.2013 09:00	4825	4231	2481	2301	2030

Tabell 3: Eksempel fra datasettet. Lufttemperaturer i de ulike prisområdene de ti første timene vi har målinger fra. Målingene er i celsius.

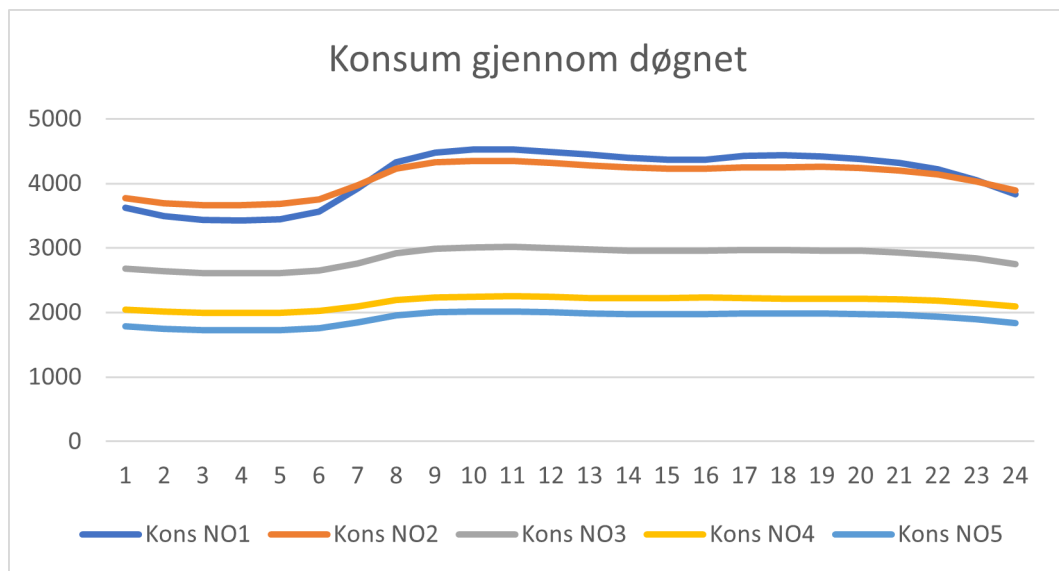
Tid	Lufttemp _Oslo	Lufttemp _Bergen	Lufttemp _Krs	Lufttemp _Trheim	Lufttemp _Tromsø
01.01.2013 00:00	4,5	6,2	5,6	2,1	-2,9
01.01.2013 01:00	4,5	6	4,2	1,9	-3
01.01.2013 02:00	4,2	6	3,4	1	-3,4
01.01.2013 03:00	4,2	5,5	3,6	1,7	-3,5
01.01.2013 04:00	4	4,5	3,3	1,5	-3,3
01.01.2013 05:00	3,9	3,9	2,9	1,8	-3
01.01.2013 06:00	3,6	3,3	2,3	1,5	-3
01.01.2013 07:00	2,7	3,5	1,9	1,2	-3,3
01.01.2013 08:00	1,4	3,5	0,3	1	-2,9
01.01.2013 09:00	1,1	3,5	-1,7	0,9	-1,6

7 Kartlegging av konsum

7.1 Svingninger i konsumet i løpet av døgnet.

Vi vil kartlegge hvordan konsumet varierer gjennom døgnet i de forskjellige prisområdene. Dette gjør vi ved å lage en ny variabel vi kaller Konsum i time j . Ved å ta summen av alle registrerte målinger i en gitt time av døgnet og dele det på antall dager i utvalget, kommer vi frem til det gjennomsnittlige forbruket for den gitte timen

$$\text{Konsum i time } j = \frac{\text{Summen i time } j}{\text{Antall dager}} \quad j = 1, 2, 3 \dots 24 \quad (1)$$



Figur 3: Gjennomsnittlig konsum målt i MWh pr. time gjennom døgnet.

Kommentarer til figur 3:

1. Fra klokken 20:00 synker konsumet frem til kl 05:00
2. Fra klokken 05:00 til 10:00 stiger konsumet mye
3. Fra klokken 10:00 til 15:00 synker konsumet noe
4. Fra 15:00 til 20:00 er det en liten økning igjen.

Tabell 4: Svingninger i konsumet (i MWh) fordelt over døgnet i alle prisområdene, fra 2013-2022.

Time	kons_NO1	kons_NO2	kons_NO3	kons_NO4	kons_NO5
0	3627	3772	2682	2047	1787
1	3497	3698	2638	2016	1748
2	3436	3666	2615	1997	1728
3	3424	3664	2609	1991	1724
4	3442	3686	2614	1998	1731
5	3561	3758	2647	2023	1759
6	3926	3975	2760	2091	1844
7	4327	4226	2916	2192	1952
8	4480	4327	2990	2237	2001
9	4525	4346	3007	2247	2016
10	4534	4352	3015	2249	2019
11	4487	4315	2996	2244	2006
12	4445	4280	2974	2223	1989
13	4395	4248	2963	2223	1973
14	4369	4233	2957	2229	1971
15	4373	4225	2961	2232	1975
16	4425	4247	2967	2222	1986
17	4442	4255	2964	2217	1988
18	4420	4256	2960	2216	1984
19	4382	4244	2954	2215	1979
20	4316	4202	2930	2203	1963
21	4218	4138	2893	2183	1938
22	4048	4032	2835	2147	1898
23	3830	3890	2754	2094	1836

Vi har sett at konsumet ikke er konstant i løpet av døgnet. Vi skal nå studere dette fenomenet nærmere. Er det slik at forbruket svinger like mye i alle prisområder eller er det forskjeller? Og har forskjellen endret seg i løpet av den perioden vi ser på (Se side 65)?

For å kunne svare på spørsmålene ovenfor, og siden det totale forbruket er svært forskjellig i de ulike prisområdene, må vi relativisere tallene. Vi vil derfor lage en ny variabel som for hver eneste time i døgnet angir det prosentvise avviket fra gjennomsnittet i det samme døgnet.

Det gjennomsnittlige forbruket pr time i løpet av et døgn kaller vi for \bar{c} . Siden vi nummererer timene i døgnet fra time 0 til time 23 blir det gjennomsnittlige forbruket pr time i et døgn lik:

$$\bar{c} = \frac{1}{24} \sum_{i=0}^{23} c_i \quad (2)$$

Vi definerer en ny variabel r_i :

$$r_i = \frac{c_i - \bar{c}}{\bar{c}} \cdot 100 \quad (3)$$

Hvor r_i er det prosentvise avviket i time i fra gjennomsnittsförbruket (\bar{c}) i time i i det dögnet. Vi skal konkretisere med et eksempel. La oss anta at vi har beregnet det gjennomsnittlige förbruket pr time i et bestemt dögnet til 20.000 enheter. I timen fra kl 0200 til kl 0300 (dvs time 2) har vi registrert et förbruk på 19.500 enheter. Da finner vi r_2 lik:

$$r_2 = \frac{c_2 - \bar{c}}{\bar{c}} \cdot 100 = \frac{19.500 - 20.000}{20.000} \cdot 100 = -2,5 \quad (4)$$

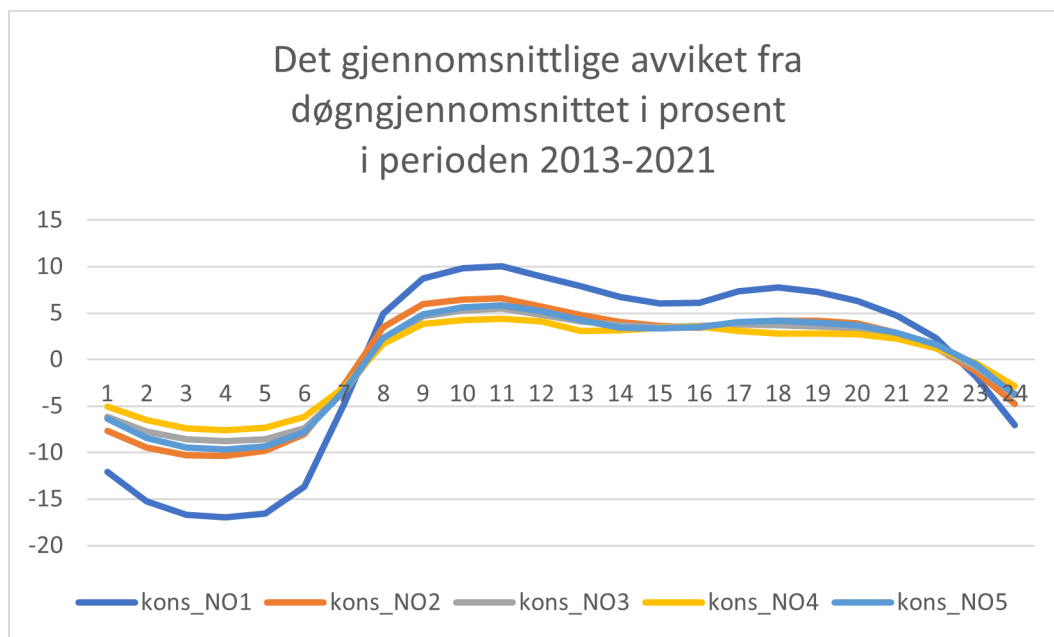
Det betyr at i time nr 2 var förbruket 2,5 prosent lavere enn det gjennomsnittlige förbruket det dögnet. (Se likning 4)

Dersom alle timene i et dögnet har likt förbruk vil alle timene ha et förbruk som er lik det gjennomsnittlige förbruket. Altså vil vi ha $(c_i - \bar{c}) = 0$ og $r_i = 0$. For hver time siden 1. januar 2013 til 1. januar 2022 har vi beregnet r_i . Ved hjelp av SPSS kan vi dermed finne det gjennomsnittlige avviket i hver time fra det gjennomsnittlige timesförbruket. Hvis vi ser på hele perioden og på alle prisområder får vi:

Tabell 5: Det gjennomsnittlige prosentvise avviket fra dögngjennomsnittet i perioden 2013-2021.

Time	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
No1	-11,9	-15,3	-17,0	-17,4	-17,2	-14,5	-5,7	4,2	8,3	9,8	10,3	9,4
No2	-7,5	-9,4	-10,2	-10,3	-9,8	-8,2	-2,9	3,2	5,7	6,3	6,6	5,7
No3	-6,1	-7,7	-8,5	-8,7	-8,6	-7,5	-3,6	1,9	4,6	5,2	5,5	4,9
No4	-4,9	-6,4	-7,3	-7,6	-7,3	-6,2	-3,1	1,5	3,7	4,2	4,4	4,1
No5	-6,2	-8,3	-9,3	-9,6	-9,3	-7,9	-3,5	2,1	4,7	5,6	5,8	5,2
Time	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
No1	8,4	7,3	6,6	6,5	7,5	7,7	7,2	6,4	4,9	2,7	-1,3	-6,7
No2	4,9	4,1	3,7	3,5	3,9	4,0	4,1	3,9	2,9	1,4	-1,1	-4,5
No3	4,2	3,7	3,5	3,6	3,7	3,6	3,5	3,3	2,5	1,3	-0,7	-3,5
No4	3,1	3,1	3,3	3,4	3,0	2,8	2,7	2,8	2,3	1,4	-0,2	-2,7
No5	4,3	3,5	3,4	3,5	4,0	4,0	3,8	3,6	2,9	1,7	-0,3	-3,6

Resultatene som er vist i tabell 5 kan illustreres med en figur. Se figur 4.



Figur 4: Det gjennomsnittlige timesforbrukets avvik fra døgngjennomsnittet i perioden 2013-2021 målt i prosent.

Av tabell 5 og figur 4 ser vi at det er betydelig større svingninger i konsumet i løpet av døgnet i No1 enn i de andre prisområdene. Mellom klokken 3 og 4 om natten er det gjennomsnittlige forbruket i NO1 17,4 prosent lavere enn døgngjennomsnittet, mens det tilsvarende tallet for NO2 er 10,3 prosent. Det kan være interessant å teste om den forskjellen som vi observerer i grafen er statistisk signifikant på 1 prosent- og 5 prosentnivået eller ikke. At en hypotese er signifikant betyr at det du har tenkt har en betydelig sammenheng. Signifikansnivå er noe vi setter for å lage en bestemmelse på hvor nøyaktig resultat vi vil ha. I medisinsk forskning brukes det 0,05, 0,01 og 0,001 som tilsvarer 5,1 og 0,1 prosent slingring i resultatet. Noe som betyr at du er 95, 99 eller 99,9 prosent sikker på at det du sier er signifikant.

7.2 Er svingningene over døgnet like?

Vi vil nå sjekke om svingningene i konsumet over døgnet er like eller ikke. Vi skal se på konsumet over hele perioden 2013-2021 i de to områdene No1 og No4. Ovenfor definerte vi variabelen r_i (konsumet i time i sitt avvik fra gjennomsnittskonsumet i døgnet som vi observerer målt i prosent.) Denne variabelen egner seg godt til å illustrere hvordan konsumet varierer over og under gjennomsnittet slik vi har vist i figur 4, men vi må lage oss en ny variabel hvis vi vil teste om det gjennomsnittlige avviket fra gjennomsnittet er forskjellig i to prisområder. Årsaken er at når vi summerer r_i over et hvilket som helst døgn, vil summen bli null. For å unngå dette kan vi lage oss en ny variabel som vi kan kalle x :

$$x_i = |r_i| = \sqrt{(r_i)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, 23 \quad (5)$$

Variabelen x_i er tallverdien til r_i (vi skriver dette som $|r_i|$). Vi har nå fått en variabel som kan brukes til å teste forskjellene mellom prisområdene.

Tabell 6: Det gjennomsnittlige avviket fra døgngjennomsnittet i de forskjellige prisområdene i perioden 2013-2019. Tabellen viser også standardavvik og nedre og øvre grense for 5 prosent konfidensintervallet.

Variable	Obs	Mean	Std.	N_grense	Ø_grense
No1	80,295	9,466451	0,0205903	9,426094	9,506808
No2	80,295	5,7007	0,0129177	5,675381	5,726018
No3	80,295	4,967142	0,0114543	4,944692	4,989592
No4	80,295	4,322274	0,0102594	4,302166	4,342383
No5	80,295	5,340201	0,0122989	5,316096	5,364307

Tabell 6 er laget med Stata, men en kan finne alle tallene med SPSS også. For å teste om det er større svingninger i strømforbruket i område NO1 enn i NO4 kan en bruke en såkalt t-test. Det en gjør da er å beregne størrelsen på en tilfeldig variabel som vi kaller t . Hvis t er større enn 3 er det 99,5 prosent (eller mer) sannsynlig at det gjennomsnittlige avviket i NO1 er større enn i NO4. Altså: Stor t betyr stor sannsynlighet for at utvalgene er forskjellige. Hvis t -verdien derimot er nær null, kan vi konkludere med at det ikke er forskjell mellom de to utvalgene. Hvis vi vil beregne t -verdien manuelt må vi sette inn i følgende formel:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (6)$$

Her er \bar{x}_1 lik gjennomsnittsverdien i utvalg 1, dvs. det gjennomsnittlige avviket fra døgngjennomsnittet i NO1 mens \bar{x}_2 er lik gjennomsnittsverdien i utvalg 2, dvs. det gjennomsnittlige avviket fra døgngjennomsnittet i NO4. Telleren i likning 6 er lik forskjellene mellom gjennomsnittsverdiene. I nevneren til likning 6 har vi kvadratroten av en sum som består av to ledd og hvert ledd er variansen s^2 dividert med antall observasjoner n . Hvis vi setter tall i formelen i likning 6 for prisområdene NO1 og NO4 får vi:

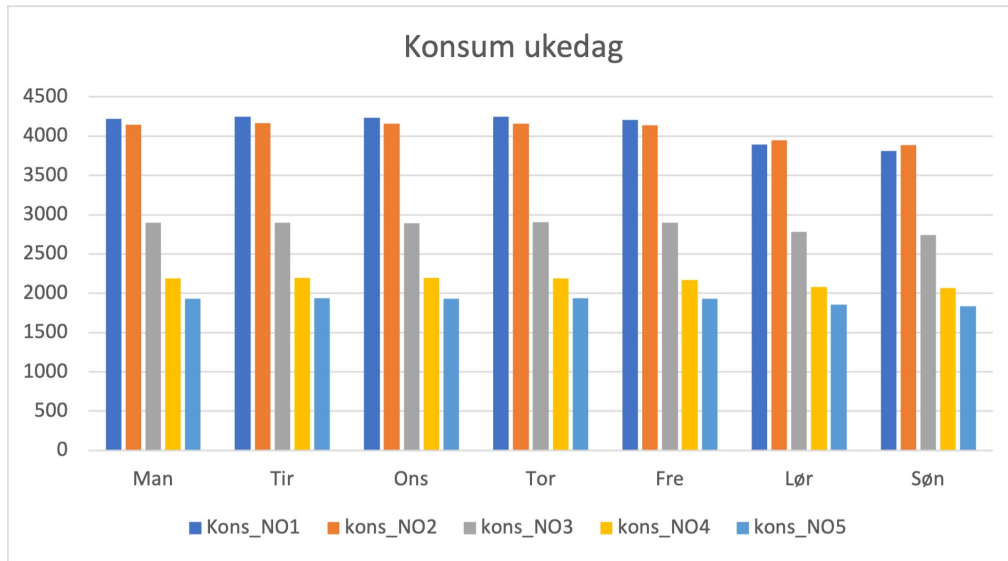
$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} = \frac{9,466451 - 4,322274}{\sqrt{\frac{5,834553^2}{80,295} + \frac{2,907138^2}{80,295}}} = 223,6 \quad (7)$$

Heldigvis slipper vi å beregne t -verdiene manuelt. Statistikkprogrammer som SPSS, Stata og andre ordner dette på et øyeblikk. Vi ser at $t = 223,6$. Med så stor t -verdi kan vi med nesten 100 prosent sikkerhet slå fast at svingningene i forbruket over døgnet er større i prisområde NO1 enn i NO4.

7.3 Svingninger i konsumet i løpet av uken

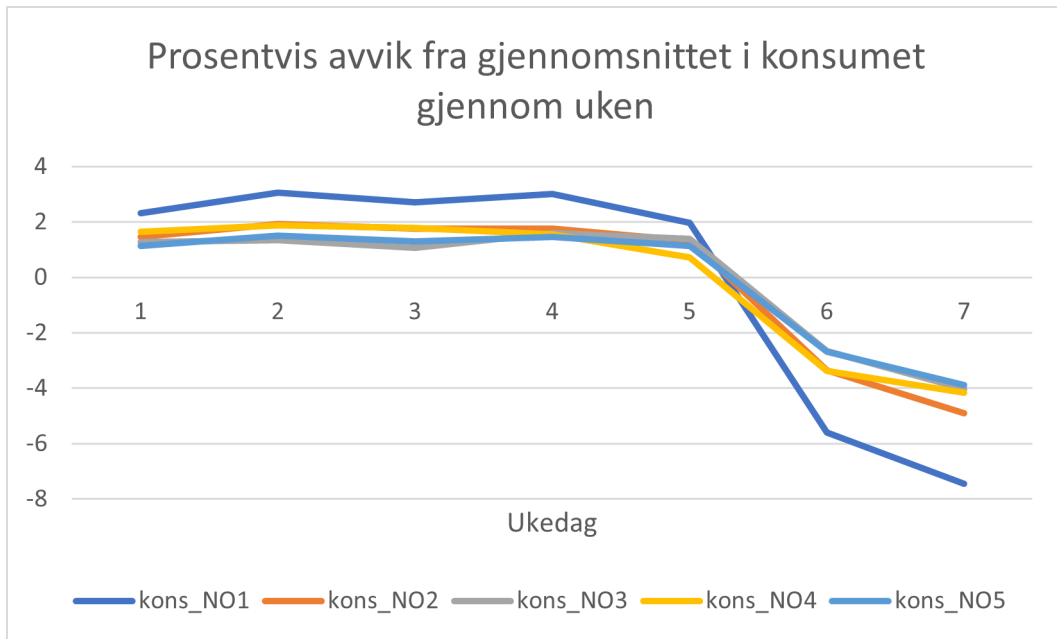
Vi har sett på svingningene i konsumet over et døgn, og nå skal vi se nærmere på svingningene i løpet av en uke. Dette gjør vi på samme måte som i likning 1 ved å finne gjennomsnittet av forbruket for gitt dag i uken

$$\text{Konsum i døgnet } j = \frac{\text{Summen i døgn } j}{\text{Antall uker}} \quad j = 1, 2, 3 \dots 7 \quad (8)$$



Figur 5: Gjennomsnittlig konsum gjennom uken for hvert av prisområdene. Målt i MWh pr. time.

Nå har vi sett hvordan det faktiske konsumet gjennom uken varierer i de forskjellige prisområdene, og vi ser at prisområde NO1 og NO2 har et mye høyere forbruk gjennom hele uken. Men hvordan svinger forbruket i forhold til de andre prisområdene? For å svare på dette gjør vi den samme utregningen som i likning 3 og 4, legger svarene inn i en tabell og lager en graf for å illustrere.



