

Eirik Hernes Berre og Annabel Garred

Norsk leveringspålidelighet er for god

Overestimerer dagens KILE-satser den samfunnsøkonomiske kostnaden av strømbrudd i handels- og tjenestenæringen?

Masteroppgave i Samfunnsøkonomi

Veileder: Ragnar Torvik, Rolf Korneliussen og Matthias Hofmann

Mai 2020

Eirik Hernes Berre og Annabel Garred

Norsk leveringspålitelighet er for god

Overestimerer dagens KILE-satser den samfunnsøkonomiske kostnaden av strømbrydd i handels- og tjenestenæringen?

Statnett

Masteroppgave i Samfunnsøkonomi

Veileder: Ragnar Torvik, Rolf Korneliussen og Matthias Hofmann

Mai 2020

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Fakultet for økonomi

Institutt for samfunnsøkonomi



Kunnskap for en bedre verden

Forord

Denne oppgaven markerer slutten på vårt masterstudie i samfunnsøkonomi ved NTNU. Oppgaven er skrevet i samarbeid med Statnett og omhandler alternative metoder for å beregne den samfunnsøkonomiske kostnaden av et strømbrudd.

Denne oppgaven er større enn noe arbeid vi har gjort tidligere. Vi utarbeidet problemstillingen i samarbeid med Statnett høsten 2019. Metoden vi presenterer i oppgaven, for å estimere den samfunnsøkonomiske kostnaden av et strømbrudd, har vi utarbeidet selv med inspirasjon fra eksisterende litteratur. Det var spesielt utfordrende å bygge et datasett som både passet metoden vår og produserte resultater som var sammenlignbare med dagens metoder.

Vi ønsker å takke veilederen vår ved institutt for samfunnsøkonomi ved NTNU, Ragnar Torvik, for gode diskusjoner rundt våre samfunnsøkonomiske problemstillinger og disponering av oppgaven. Veiledningen har vært oppmuntrende og gitt rom for å stille de ”dumme spørsmålene”. Tusen takk til Ingunn og Magne fra SSB som har hjulpet oss å navigere SSBs databaser. Matthias Hofmann og Rolf Korneliussen i Statnett har vært eksterne biveiledere og har bidratt til å forme problemstillingen, gi tilgang til litteratur på området samt diskusjon rundt det teoretiske rammeverket. De har fungert som vårt kompass i energiverdenen og vi hadde gått oss vill uten deres veiledning.

Vi ønsker også å takke våre kjære venner på lesesalen for gode diskusjoner, lunsjpauser og kakefredag. Takk til familie og venner for støtten gjennom opp og nedturen i studietiden.

Sammendrag

Denne oppgaven ser på dagens ordning for å beregne de samfunnsøkonomiske kostnadene av et strømbrydd, KILE-satsene. KILE-satsene benyttes til å regulere nettselskaper og vurdere nytte-kostnadsforholdet i utbyggingen av strømnettet i Norge. Vår hypotese er at dagens metode overestimerer de samfunnsøkonomiske kostnadene av et strømbrydd i handels- og tjenestenæringen i Norge. Vi tar utgangspunkt i en produktfunksjon og utvikler en alternativ metode for å estimere kostnadene av et strømbrydd. Med makrodata fra Norge mellom 2008 og 2017 estimerer vi alternative satser for kostnadene av et strømbrydd. For å sammenligne resultatene våre med dagens KILE-satser benytter vi data for strømbruk fra Nord Pool i perioden 2013 til 2019 og regner ut gjennomsnittlig timesforbruk for handel- og tjenestenæringen. Modellen benyttet i denne oppgaven estimerer et betydelig lavere samfunnsøkonomisk tap enn dagens satser. Resultatene våre er i tråd med hypotesen vår, at dagens KILE-satser overestimerer den samfunnsøkonomiske kostnadene av et strømbrydd i handels- og tjenestenæringen.