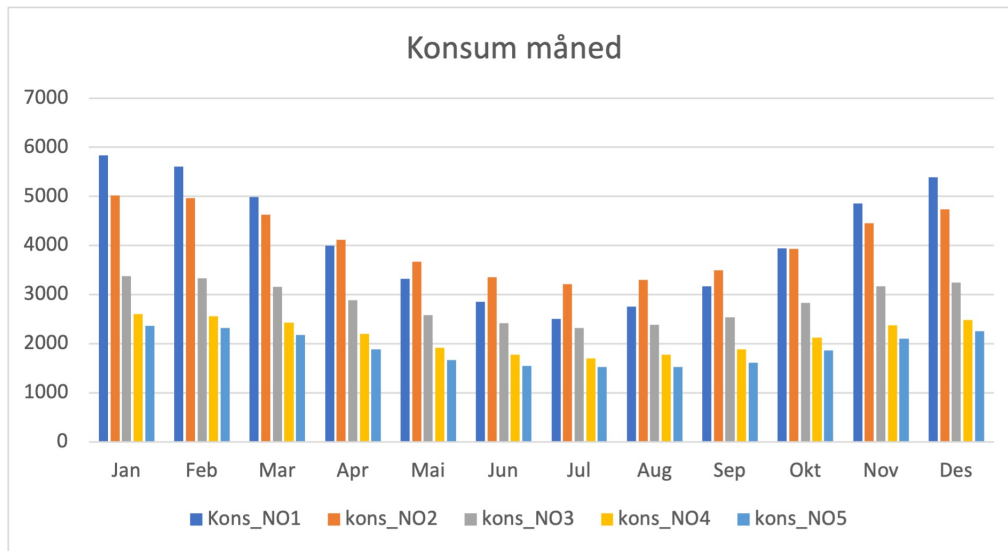
Figur 6: Det prosentvise avviket fra det gjennomsnittlige konsumet gjennom uken.

Vi ser at konsumet svinger mer i prisområde NO1 enn i resten av utvalget, og vi ser en nedgang fra ukedag til helg i alle prisområder.

7.4 Konsum gjennom året

Vi fullfører analysen over svinginger i konsumet ved å se på hvordan konsumet utvikler seg gjennom året. Vi starter med å vise det faktiske forbruket ved å bruke formelen under og illustrerer det i en graf.

$$\text{Konsum i måned } j = \frac{\text{Summen i måned } j}{\text{Antall år}} \quad j = 1, 2, 3 \dots 12 \quad (9)$$



Figur 7: Gjennomsnittlig konsum gjennom året for hvert av prisområdene. Målt i MWh pr. time.

Oversikten vi får over konsumet pr. måned tilsier at det er store variasjoner i forbruket. Det høyeste konsumet har vi i vintermånedene og konsumet er lavest om sommeren. Det er også en gradvis overgang fra høyt til lavt konsum om våren og den andre veien om høsten. Denne fordelingen følger fordelingen av temperatur, og tyder på at etterspørselen etter elektrisitet øker når temperaturen er lav. Konsumet er nesten dobbelt så høyt i januar som det det er i juli.

I figur 7 ser vi at forholdet mellom konsumene i NO1 og NO2 er skiftende gjennom året. Om vinteren har NO1 det høyeste konsumet, mens NO2 har høyest om sommeren. Vi finner standardavviket for å finne ut hvor stor forskjellen faktisk er. Hvordan vi kommer frem til standardavviket forklarer vi på side 39.

Tabell 7: Standardavviket for det gjennomsnittlige månedsforbruket i alle prisområder.

Område	Standardavvik
kons_NO1	29,15
kons_NO2	16,49
kons_NO3	13,86
kons_NO4	15,58
kons_NO5	17,26

7.5 Oppsummering

Vi har kommet frem til

1. Konsumet over døgnet varierer slik:

Det konsumeres mest strøm i alle prisområdene kl 10:00 og minst kl 03:00. NO1 konsumerer mest av alle prisområdene på dagen og NO2 konsumerer mest om natten.

2. Konsumet over uken varierer slik:

Vi bruker mest elektrisitet i ukedagene (mest på tirsdager) og minst i helgene (minst på søndager).

3. Konsumet over året varierer slik:

Vinteren har månedene som krever mest strøm, da det er nesten dobbelt så stort forbruk i januar som i juli. NO1 har det høyeste konsumet om vinteren, mens NO2 har det høyeste om sommeren.

7.6 Hypoteser på konsumsvingningene

Nå har vi fått et innblikk i hvordan konsumet av elektrisitet varierer i løpet av året, uken og døgnet. På bakgrunn av dette ønsker vi nå å undersøke nærmere om det er samvariasjon mellom konsumet og temperaturen, men først ser vi på noen andre hypoteser som kan ha en påvirkning på svingninger i døgngjennomsnittet.

Her ønsker vi å prøve å finne noe av grunnen til at det er så store forskjeller i fordelingen av konsum mellom NO1 og NO2. Hvorfor er konsumet høyere i NO2 om natten og sommeren? Er det slik at NO2 konsumerer spesielt mye om natten og sommeren, eller konsumerer NO1 spesielt lite?

7.6.1 Innbyggere

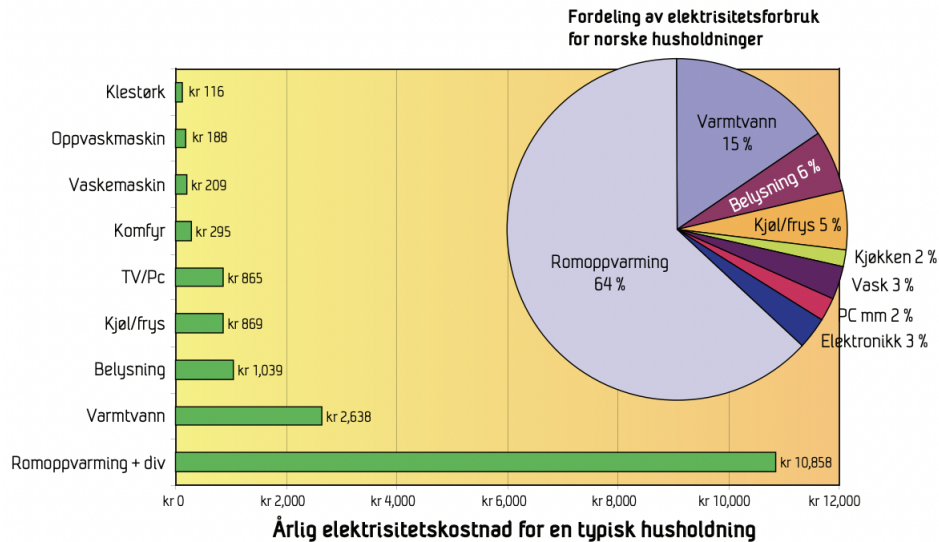
Vi ønsker å se på hvor mye antall innbyggere har å si for forbruket i et prisområde. Ved å se på hvor mange som bor i de ulike sonene kan vi gjøre et estimat på hvor mye de bruker. Ifølge SSB bruker en gjennomsnittlig husstand 16000 kWh i året [16], og det bor 2,13 personer i snitt pr. husstand [3]. Da kan man si at hver enkelt person bruker ca. 7512 kWh i året. Ved å multiplisere dette med antall innbyggere i hver sone kommer vi frem til tallene i tabell 8.

Vi utfører en rask beregning på gjennomsnittlig forbruk i året for hele Norge ved å summere det gjennomsnittlige forbruket pr. år for hvert år fra 2013 til 2021. Ved å dividere dette på antall år (9) får vi et gjennomsnittsforbruk på 131,98 TWh for hele Norge pr. år.

Vi forutsetter at prisområdene er delt inn etter fylkesgrensene. Fylkene som treffer innenfor flere prisområder deler vi på antall områder [24]. Dette vil gi et noe ukorrekt resultat, men det vil fortsatt kunne gi oss en indikator på hvorfor svingningene er som de er.

Tabell 8: Oversikt over innbyggere, årlig konsum, hvor stor andel av konsumet som brukes av husstander og andelen av det totale årlige forbruket i Norge for hvert av prisområdene.

Område	Innbyggere	kWh	TWh	Prosent av forbruket til husstander	Prosent av totalt forbruk i Norge
NO1	1937094	14550940845	14,55	36,58	11,03
NO2	1554921	11680161502	11,68	29,36	8,85
NO3	788890	5925934272	5,93	14,90	4,49
NO4	486001	3650711737	3,65	9,18	2,77
NO5	528712	3971549296	3,97	9,98	3,01
Total	5295619	39779297653	39,78	100	30,14



Årlig fordeling i ulike elektriske apparater i en gjennomsnittlig norsk husholdning. Ved beregning av fordelingen er det tatt hensyn til de klimatiske forholdene i landet i 2006, som var et varmt år. I kaldere år vil forbruket til oppvarming øke ytterligere, opp mot 70 prosent. En elektrisitetspris på ca 104 øre/kWh er benyttet.

Figur 8: Fordeling av strøm i huset hentet fra Sintef [15].

I vår beregning av gjennomsnittet fra 2013 til 2022 kom vi frem til at husholdningene har et samlet årlig forbruk på 39,78 TWh. Dette tilsvarer 30,14 prosent av det totale forbruket i Norge. De resterende 69,86 prosentene kan en da si blir brukt av bedrifter og offentlige institusjoner.

7.6.2 Aluminiumsindustrien

Vi vil videre se litt på hvordan aluminiumsindustrien påvirker konsumet. Dette er en kraftkrevende industri som kan være en del av forklaringen på forskjellene mellom konsummønstrene i NO1 og NO2. Først finner vi ut av hvor mye energi de bruker. For å produsere et tonn aluminium kreves det 13,5 MWh, og det blir produsert 1,2 millioner tonn årlig i Norge [48]. Det vil si at det går omtrent 16,2 TWh med til produksjon av aluminium.

$$\text{Alu. produksjon} = 1,2 \text{ millioner tonn produsert} * 13,5 \text{ MWh pr tonn} = 16,2 \text{ TWh} \quad (10)$$

Vi har fordelt aluminiumsverkene på de ulike prisområdene som vist i tabell 9. Totalt er det syv aluminiumsverk i Norge og disse er fordelt på fire av sonene [2][44]. Det er ingen smelteverk i NO1. Vi ønsker å finne ut hvor mye elektrisitet hvert aluminiumsverk bruker. For enkelhets skyld forutsetter vi at alle verkene har like stor produksjon, og vi deler den totale produksjonen på 16,2 TWh på antall aluminiumsverk.

Tabell 9: Fordelingen av aluminiumsfabrikker i de ulike sonene. Viser også konsumet, andelen av industrien og andelen av de totale forbruket i Norge [2] [44].

Sone	Anlegg	MWh	TWh	Prosent av aluminiumsindustrien	Prosent av totalt forbruk i Norge
NO1	-	-	-	-	-
NO2	3	6942857,14	6,94	42,86	5,26
NO3	2	4628571,43	4,63	28,57	3,51
NO4	1	2314285,71	2,31	14,29	1,75
NO5	1	2314285,71	2,31	14,29	1,75
Total	7	16200000,00	16,20	100,00	12,27

42,86 prosent av aluminiumsproduksjonen ligger i sone NO2, og i sone NO1 er det ingen produksjon. Dette vil trolig ha en innvirkning på hvordan konsumet endrer seg gjennom døgnet da disse fabrikkene som oftest har drift hele døgnet. Den totale aluminiumsproduksjonen tilsvarer 12,27 prosent av hele det norske forbruket.

Vi ønsker å finne ut hvor mange husstander forbruket til smelteverkene i NO2 tilsvarer. Vi forutsetter at smelteverkene står på 24 timer i døgnet hele året, altså 8760 timer pr. år. Det totale forbruket på et år blir da 6,942 TWh, noe som gir en gjennomsnittlig effekt på 792,6 MW.

$$\text{Gj.snitt effekt gjennom året} = \frac{\text{Totalt forbruk på et år}}{\text{Timer i året}} = \frac{6,942TWh}{8760h} = 792,6MW \quad (11)$$

$$\text{Fordelt på hustander} = \frac{\text{Forbruk pr time alu}}{\text{Gj.snitt forbruk pr hustand pr time}} = \frac{792,6MW}{1,826kW} = 433929 \text{ hustander} \quad (12)$$

Tabell 10 viser en oversikt over hvor mye energi de forskjellige industriene bruker, beregnet av SSB. SSB beregnet det totale norske forbruket i 2020 til 126,42 TWh, mens datasettet vårt viser et forbruk på 131,98 TWh.

Tabell 10: Tabell over type industri og energimengde hentet fra SSB [40].

Industri type	GWh
KRAFTINTENSIV INDUSTRI	37 907
Produksjon av papirmasse, papir og papp	3 359
Kjemiske råvarer	7 659
Jern, stål og ferrolegeringer	4 973
Ikke-jernholdige metall	21 917
BERGVERKSDRIFT OG UTVINNING	9 199
Bergverksdrift	446
Utvinning av råolje og naturgass samt tjenester tilknyttet denne virksomheten	8 753
BERGVERKSDRIFT, UTVINNING OG INDUSTRI UTANOM KRAFTINTENSIV INDUSTRI	16 813
INDUSTRI UTENOM KRAFTINTENSIV INDUSTRI	7 614
Næringsmiddelindustri	2 951
Annen industri	4 663

7.7 Diskusjon konsum

7.7.1 Svingninger i døgnet

Det prosentvise avviket fra gjennomsnittet i sone NO1 viser en variasjon som skiller seg ut fra variasjonene i de andre sonene. Dette er et område som har tett bosetting, og vi tror dette kan være en del av forklaringen på hvorfor det brukes mindre strøm her. Det vil for eksempel være mer varmeutveksling mellom boenheter i en by, da folk bor tettere her enn andre steder. Dette kan gjøre at behovet for elektrisitet til oppvarming trolig er mindre. I tillegg er det mindre behov for elektrisitet i en liten leilighet enn i en stor enebolig.

Vi tror at en annen del av forklaringen kan være at på grunn av det høye innbyggertallet i NO1 er konsumet mer knyttet opp til menneskelig aktivitet. Mennesker sover som regel om natten og jobber om dagen. I NO1, da særlig i hovedstadsområdet, jobber det mange i tertiærnæringer [55], og færre i primærnæringer [49] enn i de andre områdene. Dette kan også ha noe å si for hvor mye elektrisitet de konsumerer i jobbsammenheng [36].

Tabell 11: Tabell over næringsinndeling i Oslo 2021, hentet fra SSB [36].

Sysselsatte personer etter arbeidssted	Ansatte
2021	
03 Oslo	
00-99 Alle næringer	507232
01-03 Jordbruk, skogbruk og fiske	623
05-43 Sekundærnæringer	50230
45-82 Varehandel, hotell og restaurant, samferdsel, finanstjen., forretningsmessig tjen., eiendom	267376
84 Off.adm., forsvar, sosialforsikring	41693
85 Undervisning	34737
86-88 Helse- og sosialtjenester	76323
90-99 Personlig tjenesteyting	32861
00 Uoppgitt	3389

Store deler av industrien avslutter ikke produksjonen om natten fordi det er svært kostbart og energikrevende å skru av produksjonen. Som eksempelet vårt fra aluminiumsindustrien viser, ligger trolig mye av denne industrien utenfor NO1. Aluminium er bare én av mange ulike typer industri i Norge. Det ville selvsagt vært bedre å kartlegge den samlede industrien, men det blir for omfattende for denne oppgaven. Vi mener likevel at eksempelet viser at dette kan være noe av forklaringen.

Forskjellene i forbruket gjennom døgnet mellom NO1 og de andre prisområdene ville vært interessant å forske videre på. Dersom vi kunne fått nøyaktig data, og ikke bare estimater, fra all industri og en mer nøyaktig fordeling på hva strømmen går til i husstandene til hvilken tid, kunne vi satt opp en oversikt.

7.7.2 Svingninger i løpet av uken

Grafen over konsum gjennom uken (figur 5) viser at forbruket er lavere i helgen enn resten av uken. Før vi satte i gang med denne oppgaven antok vi at at konsumet skulle være jevnere fordelt, eller til og med høyere i helgene. Dette var fordi folk bruker mer strøm på for eksempel oppvarming i de timene de er hjemme og at de fleste bruker mindre strøm når de er ute av huset. En forklaring på at konsumet er lavere i helgene kan være at datasettet vårt ikke bare omhandler husstander, men alle deler av samfunnet. Store deler av næringslivet stenger ned eller reduserer aktiviteten betydelig i helgene, og det er færre eller ingen på jobb. Dermed reduseres behovet for elektrisitet til oppvarming, produksjon, datamaskiner, belysning osv. betraktelig.

7.7.3 Svingninger gjennom året

Som man kan se i figur 7 er det vintermånedene, der temperaturene er lave, som har det høyeste elektrisitetskonsumet. Forskjellene mellom månedene er større i de sørlige prisområdene enn de er i nord. Dette kan forklares med at det oftere er kaldt i nord, også i måneder med høyere temperaturer i sør.

En annen mulig forklaring på at konsumet er lavere om sommeren er at da er det mange som har ferie samtidig. Da er de gjerne bortreist, og konsumet blir derfor lavere. I tillegg er det mange bedrifter som holder stengt, eller har lavere aktivitet, om sommeren. Her ser vi også forskjeller i forbruksmønsteret mellom NO1 og NO2. NO2 har et høyere forbruk i sommermånedene enn NO1, på tross av at NO1 har høyere forbruk om vinteren. Dette kan også forklares med at det er en stor grad av tertiærnæringer i NO1 og mer industri i NO2. Mens tertiærnæringer har ferie holder industrien produksjonen oppe.

At NO1 har høyere konsum enn NO2 kan svekke hypotesen vår om at bosituasjonen i NO1 reduserer behovet for elektrisitet til oppvarming siden boligtettheten er høyere. Men det ser ut som at deler av konsumet i stor grad er knyttet opp mot menneskelig aktivitet. Det blir brukt mer elektrisitet til oppvarming av boliger om vinteren enn sommeren.

8 Kartlegging av temperaturen

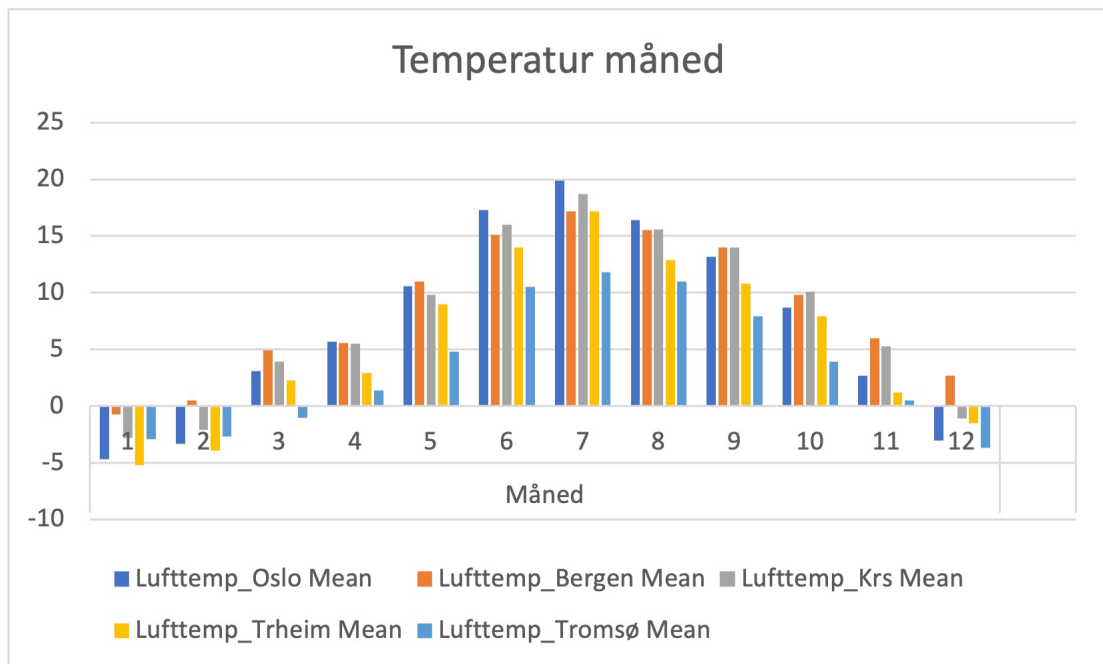
Her kartlegger vi hvordan temperaturen forandrer seg gjennom året og døgnet. Dette har vi gjort med data hentet fra datasettet.

Vi har satt opp en tabell som viser den årlige gjennomsnittstemperaturen i Norge fra 2013 til 2021.

Tabell 12: Den gjennomsnittlige temperaturen (i celsius) for Norge fra 2013 til 2022.

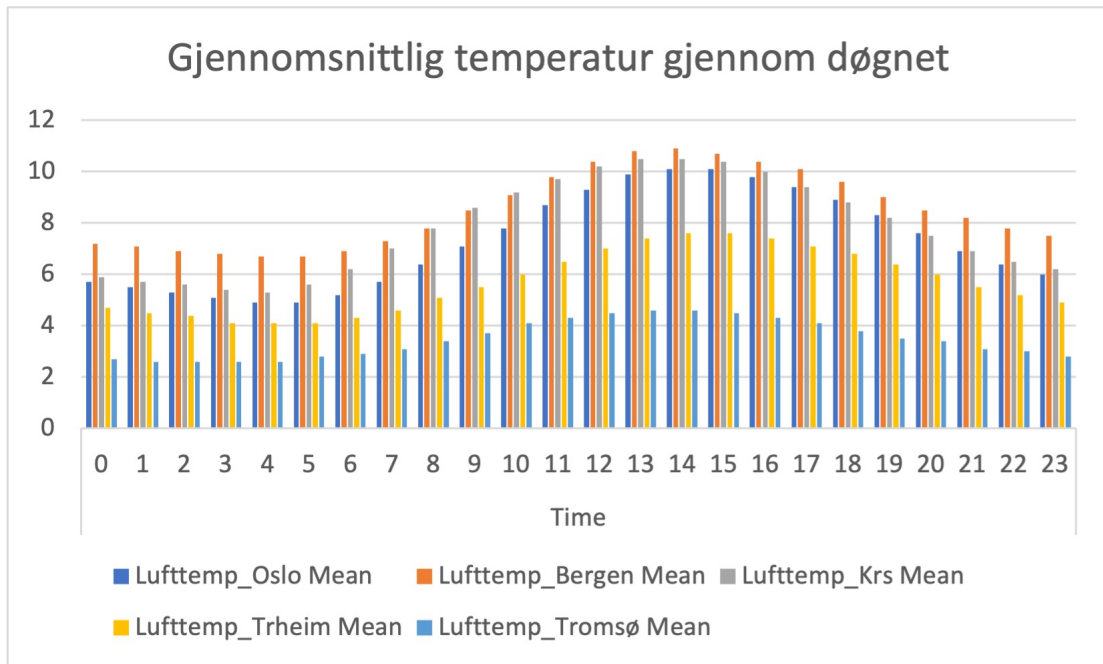
År	Gj.snitt temperatur Norge
2013	6,4
2014	7,8
2015	7,3
2016	6,88
2017	6,74
2018	7
2019	6,76
2020	7,78
2021	6,56

I figur 9 ser vi temperaturen fordelt på månedene gjennom året. Dette er et gjennomsnitt av temperaturene i en gitt måned fra 2013 til i dag. Vi ser at det er kaldest i januar og at temperaturen gradvis øker frem til det snur i juli.



Figur 9: Gjennomsnittlig temperatur gjennom året. Målt i grader (celsius).

Figur 10 viser den gjennomsnittlige temperaturen for Norge gjennom døgnet. Den viser at det varmeste tidspunktet er kl 14.00 og det kaldeste er kl 04.00 - 05.00.



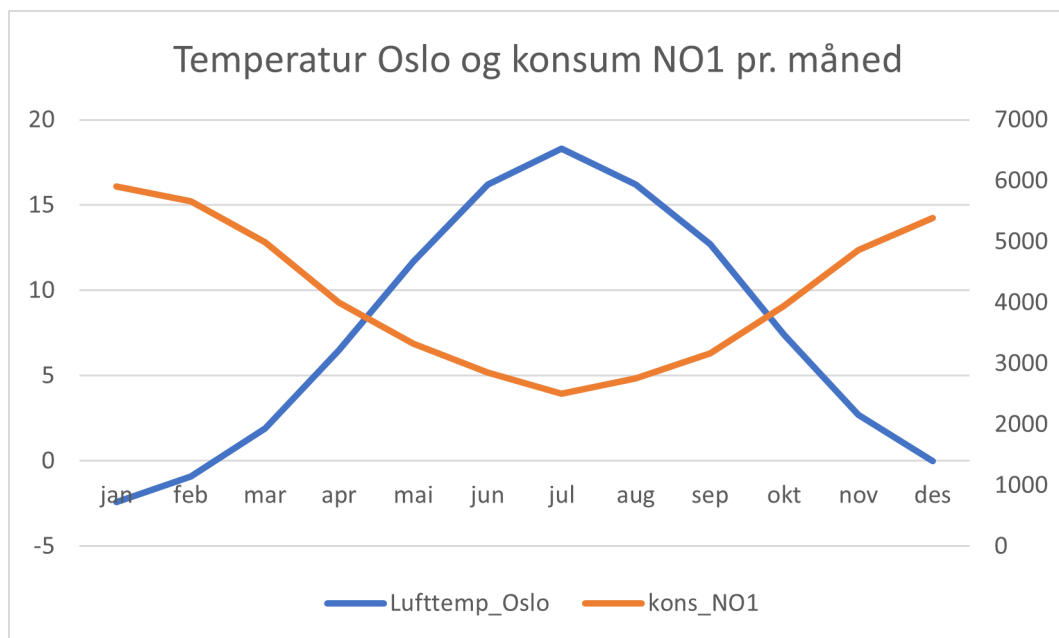
Figur 10: Gjennomsnittlig temperatur gjennom døgnet. Målt i grader (celsius).

Temperaturen innad i uken gir et resultat som ikke kan brukes fordi det er ingenting som skal tilsi at det er varmere eller kaldere på en tirsdag enn på en onsdag.

9 Sammenhengen mellom temperatur og konsum

Vi ønsker å finne ut av hvordan temperaturen påvirker konsumet. Vi har tatt for oss samme datasett over Norge og sjekker alle prissoner og lufttemperaturer. Dette gjør vi for å se i hvilken grad konsumet avhenger av temperatur. I Norge har vi fire årstider der vinteren er kald og sommeren er varm, og det er ofte over 40 grader forskjell i temperaturen. I Folldal har det forekommet over 70 grader forskjell [32]. Vi har også høsten og våren der det er store temperatursvingninger innad i uken og til og med innad i døgnet. I Norge kommer i gjennomsnitt ca. 79 [15] prosent av varmen i husstanden fra elektrisitet, resten kommer stort sett fra vedfyring. Så med andre ord bør konsumet stige når temperaturen synker. Dette kan gjøre det vanskeligere å forutsi morgendagens strømpriser?

For å raskt sammenligne temperatur og konsum velger vi et prisområde, i dette tilfelle NO1 (Oslo). Vi setter opp en graf med både konsum og temperatur gjennom året, slik at det enkelt kan sees hvordan disse to variablene henger sammen.



Figur 11: Gjennomsnittlig konsum og temperatur i Oslo gjennom året. Venstre y-akse viser temperaturen i celsius og høyre y-akse viser konsumet i MWh.

I figur 11 ser vi en klar sammenheng, når temperaturen synker, stiger konsumet. Det er en tydelig sammenheng mellom konsumet og temperaturen. For å tallfeste hvor stor samvariasjon to variabler har kan vi utføre en korrelasjonsanalyse. Dette vil vi se nærmere på nå.

9.1 Samvariasjon

Hvordan variabler samvarierer er ofte tema i ulike undersøkelser. Samvariasjon betyr ikke nødvendigvis årsakssammenheng men i noen tilfeller kan det være det. Vi skal se om det er noen samvariasjon mellom temperatur og konsum. Samvariasjon kan måles ved hjelp av korrelasjonskoeffisienten

(k) hvor $-1 \leq k \leq 1$. Hvis $k = 1$ har vi perfekt positiv samvariasjon. Hvis $k = -1$ har vi perfekt negativ samvariasjon. Den matematiske formelen for korrelasjonskoeffisienten mellom variablene x og y er:

$$\text{korrelasjonskoeff.} = \frac{\text{Kovarians}(x, y)}{\text{St.avvik}(x) \cdot \text{St.avvik}(y)} = k = \frac{\sum(x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \cdot (y - \bar{y})^2}} \in [-1, 1] \quad (13)$$

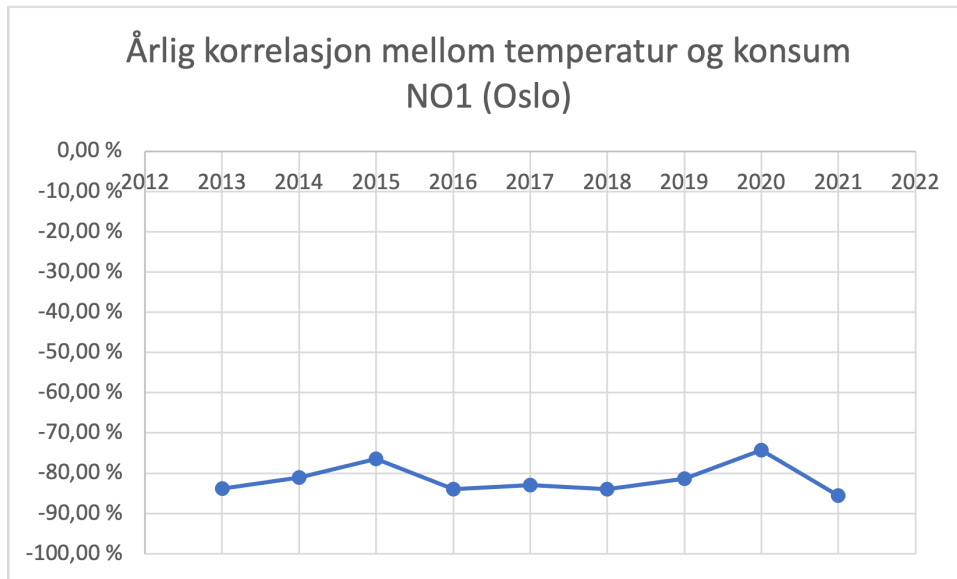
hvor \bar{x} og \bar{y} er gjennomsnittet av alle observasjonene av x og y . Standardavvik og kovarians er beregnet ut ifra formlene nedenfor. Når vi nedenfor skriver $\Sigma(x - \bar{x})^2$, så menes summen av alle leddene $(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2$, det vil si over alle n observasjonene.

$$\text{St.avvik}(x) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum(x - \bar{x})^2} \quad \text{og} \quad \text{Kovarians}(x, y) = \frac{1}{n-1} \sum(x - \bar{x})(y - \bar{y}) \quad (14)$$

Vi får svarene i andel, men vi multipliserer de med 100 for å illustrere resultatene i prosent og legger de inn i en tabell.

Tabell 13: Tabell over årlig korrelasjonskoeffisient i prosent fra 2013 til 2021.

År	Korrelasjon i prosent
2013	-83,80 %
2014	-81,00 %
2015	-76,40 %
2016	-83,90 %
2017	-82,90 %
2018	-83,90 %
2019	-81,40 %
2020	-74,30 %
2021	-85,60 %



Figur 12: Årlig korrelasjon mellom temperatur og konsum i NO1 (Oslo). Målt i prosent.

Som man ser i figur 12 ligger korrelasjonskoeffisienten rundt $-0,8$ i alle årene vi har fullstendige målinger fra. Det er altså en høy grad av samvariasjon mellom temperatur og konsum. Siden korrelasjonskoeffisienten er negativ vil det si at når temperaturen går ned går konsumet opp, eller omvendt: når temperaturen går opp går konsumet ned.

9.2 Diskusjon temperatur og konsum

Samvariasjonen kan forklares ved at store deler av elektrisitetskonsumet går med til oppvarming, og behovet for dette i stor grad påvirkes av lufttemperaturen.

I Norge blir 79 prosent av det totale elektrisitetskonsumet til norske husstander brukt til oppvarming av hus og til oppvarming av vann. 64 prosent av konsumet går til oppvarming av hus. Behovet for dette er høyest når det er kaldt ute, da man trenger mer elektrisitet til å opprettholde en god innetemperatur. Dette er nok en av hovedforklaringene til at konsumet øker om vinteren. 15 prosent av konsumet til norske husstander brukes til oppvarming av vann [15]. Denne andelen vil i større grad holde seg stabil fordi dette i hovedsak er brukt til vask, og dette behovet endres ikke mellom årstidene i samme grad som behovet for oppvarming.

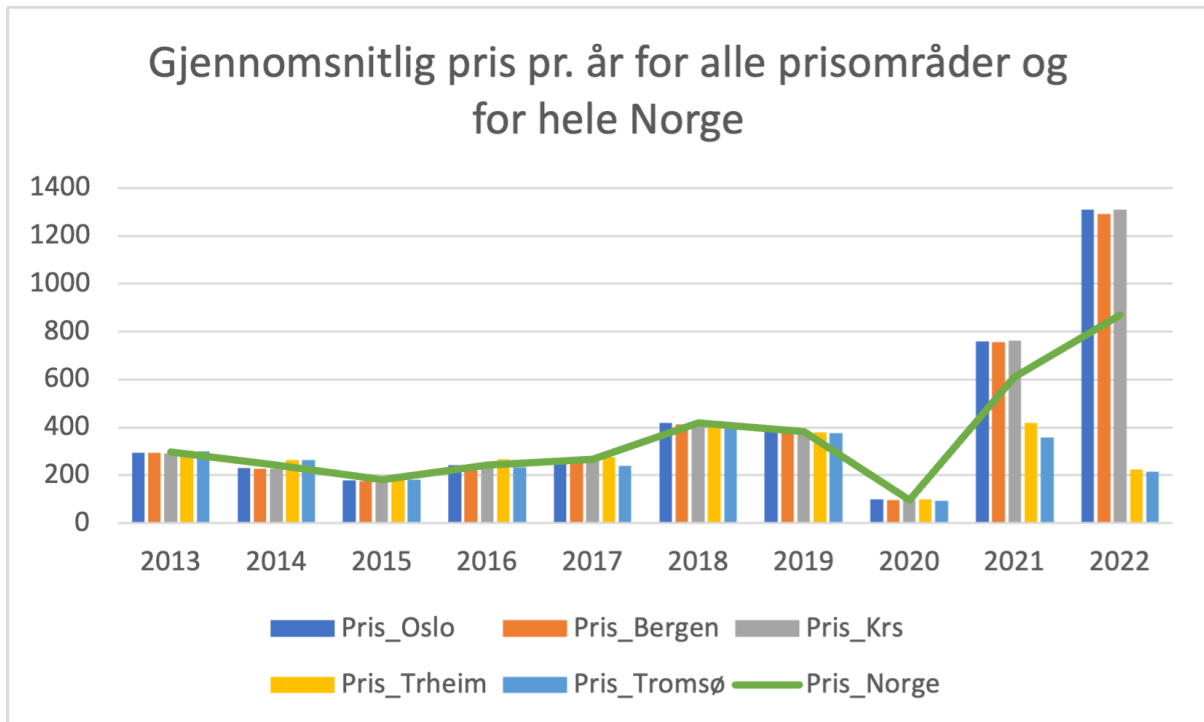
Det er mye snakk om elektrifisering av samfunnet, men er det riktig at vi skal bruke elektrisitet til oppvarming av bygninger? Dersom man hadde oppvarmet husene på andre måter ville man frigjort elektrisitet som kunne bli brukt til andre formål. Bare husstandene i Norge har et elektrisitetsbehov til oppvarming på ca. 25,5 TWh.

Det finnes andre kilder til oppvarming som vi har rundt oss hele tiden. Naturkilder som grunnvarme [5] og solenergi er to av flere måter å gjøre dette på. Solforholdene i Norge gjør derimot at man

ikke kan basere seg utelukkende på solenergi til oppvarming her til lands [1]. I Norge har vi nesten bare ren, fornybar energi i stikkontaktene. I andre deler av Europa brukes det derimot fortsatt mye kull og naturgass til produksjon av elektrisitet. I et kullkraftverk brennes kull som fører til trykk i en dampturbin som genererer elektrisitet [62]. Dermed oppstår store mengder overskuddsvarme som kan nyttes til oppvarming.

10 Hvordan har prisen utviklet seg?

Figur 13 viser hvordan prisen har utviklet seg fra 2013 til mars 2022 i alle prisområdene, vi ser en ekstrem økning i 2021. Verdiene for 2022 viser et unøyaktig resultat. Dette er fordi vi kun har målinger fra januar og februar. Videre i kapittelet vil vi undersøke hvordan prisen svinger gjennom døgnet og årstidene.



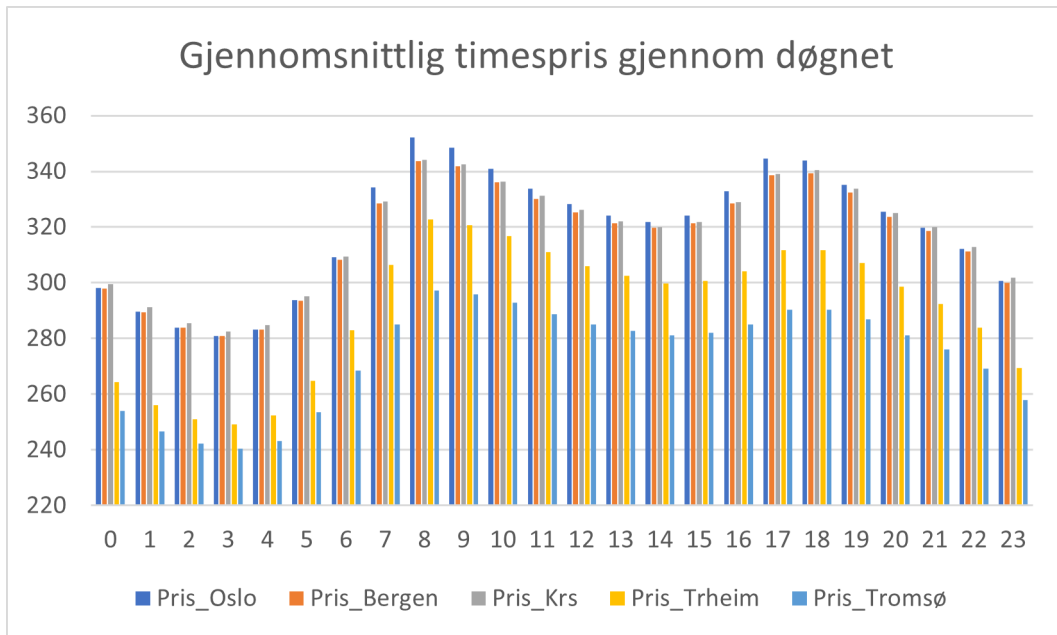
Figur 13: Gjennomsnittlig strømpris per år totalt og for hvert prisområde i perioden 2013-2022. Målt i MWh pr. time.

10.1 Svingninger i prisen gjennom døgnet

Vi vil undersøke hvordan prisen svinger fra time til time innad i døgnet.

Den gjennomsnittlige prisen pr. time i løpet av døgnet kaller vi \bar{p} . På samme måte som i likning 1 vil formelen se slik ut fordi vi nummererer timene i døgnet fra 0 til 23. Fordi vi har fem ulike prissoner gjør vi dette for alle de forskjellige sonene

$$\bar{p} = \frac{1}{24} \sum_{i=0}^{23} p_i \quad (15)$$



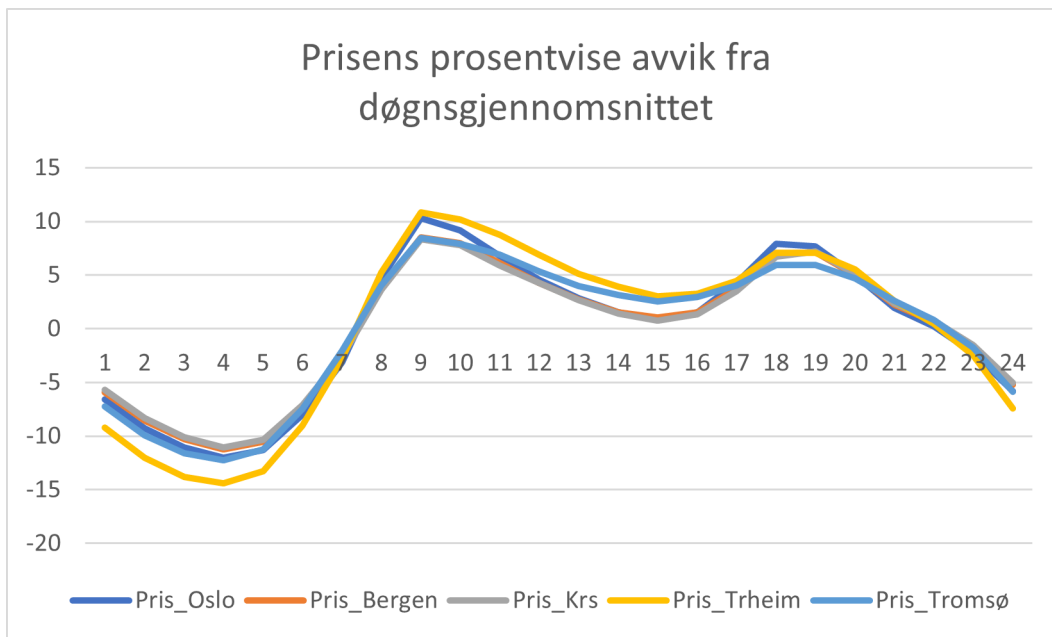
Figur 14: Den gjennomsnittlige timesprisen fra 2013-2022. Målt i kroner pr. MWh.