Nøkkelord: elektrisitet, KILE-satser, KILE-ordningen, strømbrydd, samfunnsøkonomiske kostnader, handel- og tjenestesektoren

Abstract

This thesis examines the current method of calculating the economic costs of a power outage, KILE. KILE is used by the Norwegian government in regulating the operations of the electrical grids in Norway, and in calculating the cost – benefit ratio of expanding the electrical grid. We hypothesize that the current method overestimates the economic costs of a power outage in the market for goods and services. We use a production function to develop an alternative method of calculating the economic costs of an outage. With macro-data from Norway in the period from 2008 to 2017 we create alternative cost estimates of power outages in Norway. In order to compare our estimates with KILE we have collected data from Nord Pool from 2013 to 2019 and calculated the average hourly electricity consumption. The model presented in this paper estimate a considerably lower economic loss compared to today's KILE. Our results support our hypothesis, that the current method overestimates the economic costs of a power outage in the marked of commodities and services.

Keywords: electriscity, KILE, power outage, economic cost, goods and services

Innhold

1	Innledning	1
1.1	Norsk Kraftforsyning	3
1.2	Verdien av sikker strømforsyning	4
1.2.1	Energimarkedet	4
1.2.2	Kostnader for sluttbruker	5
1.3	Metoder for kostnadsberegninger	6
1.3.1	Spørreundersøkelser	7
1.3.2	Markedsmetoder	7
1.3.3	Produktfunksjonsmetoden	8
1.4	Problemstilling	8
2	Myndighetenes tilnærming	9
2.1	Markedssvikt	9
2.1.1	Naturlig monopol	9
2.1.2	Kollektivt gode	11
2.1.3	Eksternaliteter	11
2.2	Myndighetenes regulering av markedet	12
2.2.1	KILE-ordningen	12
2.2.2	Handels- og tjenestenæringen	14
3	Dagens metode	16
3.1	Optimal metode	16
3.1.1	Samfunnsøkonomiske kostnader	16
3.1.2	Feilmarginer og usikkerhet	19
3.1.3	Gjennomførbarhet	19
3.2	Dagens satser	20
4	Vår metode	23
4.1	Cobb-Douglas produktfunksjon	23

4.2	Regresjonsmodell	24
4.2.1	Datasett	24
4.2.2	Presentasjon av modeller	25
4.2.3	Modellvalg	28
4.3	Omregning av resultater	30
4.3.1	Prediksjonsmetoden	30
4.3.2	Prosentmetoden	31
5	Resultater	33
5.1	Kostnaden av et strømbrudd	33
5.2	Forskjeller mellom handelsnæringen og tjenestenæringen	35
6	Diskusjon	37
6.1	Innbyrdes konsistens	37
6.2	Vår metode underestimerer	38
6.3	KILE-satsene overestimerer	40
6.4	Konklusjon	41
6.5	Videre analyser	41
6.5.1	Sluttbrukergruppen handels- og tjenestenæringen	42
6.5.2	Forskjell mellom fylker	43
7	Veien videre	44
7.1	Datasett	44
7.2	Økonometriske utfordringer	46
7.3	KILE-satsene	47
7.4	Avsluttende anbefalinger	47
A	Appendiks	50
A.1	Konsekvenser av strømbrudd ved ulike tidsperioder	50
A.2	Kategorisering av handels- og tjenestesektoren	52
A.3	Beregning av KILE-satsene	54
A.4	Forskjeller mellom fylker	57
A.5	Deskriptiv statistikk	60