Vi ser at prisen er på sitt laveste kl 03:00 og at den stiger kraftig frem til kl 08:00 hvor den er på sitt høyeste, før den synker igjen frem til kl 14:00. Det er en liten økning igjen frem til kl 17:00 fra her synker prisen frem til kl 03:00.

Det er også interessant å undersøke hvordan det prosentvise avviket fra gjennomsnittet er i de forskjellige prisområdene. Dette kan vi se om vi lager en ny variabel z .

$$z = \frac{p_i - \bar{p}}{\bar{p}} \cdot 100 \tag{16}$$

Vi kommer frem til et resultat som ser slik ut:



Figur 15: Det prosentvise avviket fra døgnsgjennomsnittet i perioden 2013-2022.

I figur15, som viser det prosentvise avviket fra gjennomsnittet, har vi tatt utgangspunkt i gjennomsnittet. Ved første øyekast kan to prisområder se veldig like ut. La oss si, i et tenkt eksempel, at prisområde NO1 har to målinger der den første er på 200 og den andre er på 0. Da vil gjennomsnittet av målingene i dette området være på 100. Dersom vi sammenligner det med NO2 som også har to målinger i dette tenkte eksempelet, men der den ene er på 150 og den andre på 50, ser man at gjennomsnittet blir 100 her også. Derfor kan det være nyttig å beregne standardavviket. Standardavviket er det gjennomsnittlige avviket fra gjennomsnittet og sier noe om hvor tett opptil gjennomsnittet verdiene i et utvalg ligger [65].

En kan finne standardavviket ved å ta kvadratroten av variansen til utvalget. For å finne variansen starter vi med å finne hvor stor differanse det er mellom hver måling x_i og gjennomsnittet \bar{x} . Denne differansen kan for noen av målingene være negativ og derfor kvadrerer man den for å ende opp uten negative tall. Deretter legger man sammen differansene for hele utvalget. Denne summen deler man på antall målinger n og ender opp med variansen. I utvalg med et stort antall målinger (n) er det vanlig å dele summen på $(n - 1)$ som en sikkerhetsmargin. Dette er for å sikre at vi ikke undervurderer mengden variasjon.

$$\text{Varians} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (17)$$

Variansen i seg selv kan være vanskelig å tyde, da den får en høyere verdi enn målingene. Dette er fordi vi har kvadrert differansen mellom målingene og gjennomsnittet. Tar man derimot kvadratroten av variansen ender man opp med standardavviket. Standardavviket har en verdi som ligger

tettere opptil målingene i utvalget. Vi kan finne standardavviket enkelt ved hjelp fra statistikkprogrammet SPSS.

$$\text{Standardavvik} = \sqrt{\text{Varians}} = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (18)$$

Tabell 14: Standardavviket for alle prisområder i perioden 2013-2022. Tabellen viser også laveste og høyeste verdi, i tillegg til gjennomsnittet.

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std, Deviation
Pris_Oslo	80295	-19,72	6124,93	336,7163	283,95526
Pris_Bergen	80295	-0,96	6124,93	333,7414	280,12524
Pris_Krs	80295	-19,72	6124,93	335,1739	282,28957
Pris_Trheim	80295	-0,1	3687,12	289,943	154,01315
Pris_Tromsø	80295	-0,1	3687,12	272,9547	147,11217

Vi kan nå med sikkerhet si at det er størst svingninger i prisområde NO1, og vi ser at det er stor forskjell i svingningene mellom Sør-Norge og Midt- og Nord-Norge. Dette fikk oss til å ville se på hvordan standardavviket har forandret seg med prisen. Er det slik at volatiliteten øker når prisen stiger? Dette kan vi finne ut av om vi gjør samme matematiske utregning for året 2021 fordi vi allerede vet at prisen her er høy.

Tabell 15: Standardavviket for alle prisområdene i 2021. Tabellen viser også laveste og høyeste verdi, i tillegg til gjennomsnittet.

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std, Deviation
Pris_Oslo	8759	-19,72	6124,93	758,1969	483,4117
Pris_Bergen	8759	5,89	6124,93	757,1937	481,10282
Pris_Krs	8759	-19,72	6124,93	762,3037	477,54568
Pris_Trheim	8759	-0,1	3687,12	419,5958	279,66258
Pris_Tromsø	8759	-0,1	3687,12	357,4052	274,13176

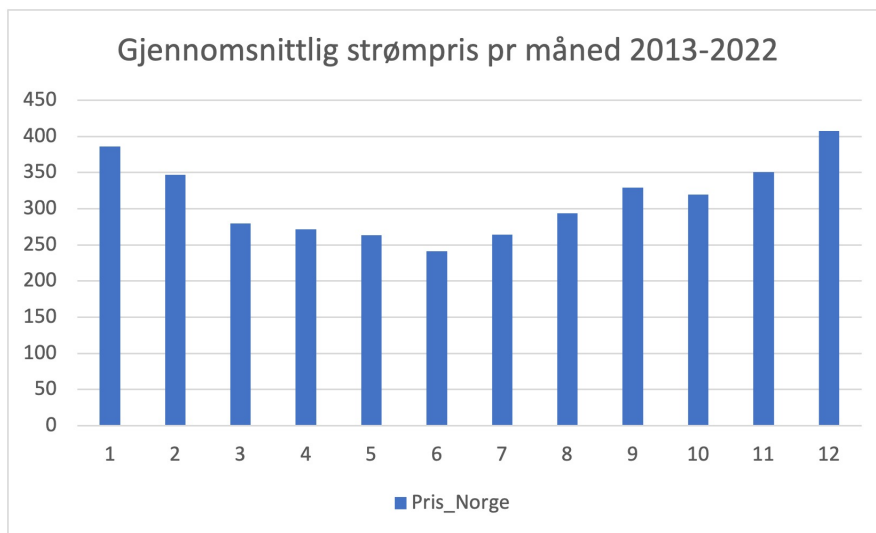
Vi kan nå også fastslå at volatiliteten øker sammen med prisstigning.

10.2 Årstidene

Vi vil se hvordan strømprisen forandrer seg gjennom året. Dette gjør vi ved å først finne gjennomsnittet fra hver enkelt måned for de fem ulike prisområdene og deretter legge de sammen og dele de på antall områder, som vist i likning 19:

$$\text{Gj.snittlig månedspris område } j = \frac{\text{Summen av månedsprisen 2013-2022}}{\text{Antallet}} \quad j = 1,2,3,4 \text{ og } 5 \quad (19)$$

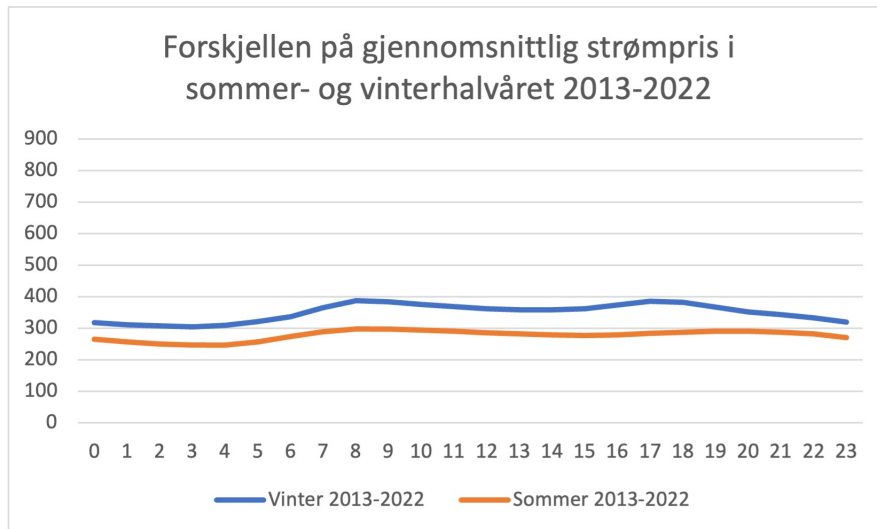
$$\text{Gjennomsnittlig månedspris for hele Norge} = \frac{\text{Summen av alle sonene}}{\text{Antallet}} \quad (20)$$



Figur 16: Den gjennomsnittlige månedsprisen i Norge for perioden 2013-2022. Målt i kroner pr. MWh.

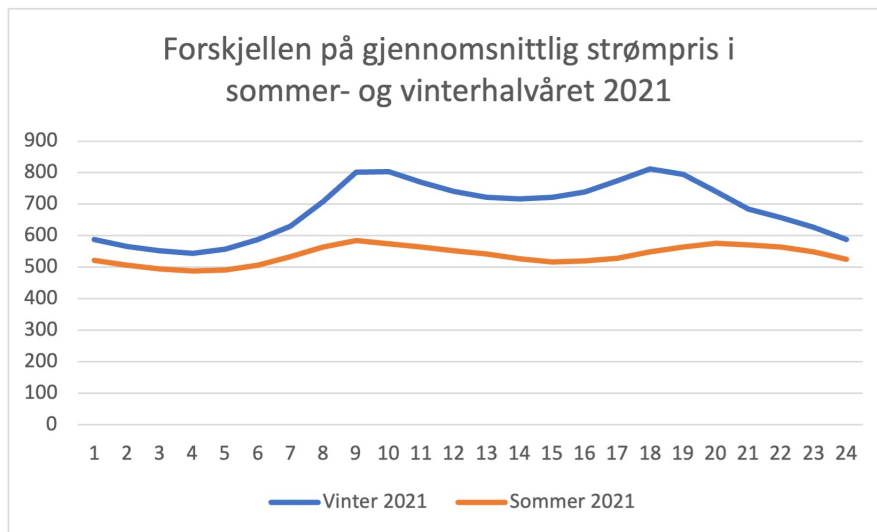
Vi kan nå se at det er store svingninger i prisen innad i året og at toppunktet ligger i vintermånedene og bunnpunktet i sommermånedene. Vi vil derfor se nærmere på hvordan fordelingen er i sommer- og vinterhalvåret.

Vi definerer sommerhalvåret til månedene f.o.m. april t.o.m. september, og vinterhalvåret til månedene f.o.m. oktober t.o.m mars. Vi bruker likningene 19 og 20 også her.



Figur 17: Forskjellene i strømprisen gjennom døgnet mellom sommer- og vinterhalvåret i perioden 2013-2022. Målt i kroner pr. MWh.

Svingningene er forholdsvis like i begge periodene, men vi ser at prisen er jevnt over høyere om vinteren enn om sommeren. Det hadde vært interessant å se hvordan dette mønsteret har forandret seg nå som strømprisene har steget, derfor ser vi på kun året 2021.



Figur 18: Forskjellene i strømprisen gjennom døgnet mellom sommer- og vinterhalvåret i 2021. Målt i kroner pr. MWh.

Vi kan se at svingningene i 2021 er større enn gjennomsnittet i perioden 2013 til 2022. Vi gjør også en test på standardavviket for å kunne si dette med sikkerhet og kommer frem til et resultat.

Tabell 16: Sammenligning av standardavviket mellom sommer og vinter i perioden 2013-2022 og året 2021.

Periode	Standardavvik
Sommer 2013-2022	15,81
Vinter 2013-2022	27,76

Sommer 2021	28,98
Vinter 2021	90,36

Vi kan nå med sikkerhet si at volatiliteten i prisen er større i 2021 enn i perioden 2013 til 2022.

10.3 Oppsummering

1. Døgnet

- Prisen på elektrisitet er høyest kl 08:00, før den synker til kl 14:00. Deretter går den opp igjen til kl 17:00.
- Det prosentvise avviket fra døgngjennomsnittet ser forholdsvis likt ut i alle prisområder.
- Standardavviket viser størst avvik i NO1, med en liten økning fra NO2 og NO5. NO3 og NO4 har ca 1,9 ganger så lite avvik som resten av Norge.
- Vi ser at volatiliteten øker med prisen.

2. Vinter- og sommerhalvåret

- Vi bruker mindre strøm om sommeren enn om vinteren, det er også større svingninger om vinteren.
- Det er ca. dobbel så dyr strøm i 2021 om vinteren som gjennomsnittet til resten av perioden.

10.4 Diskusjon av svingninger i prisen

Vi visste på forhånd, siden vi betaler for strømmen vi bruker, at prisen på elektrisitet har steget kraftig fra siste halvdel av 2021 og at det var ulik økning i ulike deler av landet. Nøyaktig hvor mye prisen har steget, og i hvor stor grad det er forskjeller mellom prisområdene har vært interessant å finne ut av. At volatiliteten til prisen øker når prisen øker kunne vi tenkt oss til. At volatiliteten til prisen er høyere vil si at det er større variasjoner i prisen.

I en rapport fra 2012 utarbeidet av THEMA Consulting Group på oppdrag fra BKK, Lyse Energi,

Agder Energi, Statkraft og Vattenfall argumenteres det med at de nye utenlandskablene til England og Tyskland ville føre til mer stabile priser [20]. Det vil si at volatiliteten skulle bli lavere, men våre funn viser at volatiliteten har gått opp etter at de nye kablene ble satt i drift.

Et annet interessant funn er at dersom man sammenligner svingningene til det gjennomsnittlige prosentvise avviket fra døgnsgjennomsnittet til konsumet og prisen, så er det større forskjeller mellom dem enn vi hadde antatt. Som man kan se i tabell 4 på side 19 er det høyeste gjennomsnittlige avviket fra døgnsgjennomsnittet til konsumet i NO1 17,4 prosent. Dette er i overkant av syv prosentpoeng høyere enn det området med det nest høyeste gjennomsnittlige avviket, som er NO2 med 10,3 prosent. Som man kan se i figur 15 gjenspeiles ikke denne forskjellen i konsumet i prisen, da NO1 her ligger tett opptil de andre områdene.

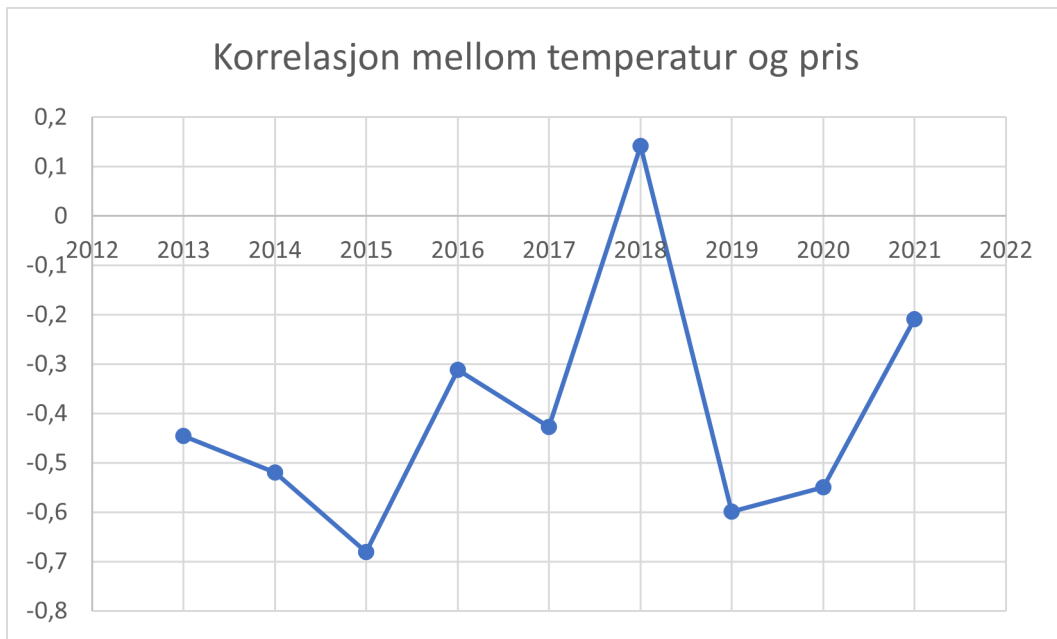
Vi kan regulere produksjonen etter etterspørselen, til en viss grad. I Norge er det 87,2 TWh [13] med regulert vannkraft, men vi har også en del ikke-regulert kraftforsyning. Det vil si at den strømmen som blir produsert av elve- og småkraftverk har like stor produksjonsgrad om natten som om dagen. Det er faktorer som nedbørsmengde som styrer hvor mye vann som renner gjennom elven. I tilfeller med mye vann i elven må kraftverket kunne måtte skru ned produksjonen, dersom det ikke er etterspørsel etter kraften. Dette kan være noe av årsaken til svingningene i kraftprisen.

Hadde 100 prosent av kraftproduksjonen vært regulert ville det nødvendigvis ikke hatt noe å si til hvilken tid på dagen, eller på hvilken dag, vi ladet elbilen. Årstidene ville fortsatt hatt store forskjeller på grunn av temperaturforskjellene og nedbørsmengden i form av regn. Vi ser på grafen over korrelasjonen mellom temperatur og konsum (figur 12) at det er en sterk samvariasjon mellom dem. Når det er kaldt bruker vi mer strøm enn når det er varmt, siden mye av elektrisiteten går til oppvarming. Vi vil senere i oppgaven (figur 26) vise at lite vann i magasinene ikke nødvendigvis resulterer i høye strømpriser.

11 Sammenhengen mellom temperatur og pris

Til nå har vi sett på konsum, pris, temperatur og samvariasjonen mellom konsum og temperatur. Nå skal vi se nærmere på samvariasjonene mellom temperatur og pris.

Korrelasjonskoeffisientene finner vi her på samme måte som på side 34. Som man kan se i figur 19 er korrelasjonen negativ mellom temperatur og pris i alle år bortsett fra 2018. Den ligger mellom -0,4 og -0,7 i de fleste årene. At det er negativ korrelasjon mellom dem betyr at dersom temperaturen stiger så synker prisen, eller om temperaturen synker så stiger prisen.



Figur 19: Årlig korrelasjon mellom temperatur og pris i Oslo (NO1) for perioden 2013-2021.

11.1 Diskusjon samvariasjon mellom temperatur og pris

Ettersom markedsekperter sier prisen avhenger av konsumet [38] skulle man tro at korrelasjonskoeffisienten hadde vært høyere mellom pris og temperatur, med tanke på hvordan samvariasjonen på temperatur og konsum ser ut.

I 2018 er korrelasjonskoeffisienten 0,1. Her er den gjennomsnittlige temperaturen 7 grader. 2014, 2015 og 2020 har alle høyere gjennomsnittstemperatur, men disse årene har alle forholdsvis høy samvariasjon på ca -40, -70 og -55 prosent. Så hvorfor er korrelasjonskoeffisienten så lav i 2018?

Gjennomsnittsprisen på strøm i 2018 er den høyeste før prishoppet i 2021, i tillegg er det også året med lavest magasinfylling (se figur 239). Disse to faktorene kan ha en innvirkning som gjør at korrelasjonen for temperatur ikke har så stort innvirkning på prisen. Produksjonen av strøm i 2018 er heller ikke noe lavere enn årene rundt.

12 Sammenheng mellom pris og konsum

Vi har sett på sammenhengen mellom temperatur og konsum, og mellom temperatur og pris. Nå skal vi se nærmere på samvariasjonen mellom pris og konsum. Vi finner korrelasjonskoeffisienten og illustrerer i en graf.



Figur 20: Årlig korrelasjon mellom pris og konsum i Oslo (NO1) for perioden 2013-2022.

Det viser seg at det ikke er noen samvariasjon mellom pris og konsum i 2018, og 2021 gir oss et lavt resultat på ca. 19 prosent. 2022 viser oss et noe kunstig resultat siden vi kun har målinger fra januar og februar.

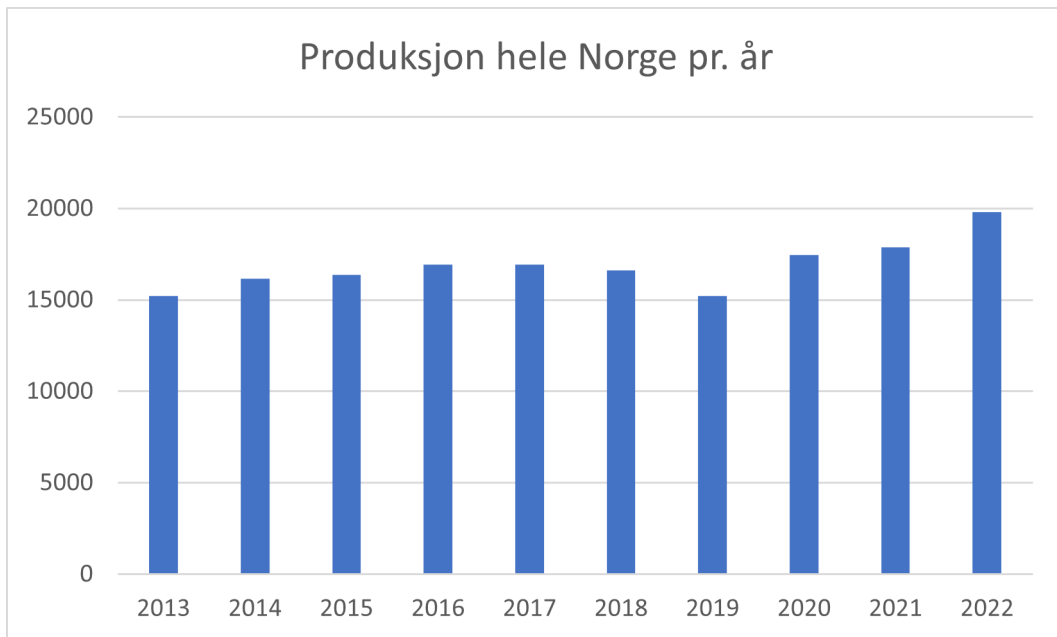
12.1 Diskusjon sammenheng mellom pris og konsum

Dette er et interessant funn, med tanke på at eksperter sier at prisen avhenger av produksjon og etterspørsel. Figur 20 viser at der er ingen samvariasjon mellom konsumet og prisen i 2018, og bare ca. 19 prosent samvariasjon i 2021. Vi vil derfor nå undersøke hvordan produksjonen var i disse årene. Er det slik at det var liten produksjon og lite vann i magasinene, og dermed høye priser? Førte dette til økt import av kraft?

13 Produksjon, magasinfylling og eksport

13.1 Produksjon

Vi har satt opp en graf som viser hvor stor produksjonen av elektrisitet har vært i årene fra 2013 til mars 2022. Disse resultatene viser den samlede norske produksjonen. Senere i kapittelet vil vi også gå nærmere inn på i hvor stor grad de forskjellige prisområdene er selvforsynt eller ikke.

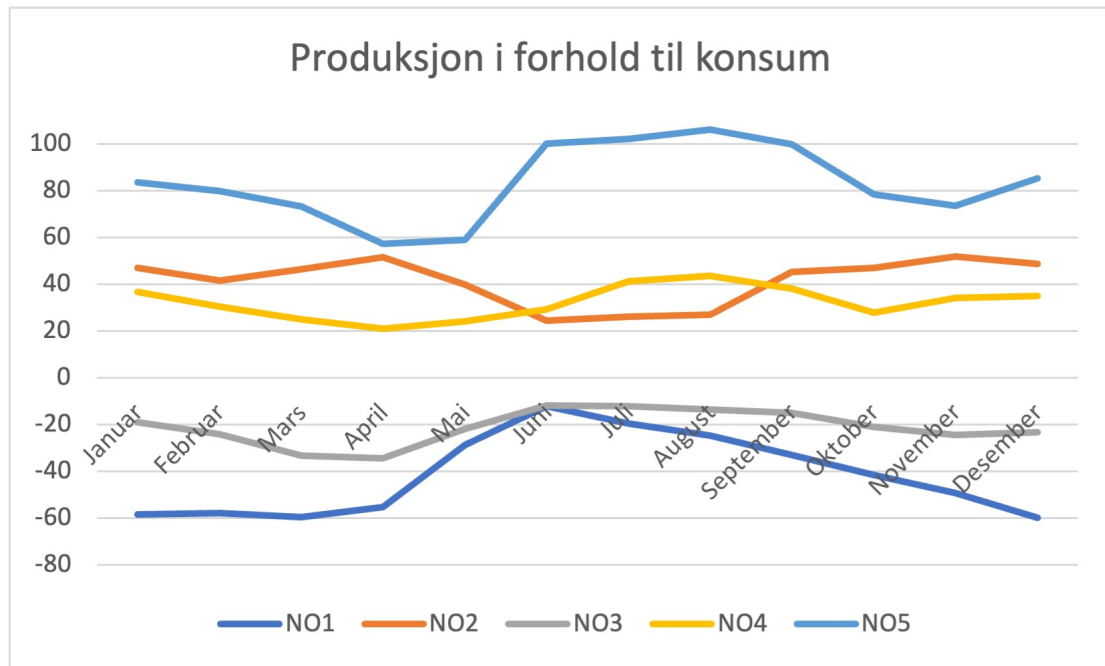


Figur 21: Strømproduksjon pr. år i Norge fra 2013 til 2022. Målt i MWh pr. time.

Er det slik at noen prisområder er mer avhenging av import enn andre? Vi vil se på hvordan produksjonsevnen er i forhold til konsumet i de forskjellige prisområdene. Vi setter opp en likning for dette.

Vi trekker konsumet fra produksjonen og deler det på konsumet igjen for å finne andelen de klarer å produsere i forhold til forbruket, og vi velger å multiplisere dette med 100 for å få svarene i prosent. Vi illustrerer svarene i figur 22 og tabell 17.

$$\text{Eksport/Import} = \frac{\text{Produksjon} - \text{Konsum}}{\text{Konsum}} * 100 \quad (21)$$



Figur 22: Forholdet mellom produksjon og konsum fordelt på prisområdene. Målt i prosent. Positiv verdi betyr at området produserer mer enn de konsumerer.

Tabell 17: Forholdet mellom produksjon og konsum, i prosent, pr. måned i alle prisområdene.

Måned	Sone NO1	Sone NO2	Sone NO3	Sone NO4	Sone NO5
1	-58,560411	47,0295056	-19,040569	36,6986564	83,4742181
2	-58,032845	41,510574	-24,235153	30,402501	79,9309452
3	-59,510433	46,2850972	-33,238186	25,0205761	73,2782369
4	-55,375	51,5564202	-34,534118	20,9016393	57,370942
5	-28,670277	39,9346227	-21,782946	24,0605428	58,9820359
6	-12,206243	24,2921013	-11,942149	29,2490119	100,12945
7	-19,664269	26,0192966	-12,300388	41,2042503	102,232436
8	-24,646098	26,9860522	-13,621123	43,5738444	106,110381
9	-33,12263	45,2517162	-15,114444	37,9989356	99,7512438
10	-41,51039	47,0318471	-21,117793	27,7777778	78,559914
11	-49,43404	51,8285842	-24,573594	34,0640809	73,704232
12	-59,93316	48,7444609	-23,427867	34,9596774	85,3528628

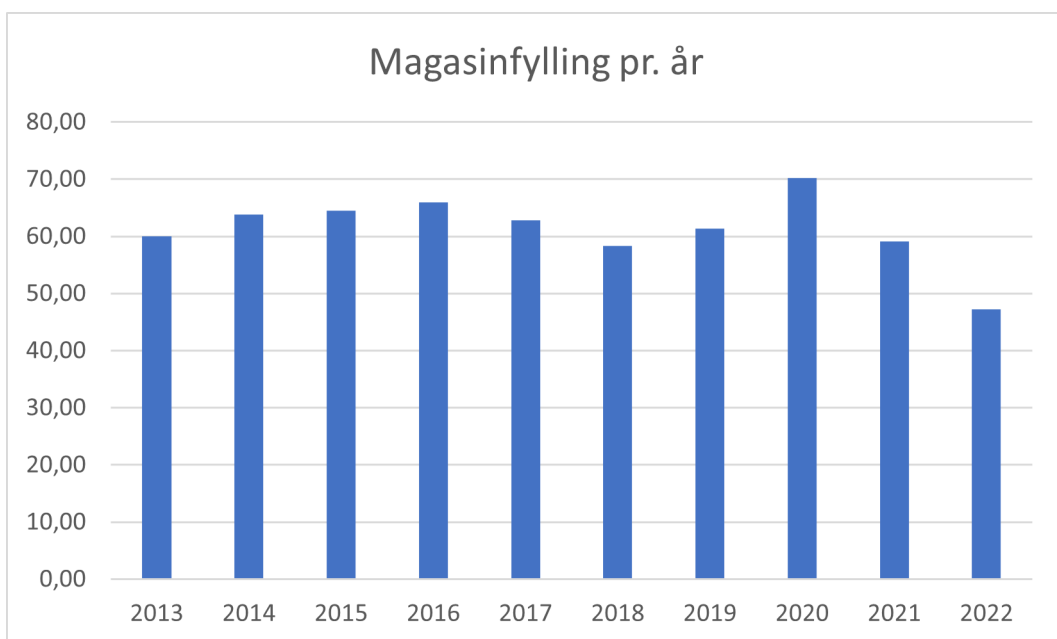
Prisområde NO1 og NO3 er avhengig av import av kraft i alle månedene, de tre andre sonene produserer mer en de trenger. Vi kan nå også se at prisområde NO5 produserer mer en dobbelt av sitt forbruk i månedene juni, juli og august.

13.2 Magasinfylling

Vi vil se om det har skjedd noen forandringer i magasinfyllingsnivået gjennom perioden 2013-2022 for å kunne utdype om dette har noen direkte sammenheng med utenlandskablene. Vi vil også sammenligne dette resultatet med nettoeksporten. Er det slik at vi taper magasinene for å eksportere mer til Europa?

Magasinfyllingsgraden blir målt klokken 24 hver søndag og meldt inn til, kontrollert og presentert av NVE i løpet av påfølgende uke [14].

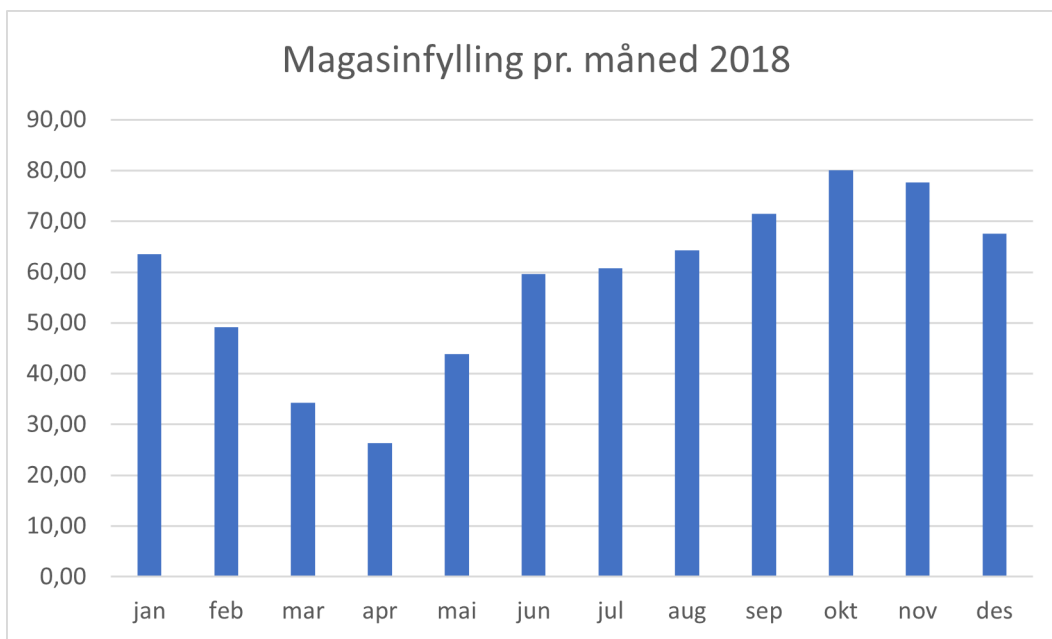
$$\text{Årlig fyllingsprosent} = \frac{\text{Summen av alle målinger}}{\text{Antall i utvalget}} \quad (22)$$



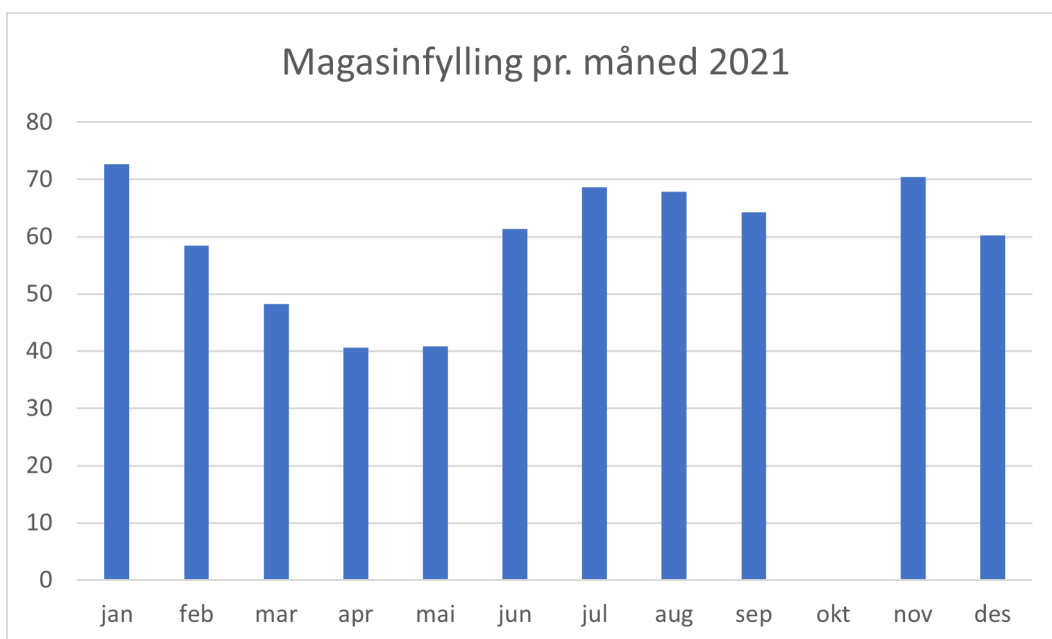
Figur 23: Magasinfylling fra 2013 til 2022 målt i prosent.

Som vi ser på grafen har verdiene til magasinfyllingen variert i løpet av tidsrommet 2013-2022. Året som skiller seg ut er 2020. Her var nedbørsmengden stor og magasinfyllingsgraden var høy [19]. Dette resulterte i en produksjon som i noen få tilfeller ga negative priser, og kraftkunder fikk penger for å bruke strøm [26]. I 2018 og 2021 fikk magasinene lite påfyll av vann (figur 23). 2022 vises med minst verdi fordi dataene for dette året kun inneholder informasjon fra månedene januar og februar. Vintermånedene gir lave utslag på nedbør, da vannet som faller som regel holder fast form frem til våren når temperaturen stiger og snøen smelter. Vi sammenligner magasinverdiene i 2021 med 2018 siden det er det eneste året med mindre fyllingsnivå.

$$\text{Månedlig fyllingsprosent} = \frac{\text{Summen av alle målinger}}{\text{Antall i utvalget}} \quad (23)$$



Figur 24: Magasinfylling i 2018 målt i prosent.

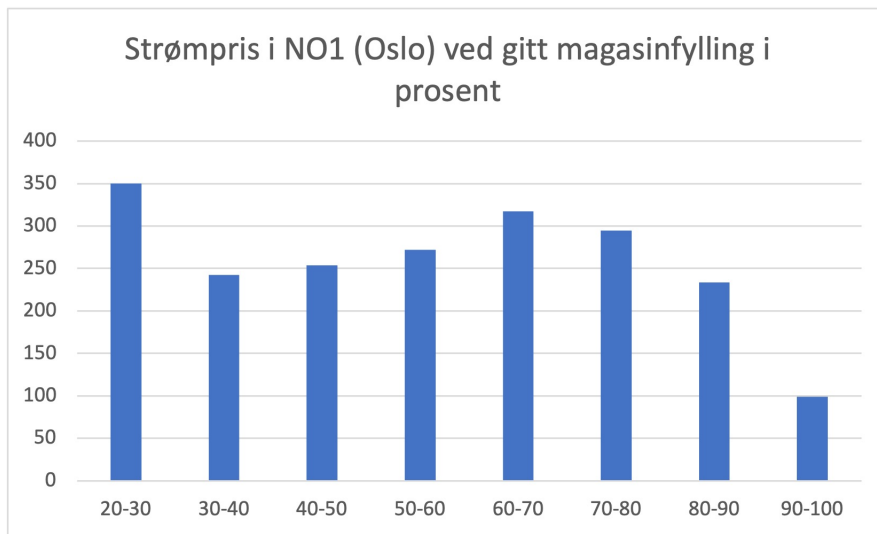


Figur 25: Magasinfylling i 2021 målt i prosent.

Målinger på magasinfylling i 2021 mangler data for oktober måned. For å ta høyde for dette antar vi at fyllingen ville vært et sted mellom verdiene til september og november. Målingene viser i stor grad samme mønster og vi kan ikke si at det har vært noen form for ekstrem tømning av magasinene i 2021.

Vi vil nå se hva strømprisen i NO1 (Oslo) er ved en gitt magasinfylling. Det vil si at vi har sett på alle målingene og fordelt de inn i seksjoner på 10 prosent for å finne gjennomsnittsprisen ved en

gitt magasinfyllingsprosent.



Figur 26: Strømpris (i kroner/MWh) ved ulike magasinfyllingsnivåer. Nivåene er delt inn i intervall på 10 prosent.

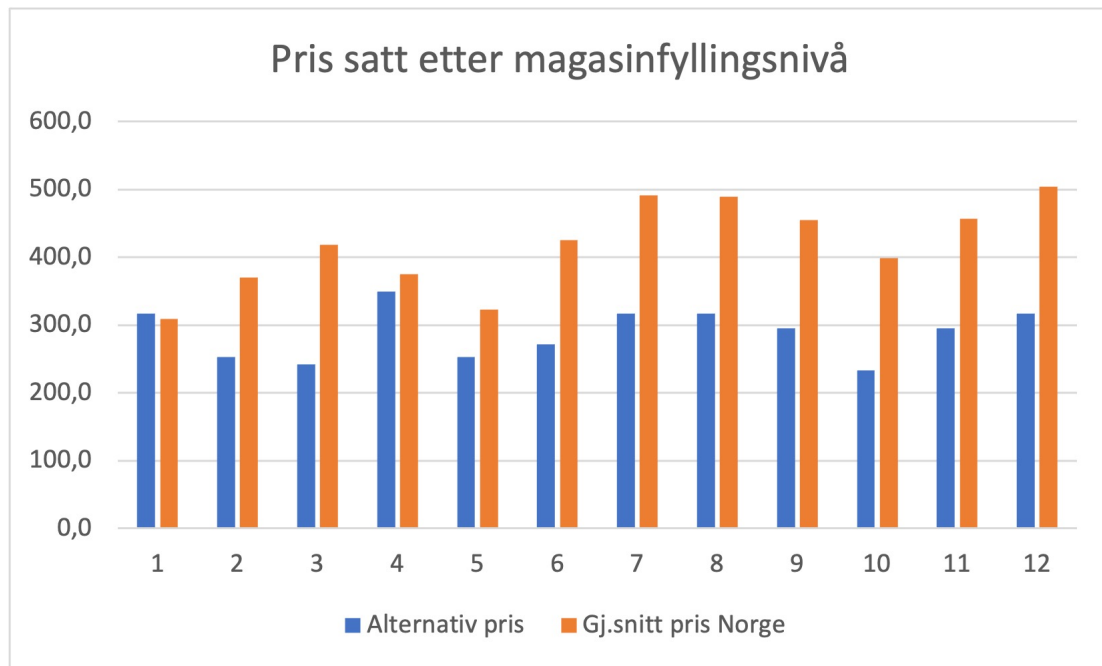
Tabell 18: Strømpris (i kroner/MWh) ved ulike magasinfyllingsnivåer. Nivåene er delt inn i intervall på 10 prosent.

Fra og til i prosent	Kroner pr MWh
20-30	349,8
30-40	242,3
40-50	253,4
50-60	272,2
60-70	317,1
70-80	294,9
80-90	233,8
90-100	98,6

Vi ser at ved magasinfyllingsgrad under 30 prosent vil prisen øke betydelig. Etter dette viser det seg at lite vann i magasinene ikke påvirker prisen betydelig negativt. Det er en liten økning i prisen fra 30 til 70 prosent, etter dette faller prisen igjen.

13.3 Sammenheng mellom magasinfylling og pris i 2018

Vi vil nå se på hva prisen ville vært i 2018 om mengde vann i magasinene var den eneste faktoren som påvirket prisen. Dette gjør vi ved å sette inn resultatene vi fant i tabell 18 etter hvor mye vann det er i magasinet i 2018 (figur 24). Alternativ pris er prisen om magasinfyllingsprosenten er den eneste faktoren som påvirker prisen.