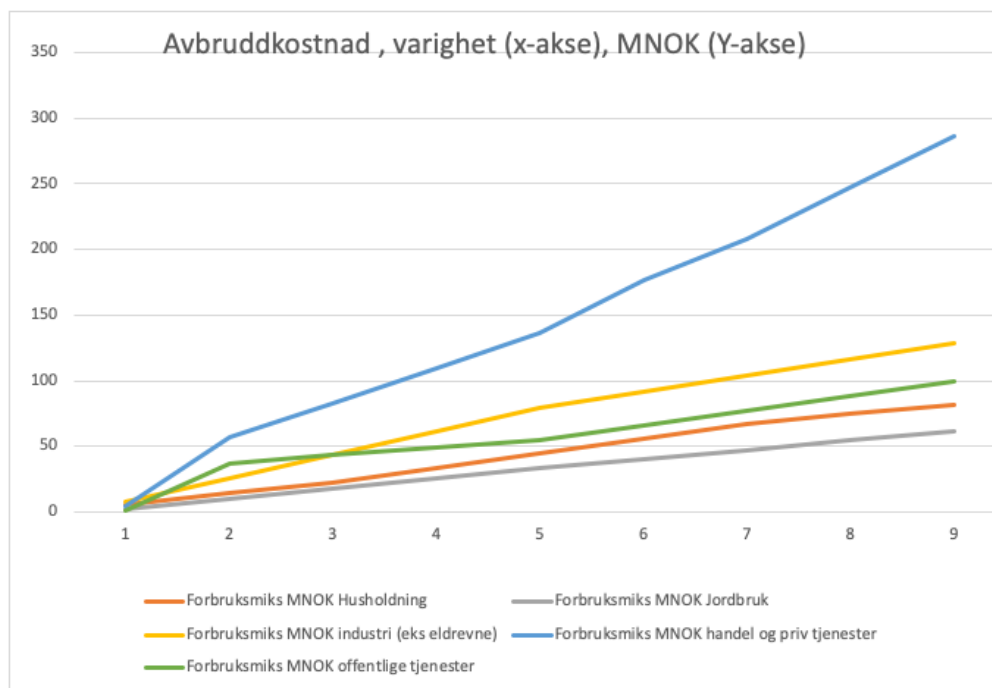
Begreper og definisjoner

KILE	Kvalitetsjusterte inntektsrammer ved ikke-levert energi.
KILE-sats	Spesifikk (normalisert) avbruddskostnad for et avbrudd med en gitt varighet oppgitt kr/kWh eller kr/kW.
Leveringskvalitet	Kvalitet på levering av elektrisitet i henhold til gitte kriterier. Omfatter leveringspålidelighet og spenningskvalitet samt ikke-tekniske elementer som kundeservice mm.
Leveringspålidelighet	Kraftsystemets evne til å levere elektrisk energi til sluttbruker. Leveringspålidelighet er knyttet til hyppighet og varighet av avbrudd i forsyningsspenningen.
GWh	Gigawatttime (1 000 000kWh)
MWh	Megawatttime (1 000 kWh)
kWh	Kilowatttime
Bedriftsøkonomiske kostnader	Direkte kostnader som påfaller bedriften som opplever strømbrytning. Dette kan for eksempel være tapt produksjonstid, tapt salg, tapte varelager eller skader på produkter.
Eksterne virkninger	Konsekvensene strømbrytning i en bedrift påfører resten av samfunnet, kan være både positive og negative.
Samfunnsøkonomiske kostnader	Bedriftsøkonomiske kostnader og eksterne virkninger for resten av samfunnet.

1. Innledning

Statnetts samfunnsoppdrag er å sikre strømforsyningen, bidra til verdiskaping i samfunnet gjennom et effektivt og velfungerende kraftsystem samt tilrettelegge for bruk av elektrisitet slik at Norges klimamål kan realiseres (Statnett, 2018, p. 1). I samarbeid med Statnett ønsker vi å se på de samfunnsøkonomiske kostnadene av et strømavbrudd i handel- og tjenestenæringen, som er målt av KILE-satsene. KILE-satsene bidrar til kostnadseffektiv drift av strømmettet og temaet for denne oppgaven er derfor nært knyttet opp til Statnetts samfunnsoppdrag. Vi hadde et ønske om å skrive en masteroppgave som kunne gi nytte utover erfaringen vi får av å skrive oppgaven. Motivasjonen vår er derfor å bidra i diskusjonen om de samfunnsøkonomiske kostnadene av et strømbrudd. Dette er viktig for kraftbransjen, men også for strømkundene.

Om kostnadene overestimeres vil dette ha implikasjoner både for utviklingen av strømmettet og for driften av nettselskapene. Dersom vi overestimerer kostnaden av et strømtap vil ikke leveringspåliteligheten være samfunnsøkonomisk optimal. Overinvestering i nettutbygging vil ut fra et samfunnsøkonomisk ståsted være sløsing av knappe ressurser. Temaet for oppgaven er særlig relevant i en tid hvor elektrifisering blir sett på en av løsningene på klimaproblemene. Omstillingen fra fossil til fornybar energi krever utbygging i strømmettet. For å sørge for samfunnsøkonomisk optimal utbygging må vi derfor vite samfunnets betalingsvillighet for sikker strømforsyning.



Figur 1.1 – Avbruddkostnader inndelt etter sektor, varighet oppgitt i timer og kostnad i millioner kroner

I figur 1.1 ser vi kostnadene av et strømbrudd for ulike næringer (oppgitt i millioner kroner) og ulik varighet (oppgitt i timer). Ut fra denne figuren ser vi at kostnadene for handel- og tjenestenæringen er mer enn dobbelt så høy som for industrisektoren ved et avbrudd på 9 timer. Kostnadene for handelsnæringen ble oppjustert i 2010 og indikerer at denne næringen har spesielt høy profitt. Dette ga en indikasjon på at satsene kunne være for høye og i samråd med Statnett var dette en problemstilling vi ville undersøke nærmere. Vi vil derfor gjennom denne oppgaven diskutere hvorvidt KILE-satsene for handels- og tjenestenæringen gir gode estimater på de samfunnsøkonomiske kostnadene ved et strømbrudd. Vi har anvendt nye data for å utforske problemstillingen og utviklet et eget datasett med utgangspunkt i tall fra SSB og ENOVA, noe som har medført mye tid og krevet kunnskap om programmering. Med inspirasjon fra eksisterende litteratur har vi utarbeidet en ny metode for å estimere KILE-satsene med makrodata, i stedet for dagens metode med spørreundersøkelser.

I dette kapittelet ønsker vi å gi en innføring i det norske markedet for kraftforsyning. Vi skal først se nærmere på de ulike aktørene i markedet, før vi ser på verdien av sikker strømforsyning og ulike metoder for å estimere kostnadene av et strømbrudd. Avslutningsvis vil vi presentere vår problemstilling.

1.1 Norsk Kraftforsyning

Norsk kraftforsyning kan deles i tre kategorier:

- Produksjon
- Overføring
- Omsetning

Kraftselskapene står for produksjon av energi. Dette kan for eksempel være vann- eller vindkraftverk. De selger energi til næringer og husholdninger og markedet har tilstrekkelig konkurranse til å operere uregulert. Nettselskapene har ansvar for overføring av energi fra kraftselskapene til sluttbrukere ved å bygge, drifte og vedlikeholde strømmettet i Norge. Nettselskapene selger overføring av energi, og dyrere nettleie betyr mer pålitelig strømleveranse. Sluttbrukerne står for omsetning av energi. Det er kundene som kjøper og konsumerer energi som for eksempel husholdninger, butikker og produksjonsanlegg. (Energifakta Norge, 2019)

I denne oppgaven skal vi i hovedsak fokusere på transaksjonen mellom nettselskapene og sluttbrukerne. Reguleringsmyndighetene for energi (RME) regulerer nettselskapenes tilbud av sikker strømforsyning eller leveringspålitelighet gjennom KILE-ordningen, og ikke markedet for energi (transaksjonen mellom kraftselskapene og sluttbrukerne). Dette er en insentivbasert ordning for at nettselskapene ikke skal la nette forvitte, men investere i ”nok nett” til at det ikke blir for mørkt for ofte og for lenge. Vi kommer likevel til å se på verdien av energi, da konsekvensene av et strømbrudd er ikke-levert energi.