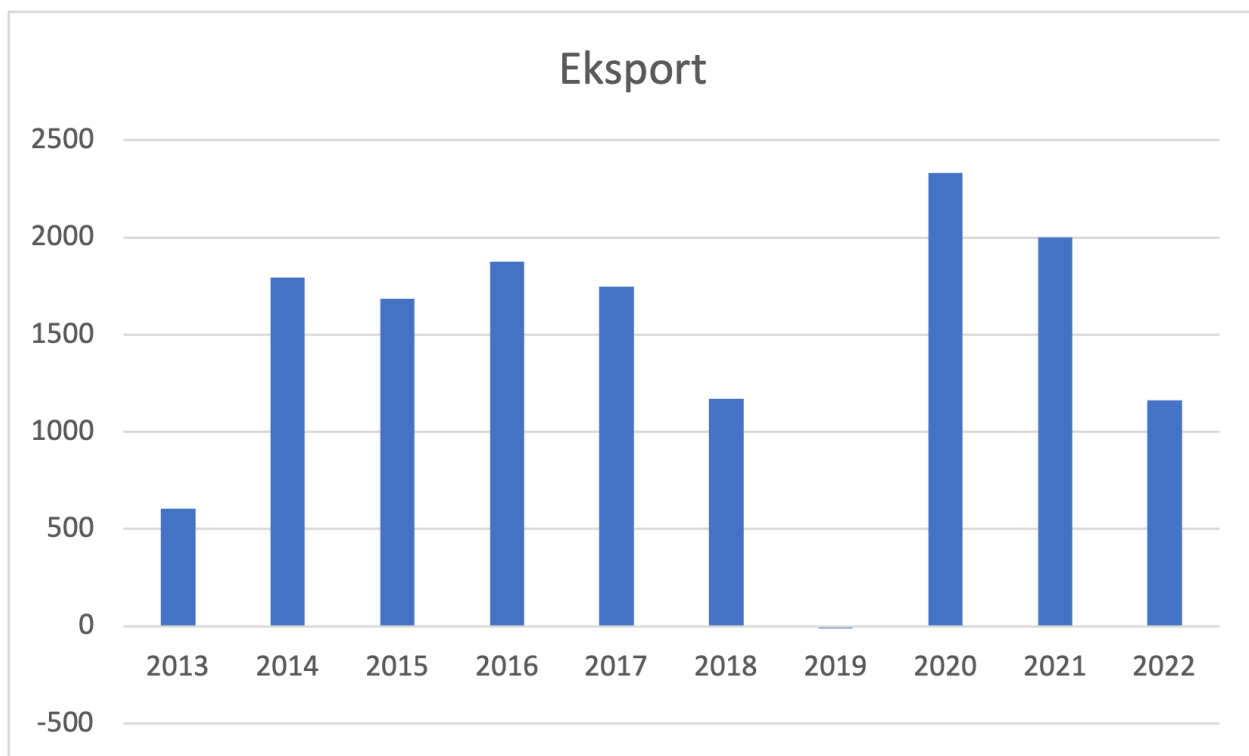
Figur 27: Her er alternativsprisen sammenlignet med gjennomsnittsprisen pr. måned for hele Norge i 2018. Målt i kroner pr MWh.

Som vi ser i figur 27 er det store avvik fra den faktiske gjennomsnittsprisen og den alternative prisen vi har funnet. Så mengde vann i magasinene kan ikke være den eneste grunnen til at prisen var høy i 2018.

13.4 Eksport

Figur 24 viser en oversikt over netto eksport for hvert år i perioden. Denne har vi laget for å undersøke om det har vært en stor økning etter at de nye utenlandskablene ble satt i drift.

$$\text{Netto eksport} = \text{Eksport} - \text{Import} \quad (24)$$



Figur 28: Årlig netto krafteksport målt i MWh pr. time i tidsrommet 2013-2022.

Grafen viser at i 2019 gikk nettoeksporten i minus. 2020 skiller seg ut med å være året med høyest nettoeksport. Ellers er det varierende resultat, med mer eksport enn import i alle årene.

13.5 Diskusjon

For at lave verdier i magasinutfylling skal bli et problem må verdiene falle ned under 30 prosent basert på våre resultater. Med andre ord kan ikke magasinutfyllingene i 2018 og 2021 være et resultat av de høye prisene alene.

En kunne forventet at resultatet over eksport i 2019 skyldtes at vi hadde lavt magasinivå i utgangen av 2018, men dette var ikke tilfelle. At vi ikke greide å eksportere mer enn vi importerte i 2019 kan skyldes at det ikke var behov for vår elektrisitet i andre deler av Europa. Nivåene til 2020 skyldes trolig høye nedbørsmengder og nasjonalt overskudd av kraft [19].

14 Regresjon pris og temperatur for konsum

14.1 Regresjonsanalyse

Regresjonsanalyse er en teknikk som brukes til prediksjon[6]. Regresjonsanalyse anvendt på økonomiske problemstillinger kalles økonometri[31].

Vi vil vise hvordan økonometri kan brukes til å forklare konsumet av elektrisitet.

14.1.1 Konsum av elektrisitet

Vi skal nå studere konsumet av elektrisitet. Vår hypotese er at konsumet (K) er en funksjon av de to variablene temperatur (T) og pris (P). Vår hypotese er at konsumet følger en Cobb-Douglas funksjon slik at vi kan sette:

$$K = AT^\alpha P^\beta \quad (25)$$

Vi har observasjoner over (T), (P) og (K) og vi ønsker å finne α og β .

En fordel med denne modellen er at eksponentene α og β er de partielle elastisitetene. For eksempel er β den prosentvise endringen i konsumet når prisen endres med én prosent. Dette kan vi vise slik:

$$K = AT^\alpha P^\beta = ZP^\beta \quad (26)$$

Vi finner nå den endringen i konsumet K når prisen P øker med én enhet. Altså den deriverte av K med hensyn til P .

$$K'_p = \beta ZP^{\beta-1} = \beta \frac{ZP^\beta}{P} = \beta \frac{K}{P} \quad (27)$$

hvor $Z = AT^\alpha$ holdes konstant.

Elastisiteten er definert som den relative endringen i konsumet når prisen endres med én prosent. Altså vil priselastisiteten være:

$$e_p = \frac{\text{Relativ konsumendring}}{\text{Relativ prisendring}} = \frac{\frac{\Delta K}{K}}{\frac{\Delta p}{p}} = \frac{\Delta K \cdot p}{\Delta p \cdot K} = \frac{\Delta K}{\Delta p} \frac{p}{K} \approx K'_p \frac{p}{K}. \quad (28)$$

Hvis vi setter inn resultatet i likning 27 inn i likning 28, får vi:

$$e_p = K'_p \frac{p}{K} = \beta \frac{K}{P} \cdot \frac{p}{K} = \beta. \quad (29)$$

Dermed har vi vist at β er lik den partielle elastisiteten til konsumet K . Tilsvarende kan vises for eksponenten α . For å finne de to ukjente parametrene α og β må vi omforme Cobb-Douglas funksjonen slik at vi kan bruke lineær regresjon.

Det gjør vi ved å ta logaritmen til den avhengige variabelen (konsumet) og de to uavhengige variablene temperaturen og prisen. Temperaturen har vi oppgitt i celsius, og negative tall skaper problemer når vi skal ta logaritmen. Derfor gjør vi temperaturen om til kelvin og tar deretter logaritmen. Sammenhengen blir dermed:

$$\ln K_t = \ln A_t + \alpha \ln T_t + \beta \ln P_t + \mu_t \quad (30)$$

hvor vi ovenfor har tatt med t for å indikere at dette gjelder på tidspunkt t og hvor vi har tatt med variabelen μ som inkluderer tilfeldig feil.

Vi vil bruke modellen ovenfor på data vi har for alle månedene i året og vi skal bare se på prisområde NO1. Når vi bruker SPSS og tar logaritmen til variablene og bruker lineær regresjon får vi følgende resultat:

Tabell 19: De partielle elastisitetene for de uavhengige variablene pris og temperatur, med konsum som avhengig variabel.

Måned	Pris (β)	Temp (α)
Januar	0,072	-0,618
Februar	0,045	-0,568
Mars	0,2	-0,462
April	0,195	-0,313
Mai	0,229	-0,259
Juni	0,153	0,304
Juli	-0,253	0,409
August	0,093	0,396
September	0,002	0,004
Oktober	0,123	-0,331
November	0,069	-0,549
Desember	0,121	-0,456

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	
	B	Std. Error	Beta			
1	(Constant)	17.572	.615		28.567	<.001
	Log.temp.No1	-.034	.002	-.248	-15.215	<.001
	Log.Pris.No1	.042	.004	.182	11.191	<.001

a. Dependent Variable: Log.kons_No1

Figur 29: Koeffisienter fra regresjonsanalysen for konsum med pris og temperatur som uavhengige variabler for perioden 2013 t.o.m. februar 2022.

Vi får følgende resultat:

1. Eksponenten α er negativ i de kalde månedene (alle måneder unntatt juni, juli, august og september). For eksempel om temperaturen stiger med en prosent i januar vil konsumet reduseres med 0,618 prosent. Vi ser at denne sammenhengen ikke er konstant fra måned til måned. I månedene juni, juli og august er det slik at om temperaturen går opp, går også forbruket av elektrisitet opp. Dette er kanskje ikke urimelig siden vi bruker mer energi til kjøling.
2. Når det gjelder variabelen β så er sammenhengen mellom pris og konsum ikke så klar. Vi forventet at når prisen går opp, vil forbruket gå ned. Altså at $\beta < 0$, men dette resultatet får vi kun i en av månedene (juli). I alle andre måneder er det slik at pris og konsum går samme vei. Trolig skyldes det at modellen er altfor enkel. Den korrekte modellen har flere forklaringsvariabler og ikke bare to. Andre forklaringsvariabler som en kan prøve er: Magasinfylling, import eller eksport, prisnivå i Tyskland og England, effektiv temperatur i stedet for målt temperatur, samt aktivitetsnivået i økonomien.

Av merknadene i punkt 2 ovenfor ser vi at det er behov for mer forskning for å få klarhet i hva som styrer konsumet av elektrisitet.

14.2 Diskusjon

Mai og september måned ligger begge i årstider hvor det er store temperaturforskjeller (vår og høst). Vi ser på den partielle elastisiteten for temperatur (β) at dette er månedene der temperaturen styrer konsumet minst. Det kan skyldes at vi har mindre behov for oppvarming enn i for eksempel januar, og mindre behov for kjøling enn i for eksempel juli. Andre faktorer kan være at det er årstider med mye nedbør som gjør at etterspørselen er mindre enn produksjonen.

Den partielle elastisiteten for pris (α) viser seg å være høyest i mai. Det vil si at det er her at konsumet øker mest når prisen går opp. Den laveste verdien av α er i september. Hva gjør at disse to månedene har størst avvik? Vi tror ikke det nødvendigvis er slik i Norge at folk bruker betydelig

mindre strøm selv om prisen går opp. Folk må dusje og lage mat nesten uansett hva prisen er. Vi har også i en lang periode hatt billig strøm, og dette kan ha ført til at vårt forbruk ikke påvirkes særlig av prisen.

Juli er den eneste måneden med en negativ β -verdi. Det vil si at om prisen øker med én prosent reduseres konsumet med 0,253 prosent. Hva som er årsaken til dette kan vi ikke si noe om og vi anbefaler at dette blir forsket videre på.

15 Sintef 2018 (utenlandskabler)

Dagens næringsliv publiserte i 2018 en artikkel fra Sintef med overskriften «Frykten for nye utenlandskabler er grunnløse» [41]. Artikkelen argumenterte mot tre påstander som ble løftet frem som forventede resultat av utenlandskablene. De tre påstandene var:

1. Mer effektkjøring
2. Mer oppdemming av elver
3. Høyere priser

Vi skal undersøke om dette er en realitet med situasjonen slik den er i dag. Hovedfokuset vil være på endringer i pris.

Effektkjøring er at produsenten kjører magasinerte vannkraftverk hyppig høyt opp og lavt ned. Når produksjonen varierer i dette mønsteret gjør det at elvens vannføring der utløpet fra kraftverket befinner seg endres enormt. Ved Hol kraftverk i Hallingdal har NTNU registrert endringer fra $6 \text{ m}^3/\text{s}$ i lav produksjon og opp til $51 \text{ m}^3/\text{s}$ i høy produksjon. Endringen har forekommet flere ganger i uken [23]. Kritikken mot effektkjøring handler om at forholdene til de akvatiske økosystemene forverres, noe som for eksempel kan føre til fiskedød. Hvordan dette har blitt etter utenlandskablene har vi ikke studert nærmere, men anbefaler at det forskes på.

Et annet argument mot utenlandskablene er oppdemming i norsk natur. Sintef mente dette ikke vil bli et problem, og at det kan unngås med statlig styring ved eventuell utbygging. Ved å styre hvilke konsesjoner som blir gitt kan myndighetene regulere og veilede utviklingen til bransjen. Dette er noe som må skje over tid og kan ikke, på grunn av byråkratiske prosesser, tas inn i praksis med en gang. Argumentet står i samspill med effektkjøring, og Sintef skrev at dette kan unngås ved å ha utløpet av kraftverkene i store innsjøer eller i havet. Dette kunne vært en løsning, men pr. i dag har mange kraftverk utløpene sine i elver [63].

En del av løsningen, for å unngå problemstillingene som løftes frem, var ifølge Sintef å oppgradere effekten til det norske vannkraftsystemet. De kalkulerte seg frem til at med nye tunneler og turbiner kan energisystemet øke effekten med 60 %. Denne oppgraderingen krever hverken mer areal eller oppdemming av flere elver, men krever derimot store investeringer og er tidkrevende. Vi stiller oss spørrende til om Sintef tok høyde for hvor mye prisen vil øke i tidsrommet før kraftsystemet har oppnådd denne oppgraderingen.

Rapporten gav et estimat på til hvilken grad prisen ville forandre seg, og de mente at prisene ikke vil øke mer enn 1,5 til 2 øre på kort sikt. Hva har skjedd med prisen og i hvor stor grad har dette sammenheng med utenlandskablene? Dette skal vi se nærmere på nå.

15.1 Diskusjon Sintef

Ved å for eksempel analysere grafen for prishistorikk (figur 13) med kunnskapen om påvirkningskraft forstår vi at den ekstreme prisendringen i 2021 er et resultat av flere variabler. Utenlandskabelene er av mange trukket frem som hovedårsaken til de høye prisene, men resultatene og informasjonen vi har samlet inn beskriver en situasjon mer kompleks enn som så.

På grunn av det «grønne skiftet» i Europa er samfunnet i en overgang med endringer som påvirker flere av variablene tilknyttet strømprisen. Utfasingen av fossile energikilder bidrar til økt etterspørsel av strøm gjennom elektrifisering av prosesser. Overgangen til fornybare energikilder motiveres av økte avgifter på CO₂-utslipp som hever produksjonskostnadene til kraftverk som eksempelvis bruker kull eller gass. Dette er et økonomisk insentiv fra styresmakter for å utjevne prisforskjellene relatert til produksjon av energi fra fornybare kilder. Tempoet på utbyggingen av kraftverk som benytter fornybare energikilder har ikke klart å sørge for en forsyning som er tilstrekkelig for den etablerte og økende etterspørselen på strøm [39].

Når etterspørselen på et produkt øker og tilbudssiden ikke holder følge, stiger prisen. Tilbudssiden består i dette tilfellet av kraftprodusenter. Et godt eksempel på dette er situasjonen i Tyskland, der utfasing av deler av produksjonen har ført til at det produseres mindre energi fra fossile kilder og de fornybare produserer ikke nok. "Politiske preferanser førte til en utilstrekkelig konfigurasjon" [10]. Fornybar energiproduksjon har en redusert forsyningssikkerhet på grunn av varierende værforhold. For å tette gapet av etterspørsel benyttes det allikevel fortsatt kull- og gasskraftverk i Tyskland. Som tidligere nevnt har denne produksjonsmetoden fått høyere kostnader, og dette kan forklare deler av de høye prisene i det europeiske markedet. Norge har ikke hatt dette problemet fordi hoveddelen av produksjonen vår lener seg på vannkraft [10].

Eableringen av kablene til England og Tyskland har kanskje gjort oss mer sårbare for prisendringer sør på kontinentet. Tilknytningen sett i sammenheng med usikre værforhold og høyere produksjonskostnader kan forklare de økte prisene.

16 Utenlandskabler

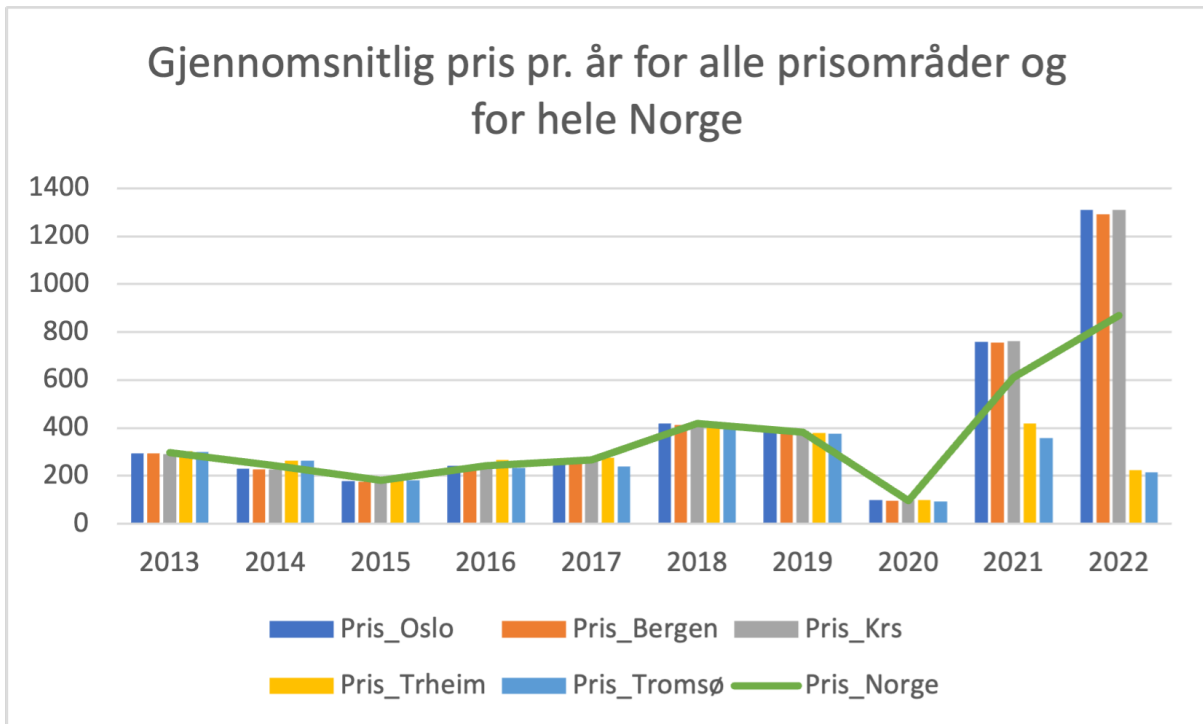
16.1 Metode utenlandskabler

Under arbeidet med denne bacheloroppgaven har vi funnet spådommer og påstander om påvirkningen utenlandskablene ville få for markedet. Det var derimot lite informasjon om hvilke påstander som var riktige. Vi forventer derfor i nær fremtid å se forskning om hvilke utslag Nordlink og North Sea Link eventuelt har hatt på strømprisen.

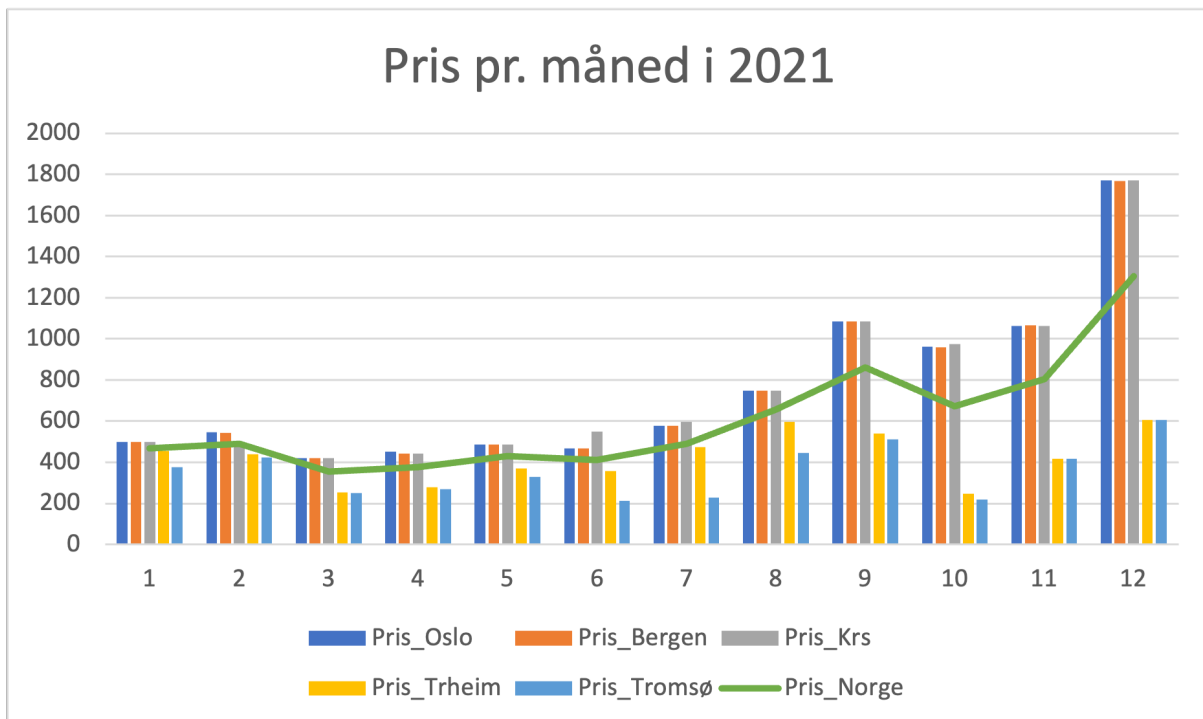
For å kunne vurdere hvilken effekt utenlandskablene har hatt må vi sammenligne data for pris, import og eksport. Dette gjør vi med tall fra både før og etter overføringene startet. Med grafer som viser historikk over eksempelvis pris, kan vi se etter endringer i prisen som muligens kan være et resultat av utenlandskablene. Denne kunnskapen sammen med den vi får om import og eksport gjør det mulig å vurdere effekten kablene har på markedet. Her er det viktig å presisere at informasjonen vi har, kun gjelder oppstarten etter de nye kablene ble etablert. Den eventuelle ubalansen i pris eller overføringer kan jevnes ut ved tid, eller skyldes andre faktorer.