Det norske strømmettet kan deles i tre nivåer: transmisjonsnett, regionalnett og distribusjonsnett. Transmisjonsnett frakter strøm fra kraftprodusentene til andre regioner og ut av landet, og opereres av Statnett. Selv om transmisjonsnett i hovedsak ikke leverer strøm til sluttbrukere er det er noen få strømkunder som er direkte knyttet til transmisjonsnett. Dette gjelder kun noen store industribedrifter som Hydro og Equinor. Regionalnett frakter energi fra transmisjonsnett til distribusjonsnett, og direkte til noen store sluttbrukere. Regionalnett er hovedsakelig kommunalt eller fylkeskommunalt eid. Distribusjonsnett frakter energien

til mindre sluttbrukere som husholdninger og bedrifter, og eies av private selskaper. (Energifakta Norge, 2019) I denne oppgaven vil begrepet nettvirksomhet omfatte alle nettnivåene, og alle funksjoner knyttet til utbygging og drift av nettet. All nettvirksomhet er underlagt KILE-ordningen. Videre i oppgaven vil vi omtale alle selskaper som drifter et av disse nettene som nettselskaper og alle nettene som strømnett.

KILE-ordningen har hjemmel i Forskrift om kontroll av nettvirksomhet som er fastsatt av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) i 1999 (“Forskrift om økonomisk og teknisk rapportering, inntektsramme for nettvirksomhet og tariffer”, 1999). Det er i dag RME, en egen enhet under NVE, som har ansvaret for ordningen på vegne av Olje- og energidepartementet. Statnett drifter transmisjonsnettet og er eid av Olje- og energidepartementet. (Energifakta Norge, 2019).

1.2 Verdien av sikker strømforsyning

Sikker strømforsyning (høy leveringspålitelighet) er avgjørende for nesten alle samfunnsoppgaver og -funksjoner i Norge i dag. I denne oppgaven betrakter vi høy leveringspålitelighet som at frekvensen på strømbrudd er lav, og at avbruddene er kortvarige. Innen samfunnsøkonomiske analyser for kraftsystemet er leveringspålitelighet en svært viktig virkning og har blitt behandlet som både en prissatt og ikke prissatt virkning. Den mest anvendte metoden for å kunne behandle denne kostnaden som en prissatt virkning er å estimere kostnaden av strømbruddet (avbruddskostnad). (Vista Analyse, 2018, p. 1)

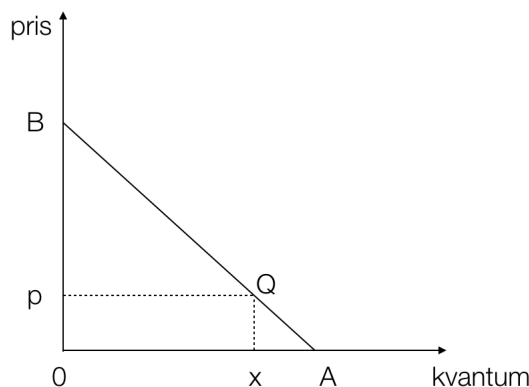
1.2.1 Energimarkedet

Størrelsen på avbruddskostnaden er avhengig av etterspørselen etter elektrisitet. Etterspørselsfunksjonen er fallende i pris og illustrert i figur 1.2. Etterspørselsfunksjonen for elektrisitet gir en sammenheng mellom pris på elektrisitet og kvantum etterspurt, gitt alle andre faktorer som påvirker etterspørselen. Verdien av forbruket kan betegnes med $u(x)$ og er gitt ved arealet $0xQB0$ i figur 1.2. Den totale kostnaden er pris på strøm (p) multiplisert med forbruk av strøm (x). Den maksimerte verdien av $u(x)-px$ kaller vi for konsumentoverskuddet og betegnes med $V(p)$, gitt ved likning:

$$V(p) = \max_x [u(x) - px] \quad (1.1)$$

Konsumentoverskudd kan enkelt defineres som det konsumenten er villig til å betale, minus det konsumenten faktisk betaler. Kostnaden av elektrisitet (px) er gitt ved

areal $0xQp_0$ og nytten ($u(x)$) er gitt ved $0xQB_0$. Konsumentoverskuddet er derfor gitt ved areal $0xQp_0$ i figur 1.2. Konsumentoverskuddet måler brukerens nettoverdi av å konsumere elektrisitet, og er derfor i prinsippet også et mål på avbruddskostnaden. Dette skyldes at kostnaden ved avbrudd er per definisjon tapet av verdien en har av elektrisitetsforbruket. (Vista Analyse, 2019c, pp. 13–14)



Figur 1.2 – Konsumentoverskudd (Vista Analyse, 2019c, p. 14)

1.2.2 Kostnader for sluttbruker

Verdien av trygg strømforsyning kan bli målt i kostnader for sluttbruker ved strømbrudd og spenningsforstyrrelser (Kjølle et al., 2008, p. 1030). Kostnaden ved å tilby en akseptabel kvalitet bør balanseres opp mot verdien av kvaliteten. Nettselskapene er opptatt av hva forbrukerne er villige til å betale for å unngå ulempene ved strømbrudd. Med synkende avkastning av investeringene bør selskapene investere opp til det punktet der den marginale kostnaden er lik den marginale nytten. Verdien av strømforsyning kan deles inn i tre hovedelementer: tilgjengelighet, spenningskvalitet og hurtighet og nøyaktighet.

Alvorlighetsgraden av et strømbrudd er avhengig av omfanget av strømbruddet (MWh), varigheten av avbruddet (timer) og andre faktorer. Omfang og varighet er konsekvensene som er direkte målbare og enklest å predikere. Andre faktorer inkluderer blant annet antall mennesker som blir berørt, liv som går tapt og geografisk nedslagsfelt (Doorman et al., 2004, p. 57). For en mer utfyllende oversikt over eksempler på konsekvenser av avbrudd se appendiks A.1.

1.3 Metoder for kostnadsberegninger

Det finnes mange metoder for å estimere de samfunnsøkonomiske kostnadene knyttet til et strømbrydd. Her vil vi først forklare noen sentrale kostnadsbegreper før vi ser nærmere på ulike metoder for å estimere kostnadene.

Vi deler de samfunnsøkonomiske kostnadene i bedriftsøkonomiske kostnader og eksterne virkninger for resten av samfunnet. De bedriftsøkonomiske kostnadene er kostnader som påfaller bedriften som opplever strømbryddet. Dette kan for eksempel være tapt produksjonstid, tapt salg, tapte varelager eller skader på produkter. Eksterne virkninger er konsekvensene strømbryddet i en bedrift påfører resten av samfunnet og kan være både positive og negative. Resten av samfunnet kan for eksempel være kunder (husholdninger og bedrifter) og konkurrerende bedrifter.

Vi skiller også mellom direkte og indirekte kostnader. Direkte kostnader er kostnader som oppstår som følge av avbruddet. Dette kan for eksempel være redusert produksjon og tapt arbeid. Indirekte kostnader er kostnader bedriften påtar seg for å unngå direkte kostnader. Dette kan for eksempel være forsikringer, innkjøp av reserveaggregat eller større varelager.