På grunn av lite tilgjengelig data, har vi benyttet oss av litteratur for å underbygge våre argumenter. Litteraturen er hentet fra blant annet regjeringen, Idunn, Teknisk Ukeblad, Klassekampen og NVE. For å sikre kvaliteten på litterære kilder har vi vurdert diskursen brukt for å diskutere de relevante temaene. Derfor har vi forsøkt å kun bruke artikler og rapporter som objektivt fremstiller faktorene rundt utenlandske overføringskabler. Vi hadde en antagelse om påvirkningen før vi startet med oppgaven og forventet å finne bevis for at Nordlink og North Sea Link har påvirket strømprisen etter at de ble satt i drift.

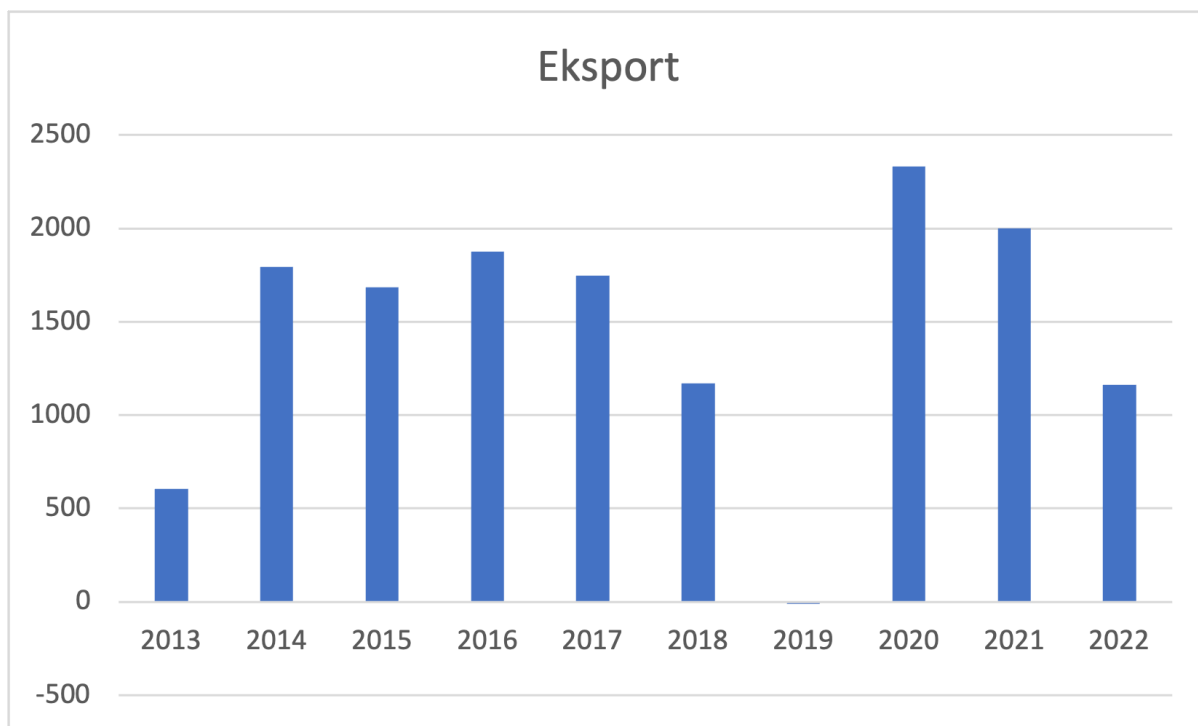
16.2 Resultat utenlandskabler



Figur 30: Årlig gjennomsnittlig strømpris målt i MWh pr. time, totalt og for hvert prisområde 2013-2022.



Figur 31: Månedlig gjennomsnittlig strømpris målt i MWh pr. time, totalt og for hvert prisområde i 2021.



Figur 32: Årlig netto krafteksport målt i MWh pr. time 2013-2022.

Våre funn viser at:

1. Prisen steg i perioden etter at North Sea Link og Nordlink ble satt i drift.
2. Det ble ikke eksportert unormale mengder strøm etter oppstart av overføring til England og Tyskland.
3. Strømprisene steg på grunn av koblinger til nye markeder via nye overføringskabler.

16.3 Diskusjon utenlandskabler

Fra kablene ble annonsert planlagt til i dag hvor de overfører strøm til Tyskland og England, har de to nyeste utenlandskablene skapt stor debatt i Norge [18]. Som tidligere beskrevet har Norge vært tilkoblet andre nasjoner via strømmettet siden 1960 tallet. De tidligere forbindelsene har hovedsakelig knyttet sammen det nordiske markedet, som historisk har hatt lignende priser som oss.

Det europeiske markedet har gjort seg avhengig av strøm fra gasskraftverk. Med en stor andel kraft fra fossile kilder og ubalanse i produksjon og etterspørsel, har Europa i senere tid opplevd høye strømpriser [42]. Dette har gitt motstanderne av utenlandskablene god ammunisjon til å argumentere mot ytterligere tilkoblinger. Norske myndigheter valgte å støtte utbygging som en del av vårt bidrag til det grønne skiftet. Bekymringene rundt prisen ble bagatellisert og lovnadene om positiv fortjeneste til den norske stat ble løftet frem. Altså ga politikerne uttrykk for at vårt ansvar til å delta i den globale dugnaden for fornybar energiomstilling ikke skulle påvirke budsjettet til Ola Nordmann nevneverdig. Fordelene skulle overveie de negative konsekvensene med at kraftprodusentene skulle få mulighet til å selge mer strøm med lave kostnader til en høyere pris i utlandet.

Flere land i Europa har satset på produksjon av strøm fra fornybare energikilder, eksempelvis Danmark og Tyskland. Markedet er likevel fortsatt avhengig av mye kraft som kommer fra kull, gass og atomkraftverk. Denne utvinningsmetoden har blitt dyrere de siste årene på grunn av økte skatter og avgifter [28]. Dette øker kostandene til produsentene og de kompenserer for reduksjon av fortjeneste ved å øke prisen de ønsker for produktet de produserer. Utbyggingen av vind- og solkraftverk pågår, men klarer ikke å holde tritt med den forventede økte etterspørselen fra markedet [70].

Med utenlandskabler blir det norske markedet påvirket selv om strømmen som produseres innenlands kommer fra fornybare kilder. Hvis ikke tilbudet på produksjon øker i samme tempo, vil etterspørselen presse prisen oppover. Dette kan forklares med en etterspørselsfunksjon, som er en matematisk betegnelse i samfunnsøkonomien [61]. Ved høye priser reduseres gjerne etterspørselen, fordi kundene ikke ønsker eller kan betale for produktet. Strøm har en lav priselastisitet, dette vil si at etterspørselen ikke synker selv om prisen på goden stiger. Hele samfunnet, både det offentlige og det private, har gjort seg totalt avhengig av tilgang til elektrisitet. Først og fremst tenker vi kanskje på elektrisitet til lys og varme, men går vi litt dypere inn i problemstillingen ser vi at uten elektrisitet er vi tilbake på "steinaldernivå". Et eksempel kan være den digitale utviklingen av samfunnet som har gjort infrastruktur og kommunikasjon helt avhengig av tilgang på strøm for å fungere [50].

Situasjonen Norge befinner seg i er forventet å vare en del år fremover. Utviklingen av kraftproduksjon på kontinentet, høye gasspriser og CO₂-avgift ventes å være påvirkningsfaktorer også i årene som kommer [25]. For å prøve å løse problemet har norske myndigheter vinteren 2022 iverksatt en strømstøtte som skal hjelpe forbrukere med å betale strømregningene. Denne krisepakken sammen med andre faktorer kan likevel være negativ for folk flest sin lommebok ettersom det kan påvirke inflasjon og føre til rentehopp [56].

Problemstillingen vår stiller spørsmålet hvorvidt de nye utenlandskablene har påvirket strømprisen for norske forbrukere. Med bakgrunn i våre funn, se figur 13 som viser prishistorikken for perioden 2013-2022, ser vi at prisen har steget i etterkant av tilkoblingen.

Utfordringen er å trekke en konklusjon om utenlandskablene alene står for prisendringen. Kablene, sammen med flaskehalsen i nettet, gjør de tilkoblede områdene i Sør-Norge mer sårbar for påvirkning fra det europeiske markedet. Dette markedet opplever selv store endringer på grunn av utfasing og avgifter. Dette er problemer vi ikke kjenner til i vårt system, men bidrar sammen med vår mangel på vann til at strømprisen presses oppover. Dette kompliserte forholdet gjør det vanskelig å konkludere om motstanderne eller forkjemperne for kablene har rett. Inntjeningen til eierne av overføringsnettet og påvirkningen har vært positiv og påvirkningen på forbrukerne har vært negativ, i starten på Norge sin rolle som Europas grønne batteri.

Et notat fra konsulentfirmaet Thema tar for seg situasjonen med de ekstremt høye strømprisene Norge og Europa nå opplever. De går i dybden på mekanismene som styrer markedet for å forklare hvordan prisen blir til. De trekker frem flere faktorer som utgjør grunnlaget for dagens situasjon. Blant annet hvordan produksjon av vannkraft planlegges for å få mest fortjeneste på vann fra magasin. Dette kalles vannverdi og brukes for å vurdere til hvilken tid kraftverkene tjener mest på å produsere. En annen faktor er at med Nordlink og North Sea Link blir vi tilknyttet flere kraftprodusenter med ulike marginalkostnader. Dette betyr for eksempel at vannkraftprodusenter, som har lave variable produksjonskostnader, noen ganger er nødt til å heve prisen for å unngå at magasinene tømmes.

“Siden eksport og import mellom Norge og andre land bestemmes av prisforskjeller fra time til time, må norske produsenter sette prisen så høyt at eksporten ikke blir så stor at magasinene tømmes” [64].

Denne type endring i prising er et direkte resultat av de to nye utenlandskablene. Tidligere har vi overført strøm til markeder med priser nærmere våre satser. At vi nå er tilkoblet England og Tyskland gjør at kraftprodusentene kan ta utgangspunkt i å få solgt strømmen til høyere priser. Når for eksempel Statkraft setter prisen etter hva kunder i England er villige til å betale, blir norske forbrukere tvunget til å betale samme sum for strømmen.

Thema consulting tar opp problemstillingen rundt hvordan prisen påvirker muligheten forbrukerne har til å gjøre strømsparende tiltak. Når det er lave priser tenker nok de færreste på hvordan de kan styrke grunnlaget sitt for å redusere forbruk. Når prisen er høy, skulle nok flere ønske at de hadde gjort investeringer som reduserte sitt eget forbruk. Problemet er da for mange at pengene de kunne investert er låst til å betale de høye regningene.

17 Smarte målere og konsumet av elektrisitet

I 2011 ble det forskriftsfestet at man skulle skifte ut alle strømmålere med AMS-målere (avanserte måle- og styresystem)[12]. Fristen for utskiftingen ble først satt til 1. januar 2017, men denne ble i 2013 utsatt til 1. januar 2019. Dette var en stor investering, med en total prislapp på rundt 9 milliarder kroner [22]. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) mener at de nye målerne vil føre med seg en rekke fordeler som blant annet timesvis registrering av strømforbruket, automatisk avlesning av målerne, korrekt avregning og at de skal gjøre det enklere å skifte kraftleverandør [54].

NVE peker i sitt høringsdokument fra oktober 2008 på at de nye målerne blant annet vil sørge for automatisk avlesning av målerne, noe som vil gjøre avregningene korrekt og minke sannsynligheten for feil [67]. På den måten er det det faktiske forbruket til kunden som vil ligge til grunn for regningen og ikke stipuleringer slik det var med de gamle målerne.

I en utredning utført av SINTEF på oppdrag fra NVE i 2008, som var en del av beslutningsgrunnlaget til NVE, blir det blant annet argumentert med at spotprisen i tiden fremover vil variere mer fra time til time enn det den har gjort tidligere. Dette forklarer de med en forventet økning i fornybar og ikke-regulerbar elektrisitetsproduksjon og at Norge vil være mer tilknyttet det europeiske strømmarkedet [21].

En av hovedårsakene til installeringen av disse målerne var at en ved hjelp av økonomiske insentiver (variable strømpriser) skulle få til et jevnere forbruk av elektrisitet. I praksis vil det si at en ønsket å flytte en del av forbruket fra dag til natt, og dermed redusere effekttoppene. Spørsmålet er da: Har de smarte målerne ført til en utjevning av forbruket over døgnet?

For å undersøke dette har vi sett på det relative konsumet (r_i) før og etter 1. januar 2019. Som nevnt tidligere (se side 18) er r_i det prosentvise avviket i time i fra gjennomsnittsförbruket (\bar{c}) i time i det døgnet. Siden det har vært høye elektrisitetspriser i NO1 og lavere i NO4 har vi valgt å undersøke begge områdene. Dette er fordi prisene kan ha hatt innvirkning på i hvor stor grad befolkningen har vært villige til å endre forbruket sitt.

Tabell 20: Det gjennomsnittlige relative konsumet (r_i) i NO1 og NO4 før og etter 01.01.2019. Tabellen viser også antall observasjoner og standardavviket.

Variable	Obs	Mean	Std.
No1 før 01.01.2019	52578	9,7144	5,94847
No1 etter 01.01.2019	27717	8,9961	5,58203
No4 før 01.01.2019	52578	4,3899	2,89186
No4 etter 01.01.2019	27717	4,1939	2,93167

Som man kan se i tabell 20 var det prosentvise avviket i NO1 fra døgnsgjennomsnittet 9,7144 før 1.

januar 2019. Konsumet er bedre fordelt utover døgnet etter 1. januar 2019, med et prosentvis avvik på 8,9961. Også i NO4 det gjennomsnittlige avviket blitt redusert, fra 4,3899 før 2019 til 4,1939 etter. Dette kan tyde på at AMS-målerne har hatt en innvirkning på konsumet til folk, men kan vi si dette med sikkerhet?

Vi utfører en hypotesetest, også kalt signifikanstest, for hvert av de to datasettene. «En signifikanstest beregner sannsynligheten for at tilfeldigheter kan ha skapt samvariasjonen mellom x og y i utvalget» [65]. «Testingen innebærer at det formuleres en nullhypotese (H_0), som er det motsatte av den hypotesen som skal testes (H_1)» [11]. I vårt tilfelle blir derfor nullhypotesen (H_0) at innstalleringen av de smarte målerne ikke har hatt noe påvirkning på fordelingen av konsumet gjennom døgnet, og alternativhypotesen (H_1) at det har hatt en påvirkning. Målet er å kunne forkaste nullhypotesen og dermed styrke alternativhypotesen. Dersom gjennomsnittet er likt for begge dataene i en test kan vi ikke forkaste nullhypotesen.

Ved utførelse av en slik hypotesetest er de to ulike typer feil man kan gjøre, kalt type I og type II feil. En type I feil vil si at man har forkastet nullhypotesen selv om denne egentlig stemmer. α angir sannsynligheten for at gjøre en type I feil. Et annet ord for α er signifikansnivå og dette nivået er ofte satt til 0,05, 0,01 eller 0,001. En type II feil er når man ikke forkaster nullhypotesen når man egentlig burde gjort det. Sannsynligheten for å gjøre en type II feil er angitt av β . I de fleste tilfeller er det mer alvorlig å gjøre en type I feil enn en type II feil. På bakgrunn av dette settes signifikansnivået α som regel lavt. Det er verdt å nevne at lavere sannsynlighet α gir høyere sannsynlighet β .

For å svare på dette må vi beregne verdien av t i begge tilfellene. Vi utfører en t -test på samme måte som i seksjon 7.2. I NO1 får vi en t -verdi på 16,945 og i NO4 en t -verdi på 9,051. Med de t -verdien kan vi med stor sikkerhet si at det har vært en endring i fordelingen av konsumet gjennom døgnet før og etter 1. januar 2019.

17.1 Justert forbruk for å utnytte allerede eksisterende nett

Informasjonen vi har funnet tyder på at utbygging og forbedring av det nasjonale kraftnettet ikke har klart å holde samme tempo som elektrifiseringen av samfunnet. Selv om klima og miljø har vært i fokus i politikken i lang tid, har ikke netteierne valgt å forberede seg på økt etterspørsel. At prosesser og kjøretøy elektrifiseres resulterer i at forbrukerne trenger mer strøm. Hvis vi studerer grafene over konsum ser vi at det er klare forskjeller i hvilke tidsrom vi belaster nettet. Et forsøk fra myndighetene på å balansere dette forbruket er å innføre smarte strømmålere. Med dette verktøyet har sluttbrukere muligheten til å utjevne forbruksmønsteret gjennom døgnet. Med individuell informasjon pr. husstand kan vi selv få oversikt over når, og hvor mye strøm vi bruker. Når belastningen på nettet fordeles utover døgnet, ved eksempelvis å ta klesvasken eller lade elbilen på natten, blir ikke etterspørselen så stor på morgenen og ettermiddagen. Dette gir netteierne bedre tid til å ruste opp og bygge ut kraftnettet.

18 Konklusjon

Etter grafisk fremstilling av innsamlede data kan vi se hvordan ulike faktorer samvarierer med hverandre. Med en oversikt over korrelasjoner kan vi med høyere sikkerhet fremme forslag om hvilke faktorer som konsum, temperatur og pris påvirker mest og til hvilken tid.

Det er mange faktorer som påvirker svingningene i pris og konsum, den sterkeste korrelasjonen til forbruket er temperatur. AMS-målerene har bidratt til et mer stabilt forbruk. Vi kan konkludere med en ekstrem økning i prisen fra andre halvdel av 2021 og at svingningene har blitt større. Vi vil anbefale en videre forskning på hvilke faktorer som styrer pris og konsumet og hvordan svingningene kan stabilisere seg.

Sintef tok grundig feil i sin rapport fra 2018 i sitt estimat om hvorvidt utenlandskablene ville føre til økte strømpriser eller ikke.

Å koble seg til et større marked som Norge gjorde i 2021 bidrar til å gjøre situasjonen mer kompleks. Basert på våre funn:

1. Prisstigning
2. Balansen mellom import og eksport
3. Uenighet i fagmiljøet

kan vi ikke med sikkerhet konkludere i hvilken grad utenlandskablene alene har påvirket strømprisen. Vi antar at de har bidratt i stor grad til å påvirke det norske strømmarkedet. Vi kan enda ikke se hvordan prisene vil bli på lang sikt, men på kortsikt har de økt betraktelig mer enn 1,5 til 2 øre.

Referanser

- [1] Kaare Aksnes. «årstider snl.no/årstider». I: (2021).
- [2] Alcoa. «Operating with Excellence and Caring for People around the globe <https://www.alcoa.com/global/en/who-we-are/locations>». I: ().
- [3] Espen Andersen og Ane Margrete Tømmerås. «Familier og husholdninger <https://www.ssb.no/befolkning/barn-familier-og-husholdninger/statistikk/familier-og-husholdninger>». I: (2021).
- [4] Alf O. Ask. *Dyr tysk kullkraft økte strømprisen i Norge, men Statkraft tror på lavere strømpriser fremover* <https://www.aftenposten.no/okonomi/i/ngEq1o/dyr-tysk-kullkraft-oekte-stroemprisen-i-norge-men-statkraft-tror-paa-lavere-stroempriser-fremover>.
- [5] Johannes D. Beer. «GRUNNVARME <https://www.ngu.no/emne/grunnvarme>». I: (2020).
- [6] Geir. S Braut og Sirianne Dahlum. *regresjonsanalyse* <https://snl.no/regresjonsanalyse>.
- [7] Anders L. Brenna. *-Vi har kraftoverskudd, men strømmettet er en enorm nasjonal flaskehals* <https://enerwe.no/brus-elektrifisering-norsk-sokkel/vi-har-kraftoverskudd-men-stromnettet-er-en-enorm-nasjonal-flaskehals/399359>.
- [8] Anders L. Brenna. *Hvor mange strømkabler har Norge til utlandet?* <https://enerwe.no/hvor-mange-stromkabler-har-norge-til-utlandet/166390>.
- [9] Anders L. Brenna. *Norge må overby europeiske strømpriser dersom det blir strømkrise* <https://www.europower-energi.no/produksjon/norge-ma-overby-europeiske-strompriser-dersom-det-blir-stromkrise/2-1-1098170>.
- [10] Laszlo P. Csernai og Jan S. Vaagen. «Bærekraftig utvikling og energi <https://www.idunn.no/doi/abs/10.18261/issn.1504-3118-2018-02-05>». I: *Naturen* 142.2 (2018), s. 68–73.
- [11] Sirianne Dahlum og Sigmund Grønmo. *Hypotesetesting* <https://snl.no/hypotesetesting>.
- [12] Olje- og energidepartementet. *Forskrift om endring i forskrift om måling, avregning og samordnet opptreden ved kraftomsetning og fakturering av netjtjenester* <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2011-06-24-726>.
- [13] Olje- og energidepartementet. «Kraftproduksjon <https://energifaktanorge.no/norsk-energiforsyning/kraftforsyningen/#vannkraft>». I: (2022).
- [14] Norges vassdrags- og energidirektorat. «Om magasinstatistikken <https://www.nve.no/energi/analyser-og-statistikk/om-magasinstatistikken/>». I: (2021).
- [15] Nicolai Feilber og Bjørn Grinden. «Ny kunnskap om fordeling av strømforbruket <https://www.sintef.no/globalassets/upload/energi/nyhetsbrev/ny-kunnskap-om-fordeling-av-stromforbruket.pdf>». I: (2006).
- [16] Kristin Fredriksen. *Vi bruker mindre strøm hjemme* <https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/vi-bruker-mindre-strom-hjemme>.
- [17] Lars Galtung. *Nord Pool og kraftmarkedet* <https://www.idunn.no/doi/10.18261/ISSN1504-3045-2007-06-05>.

- [18] Christer Gilje. *De Facto tar feil om de høye strømprisene* <https://klassekampen.no/utgave/2022-05-28/debatt-de-facto-tar-feil-om-de-hoye-stromprisene>.
- [19] Lars Grinde mfl. «Været i Norge». I: *MET info* 13 (2021).
- [20] THEMA Consulting Group. *FORNYBARUTBYGGING OG MELLOMLANDSFORBINDELSER MOT 2020* <https://docplayer.me/11945799-Fornybarutbygging-og-mellomlandsforbindelser-mot-2020.html>.
- [21] Ingeborg Graabak. *Funksjonsbeskrivelse full-skala utbygging av Avanserte Måle- og Styringsystemer (AMS), Februar 2008 Sintef*.
- [22] Guro Gøtterud og Arne Venjum. *Smarte målere* http://publikasjoner.nve.no/rapport/2019/rapport2019_24.pdf.
- [23] Jo H. Halleraker. *Effektkjøring - kraftverk i Store norske leksikon på snl.no* https://snl.no/effektkjøring_-_kraftverk.
- [24] Ole T. Hansen, Andreas Tjernshaugen og Erik Bolestad. «fylke i Store norske leksikon <https://snl.no/fylke>». I: (2022).
- [25] Lars Haukeli Ingrid E. Grinde mfl. *Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2021-2040* https://publikasjoner.nve.no/rapport/2021/rapport2021_29.pdf.
- [26] Kjetil M. Hovland. *I natt fikk du penger for å bruke strøm andre gang i historien* <https://e24.no/olje-og-energi/i/VqqaJr/i-natt-fikk-du-penger-for-aa-bruke-stroem-andre-gang-i-historien>.
- [27] Kjetil M. Hovland. *Ruster opp kraftnettet for milliarder:-Et historisk høyt nivå* <https://e24.no/olje-og-energi/i/gPm10B/ruster-opp-kraftnettet-for-milliarder-et-historisk-hoeyt-nivaa>.
- [28] Kjetil M. Hovland. *Stadig dyrere å slippe ut klimagasser:- Tror mange har fått tilbake troen* <https://e24.no/det-groenne-skiftet/i/6zX7BW/stadig-dyrere-aa-slippe-ut-klimagasser-tror-mange-har-faatt-tilbake-troen>.
- [29] Johannes Idsø. «Growth and Economic Performance of the Norwegian Wind Power Industry and Some Aspects of the Nordic Electricity Market». I: *Energies* 14.9 (2021).
- [30] Johannes Idsø. *Marked, miljø og økonomisk styring, 2. desember 2021, (Forelesningsnotat)*.
- [31] Johannes Idsø. *Økonometri* <https://snl.no/økonometri>.
- [32] Dag Kessel og Geir O. Slåen. «70 grader forskjell mellom sommer og vinter <https://www.nrk.no/innlandet/70-grader-forskjell-mellom-sommer-og-vinter-1.14638036>». I: (2019).
- [33] Elise Kjørstad. *Mange land i Europa er på god vei til å kvitte seg med kullkraft* <https://forskning.no/energi-klima/mange-land-i-europa-er-pa-god-vei-til-a-kvitte-seg-med-kullkraft/1625642>.
- [34] Valentin Koestler mfl. *Det svinger mer med fornybar strøm* https://publikasjoner.nve.no/rapport/2020/rapport2020_44.pdf.
- [35] Store Norske Leksikon. *Alternativkostnad* <https://snl.no/alternativkostnad>.
- [36] Store Norske Leksikon. «Tabell over næringsinndeling <https://www.ssb.no/statbank/table/13472/tableViewLayout1/>». I: ()

- [37] Ingunn Mjønerud. *Slik bestemmes dagens strømpris* strom.no/dagens-strømpris.
- [38] Aslak Mæland og Ine Oma. «Slik virker det: Hvorfor går strømprisen opp?» <https://www.statkraft.no/nyheter/nyheter-og-pressemeldinger/arkiv/2021/slik-virker-det-hvorfor-gar-stromprisen-opp/>. I: ()
- [39] N.N. *eksplosiv vekst i strøm etterspørsel* <https://www.lysekonsern.no/om-oss/nyhetsarkiv/eksplosiv-vekst-i-strom-etterspørsel>.
- [40] N.N. «Forbrukstabell ssb.no/statbank/table/08311/tableViewLayout1/». I: (2020).
- [41] N.N. *Frykten for nye utenlandskabler er grunnløs* https://www.sintef.no/siste-nytt/2018/frykten-for-nye-utenlandskabler-er-grunnlos/?fbclid=IwAR3jn7UHsJxOuvpJI-N_A0khB5PMRAsXQ_7dUh9yI40qSiw8YCnjOKL0MA.
- [42] N.N. *Hvorfor har Europa høye strømpriser?* <https://www.energinorge.no/nyheter/2021/hvorfor-har-europa-hoye-strompriser/>.
- [43] N.N. *Hvorfor har vi prisområder?* <https://www.statnett.no/om-statnett/bli-bedre-kjent-med-statnett/om-strompriser/fakta-om-prisomrader/>.
- [44] N.N. «Hydro i Norge <https://www.hydro.com/no-NO>». I: ()
- [45] N.N. *Kraftpriser i Norge uten handel med utlandet* https://www.nve.no/Media/7167/2018_08_16_notat-om-kraftpriser-uten-handelsmuligheter.pdf.
- [46] N.N. *Kraftproduksjon* <https://energifaktanorge.no/norsk-energiforsyning/kraftforsyningen/>.
- [47] N.N. *Norsk vannkraftshistorie på 5 minutter* <https://www.regjeringen.no/no/tema/energi/fornybar-energi/norsk-vannkraftshistorie-pa-fem-minutter/id2346106/>.
- [48] N.N. «Om Aluminiumsbransjen <https://www.norskindustri.no/bransjer/aluminium/om-aluminiumsbransjen/>». I: ()
- [49] N.N. *primærnæringer* <https://snl.no/primærnæringer>.
- [50] N.N. *Risiko 2020* https://nsm.no/getfile.php/131421-1587034764/Hermans%20undermappe%20med%20bilder/NSM_Risiko_2020_web_0104.pdf.
- [51] N.N. *Slik er saksgangen i en kraftutbyggingssak* <http://miljojuss.no/tema/kraftlinjer/>.
- [52] N.N. *Slik fungerer kraftsystemet* <https://www.statnett.no/om-statnett/bli-bedre-kjent-med-statnett/slik-fungerer-kraftsystemet/>.
- [53] N.N. *Slik påvirkes strømprisen* <https://norgesenergi.no/stromsmart/dette-pavirker-stromprisen/>.
- [54] N.N. *Smarte strømmålere AMS* <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/kunde/strom/stromkunde/smarte-strommalere-ams/>.
- [55] N.N. *tertiærnæringer* <https://snl.no/tertiærnæringer>.
- [56] N.N. *Økonomiprofessor: Regjeringen er nødt til å stramme inn* <https://e24.no/norsk-oekonomi/i/wOzom4/oekonomiprofessor-regjeringen-er-noedt-til-aa-stramme-inn>.
- [57] Knut A. Rosvold. *Pumpekraftverk* <https://snl.no/pumpekraftverk>.
- [58] Knut A. Rosvold. *Systempris* <https://snl.no/systempris>.
- [59] Knut A. Rosvold og Knut Hoftsad. *Varmekraft* <https://snl.no/varmekraftverk>.

- [60] Statnett. «Et elektrisk Norge - fra fossilt til strøm <https://www.statnett.no/globalassets/foraktorer-i-kraftsystemet/planer-og-analyser/et-elektrisk-norge-fra-fossilt-til-strom.pdf>». I: (2019), s. 13.
- [61] Gerhard Stoltz og Martin E. Andresen. *Etterspørsel* <https://snl.no/ettersp%C3%B8rsel>.
- [62] Strøm.no. *Kullkraft – fortsatt verdens største strømkilde* <https://strom.no/kullkraft-strøm>.
- [63] Jan Sørensen. *Vannkraftkonsesjoner som kan revideres innen 2022*. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M49/M49.pdf>.
- [64] Berit Tennbakk. *Om markedsmekanismen og marginalprising i kraftmarkedet* <https://www.energinorge.no/contentassets/11503abaf8ea469fa749e13b4794c673/thema-notat-2022-01-markedsmekanismen-i-kraftmarkedet.pdf>.
- [65] Christer Thrane. «Statistisk dataanalyse på 1-2-3». I: *Naturen* 142.2 (2018), s. 68–73.
- [66] Svein Tønseth. *Norge som grønt batteri"?* <https://www.sintef.no/siste-nytt/2010/norge-som-gront-batteri/>.
- [67] Arne Venjum, Thor E. Grammeltvedt og Edna Grepperud. *Avanserte måle- og styringssystem AMS* https://publikasjoner.nve.no/dokument/2008/dokument2008_12.pdf.
- [68] Ellen S. Viseth. *Lyse: 15 TWh rant på havet i 2020* <https://www.tu.no/artikler/lyse-15-twh-rant-pa-havet-i-2020/504654?key=SXmU1oij>.
- [69] Trond Winther mfl. «Grunnleggende bedriftsøkonomi». I: (2019), s. 71.
- [70] Andreas Thon Aasheim og Daniel J. Willoch. *Norge har for lite fornybar energi* <https://enerwe.no/andreas-thon-aasheim-daniel-j-willoch-norwea/norge-har-for-lite-fornybar-energi/315019>.

19 Vedlegg

Vedlagt er noen av syntax-filene fra SPSS som vi har brukt til å fremstille grafene i denne oppgaven.

```

DATASET ACTIVATE DataSet1.
FILTER OFF.
USE ALL.
EXECUTE.

* Custom Tables.
CTABLES
/VLABELS VARIABLES=Time kons_NO1 kons_NO2 kons_NO3 kons_NO4 kons_NO5 DISPLAY=LABEL
/TABLE Time BY kons_NO1 [MEAN] + kons_NO2 [MEAN] + kons_NO3 [MEAN] + kons_NO4 [MEAN] + kons_NO5
[MEAN]
/CATEGORIES VARIABLES=Time ORDER=A KEY=VALUE EMPTY=EXCLUDE
/CRITERIA CILEVEL=95.

* Custom Tables.
CTABLES
/VLABELS VARIABLES=Ukedag kons_NO1 kons_NO2 kons_NO3 kons_NO4 kons_NO5 DISPLAY=LABEL
/TABLE Ukedag BY kons_NO1 [MEAN] + kons_NO2 [MEAN] + kons_NO3 [MEAN] + kons_NO4 [MEAN] + kons_NO5
[MEAN]
/CATEGORIES VARIABLES=Ukedag ORDER=A KEY=VALUE EMPTY=EXCLUDE
/CRITERIA CILEVEL=95.

* Custom Tables.
CTABLES
/VLABELS VARIABLES=Måned kons_NO1 kons_NO2 kons_NO3 kons_NO4 kons_NO5 DISPLAY=LABEL
/TABLE Måned BY kons_NO1 [MEAN] + kons_NO2 [MEAN] + kons_NO3 [MEAN] + kons_NO4 [MEAN] + kons_NO5
[MEAN]
/CATEGORIES VARIABLES=Måned ORDER=A KEY=VALUE EMPTY=EXCLUDE
/CRITERIA CILEVEL=95.

* Custom Tables.
CTABLES
/VLABELS VARIABLES=År Lufttemp_Oslo Lufttemp_Bergen Lufttemp_Krs Lufttemp_Trheim Lufttemp_Tromsø
DISPLAY=LABEL
/TABLE År BY Lufttemp_Oslo [MEAN] + Lufttemp_Bergen [MEAN] + Lufttemp_Krs [MEAN] + |
Lufttemp_Trheim [MEAN] + Lufttemp_Tromsø [MEAN]
/CATEGORIES VARIABLES=År ORDER=A KEY=VALUE EMPTY=EXCLUDE
/CRITERIA CILEVEL=95.

* Custom Tables.
CTABLES
/VLABELS VARIABLES=Måned Lufttemp_Oslo Lufttemp_Bergen Lufttemp_Krs Lufttemp_Trheim
Lufttemp_Tromsø DISPLAY=LABEL
/TABLE Måned BY Lufttemp_Oslo [MEAN] + Lufttemp_Bergen [MEAN] + Lufttemp_Krs [MEAN] +
Lufttemp_Trheim [MEAN] + Lufttemp_Tromsø [MEAN]
/CATEGORIES VARIABLES=Måned ORDER=A KEY=VALUE EMPTY=EXCLUDE
/CRITERIA CILEVEL=95.

```

Figur 33: Utklipp av syntax-fil.

```

* Custom Tables.
CTABLES
/VLABELS VARIABLES=Time Lufttemp_Oslo Lufttemp_Bergen Lufttemp_Krs Lufttemp_Trheim
Lufttemp_Tromsø DISPLAY=LABEL
/TABLE Time BY Lufttemp_Oslo [MEAN] + Lufttemp_Bergen [MEAN] + Lufttemp_Krs [MEAN] +
Lufttemp_Trheim [MEAN] + Lufttemp_Tromsø [MEAN]
/CATEGORIES VARIABLES=Time ORDER=A KEY=VALUE EMPTY=EXCLUDE
/CRITERIA CILEVEL=95.

USE ALL.
COMPUTE filter_$=(År = 2013).
VARIABLE LABELS filter_$ 'År = 2013 (FILTER)'.
VALUE LABELS filter_$ 0 'Not Selected' 1 'Selected'.
FORMATS filter_$ (f1.0).
FILTER BY filter_$.
EXECUTE.

CORRELATIONS
/VARIABLES=Lufttemp_Oslo kons_NO1
/PRINT=TWOTAIL NOSIG FULL
/MISSING=PAIRWISE.

FILTER OFF.
USE ALL.
EXECUTE.

* Custom Tables.
CTABLES
/VLABELS VARIABLES=År Pris_Oslo Pris_Bergen Pris_Krs Pris_Trheim Pris_Tromsø DISPLAY=LABEL
/TABLE År BY Pris_Oslo [MEAN] + Pris_Bergen [MEAN] + Pris_Krs [MEAN] + Pris_Trheim [MEAN] +
Pris_Tromsø [MEAN]
/CATEGORIES VARIABLES=År ORDER=A KEY=VALUE EMPTY=EXCLUDE
/CRITERIA CILEVEL=95.

* Custom Tables.
CTABLES
/VLABELS VARIABLES=Time Pris_Oslo Pris_Bergen Pris_Krs Pris_Trheim Pris_Tromsø DISPLAY=LABEL
/TABLE Time BY Pris_Oslo [MEAN] + Pris_Bergen [MEAN] + Pris_Krs [MEAN] + Pris_Trheim [MEAN] +
Pris_Tromsø [MEAN]
/CATEGORIES VARIABLES=Time ORDER=A KEY=VALUE EMPTY=EXCLUDE
/CRITERIA CILEVEL=95.

```

Figur 34: Utklipp av syntax-fil.

```

USE ALL.
COMPUTE filter_$=(År = 2013).
VARIABLE LABELS filter_$ 'År = 2013 (FILTER)'.
VALUE LABELS filter_$ 0 'Not Selected' 1 'Selected'.
FORMATS filter_$ (f1.0).
FILTER BY filter_$.
EXECUTE.

CORRELATIONS
/VARIABLES=Lufttemp_Oslo Pris_Oslo
/PRINT=TWOTAIL NOSIG FULL
/MISSING=PAIRWISE.

CORRELATIONS
/VARIABLES=Pris_Oslo kons_NO1
/PRINT=TWOTAIL NOSIG FULL
/MISSING=PAIRWISE.

FILTER OFF.
USE ALL.
EXECUTE.

* Custom Tables.
CTABLES
/VLABELS VARIABLES=År ProduksjonNO1 ProduksjonNO2 ProduksjonNO3 ProduksjonNO4 ProduksjonNO5
DISPLAY=LABEL
/TABLE År BY ProduksjonNO1 [MEAN] + ProduksjonNO2 [MEAN] + ProduksjonNO3 [MEAN] + ProduksjonNO4
[MEAN] + ProduksjonNO5 [MEAN]
/CATEGORIES VARIABLES=År ORDER=A KEY=VALUE EMPTY=EXCLUDE
/CRITERIA CILEVEL=95.

* Custom Tables.
CTABLES
/VLABELS VARIABLES=År Magasinfylling_p DISPLAY=LABEL
/TABLE År BY Magasinfylling_p [MEAN]
/CATEGORIES VARIABLES=År ORDER=A KEY=VALUE EMPTY=EXCLUDE
/CRITERIA CILEVEL=95.

```

Figur 35: Utklipp av syntax-fil.

```

USE ALL.
COMPUTE filter_$=(Måned = 10 OR Måned = 11 OR Måned = 12 OR Måned = 1 OR Måned = 2 OR Måned = 3).
VARIABLE LABELS filter_$ 'Måned = 10 OR Måned = 11 OR Måned = 12 OR Måned = 1 OR Måned = 2 OR '+
'Måned = 3 (FILTER)'.
VALUE LABELS filter_$ 0 'Not Selected' 1 'Selected'.
FORMATS filter_$ (f1.0).
FILTER BY filter_$.
EXECUTE.

USE ALL.
COMPUTE filter_$=(Måned = 4 OR Måned = 5 OR Måned = 6 OR Måned = 7 OR Måned = 8 OR Måned = 9).
VARIABLE LABELS filter_$ 'Måned = 4 OR Måned = 5 OR Måned = 6 OR Måned = 7 OR Måned = 8 OR Måned '+
'= 9 (FILTER)'.
VALUE LABELS filter_$ 0 'Not Selected' 1 'Selected'.
FORMATS filter_$ (f1.0).
FILTER BY filter_$.
EXECUTE.

```

Figur 36: Utklipp av syntax-fil.

```

USE ALL.
COMPUTE filter_$=(År=2022 AND Måned = 2).
VARIABLE LABELS filter_$ 'År=2020 AND Måned = 2 (FILTER)'.
VALUE LABELS filter_$ 0 'Not Selected' 1 'Selected'.
FORMATS filter_$ (f1.0).
FILTER BY filter_$.
EXECUTE.

CORRELATIONS
/VARIABLES=Lufttemp_Oslo Kons_NO1
/PRINT=TWOTAIL NOSIG FULL
/MISSING=PAIRWISE.

USE ALL.
COMPUTE filter_$=(År=2021 AND Måned = 1).
VARIABLE LABELS filter_$ 'År=2020 AND Måned = 2 (FILTER)'.
VALUE LABELS filter_$ 0 'Not Selected' 1 'Selected'.
FORMATS filter_$ (f1.0).
FILTER BY filter_$.
EXECUTE.

CORRELATIONS
/VARIABLES=Lufttemp_Oslo Kons_NO1
/PRINT=TWOTAIL NOSIG FULL
/MISSING=PAIRWISE.

```

Figur 37: Utklipp av syntax-fil.