Under estimeringen skiller vi mellom prissatte og ikke-prissatte kostnader. Et tapt varelager er det enkelt å prissette, basert på markedsverdien av varene, eller prisen på innsatsfaktorene. Tapt goodwill som følge av at kunder møter en stengt butikk er et eksempel på en ikke-prissatt kostnad, fordi den er vanskelig å prissette. (Hofmann et al., 2010, p. 17) En optimal metode for å estimere de samfunnsøkonomiske kostnadene skal fange opp alle kostnadstyper, bedriftsøkonomiske og eksterne virkninger, direkte og indirekte, og prissatte og ikke prissatte.

Når vi skal estimere kostnadene av et avbrudd skiller vi mellom Bottom-Up og Top-Down metoder. Bottom-Up metoder er de vanligste metodene og bruker data fra et utvalg bedrifter fra gruppen man er interessert i, for eksempel spørreundersøkelser. Dette bruker de til å jobbe seg oppover til et estimat for hele gruppen. Fordelene med Bottom-Up metodene er at man kan se på ulike scenarier, men svarprosenten er ofte lav. Top-Down metodene gjør approksimeringer basert på makrodata, og regner seg nedover. Fordelen med Top-Down metoder er at man får et fullstendig utvalg, men feilmarginene er ofte større. (Hofmann et al., 2010, p. 61)

Her vil vi beskrive tre metoder for estimering av avbruddskostnader. Spørreundersøkelser og Markedsmetoder er Bottom-Up metoder, og Produkt-funksjonsmetoden er en Top-Down metode.

1.3.1 Spørreundersøkelser

Når man estimerer avbruddskostnader med spørreundersøkelser trenger man et representativt utvalg bedrifter fra gruppen man ønsker å undersøke. En typisk undersøkelse ber bedriftene ta stilling til og vurdere, ulike hypotetiske avbruddsscenarier. Her kan man spørre om kostnader avbruddene vil påføre bedriften, eksterne virkninger bedriften tror strømbruddet har for resten av samfunnet og bedriftens betalingsvilje for å unngå eller akseptere ulike scenarier.

Fordelen med spørreundersøkelser er at man kan kontrollere for ulike scenarier. Man kan se på ulike tider på døgnet, lengde på avbrudd og årstider. De som svarer på undersøkelsen er også ofte de som har dypest kunnskap om bedriftens operasjoner. Ulempene er at det er vanskelig å rekruttere nok bedrifter til å svare på undersøkelsene, noe som fører til et dårlig utvalg. De som svarer på spørsmålene tenker ofte ikke på de ikke-prissatte kostnadene, eller de eksterne virkningene for samfunnet. Etttersom respondentene også vet at svarene deres kan påvirke senere kompensasjon ved et strømbrudd, kan de ha et insentiv til å overvurdere konsekvensene av et avbrudd. (Hofmann et al., 2010, pp. 62–72)

1.3.2 Markedsmetoder

Man kan analysere tiltakene bedriftene iverksetter i dag for å unngå konsekvensene av et avbrudd. Tiltakene kan for eksempel være innkjøp av nødaggregat eller forsikringer. Disse tiltakene er omsatt i et marked og kan derfor enkelt prissettes. Teorien er at disse tiltakene avslører bedriftenes betalingsvilje for å unngå et avbrudd. Hvis bedriftene er rasjonelle økonomiske aktører vil de betale akkurat så mye at de er likegyldig mellom avbrudd eller ikke, og prisen de betaler for tiltakene er derfor lik kostnadene ved et avbrudd. Denne metoden er mer aktuell i u-land hvor nettsikkerheten er veldig dårlig, og flere bruker mye penger på preventive tiltak. I Norge er nettsikkerheten såpass god at få bedrifter investerer i slike tiltak. (Hofmann et al., 2010, pp. 62–72) Dette vil være mer relevant dersom vi også hadde inkludert offentlige tjenester i vår analyse, hvor et lite strømavbrudd kan få svært alvorlige konsekvenser, som for eksempel for sykehus.

1.3.3 Produktfunksjonsmetoden

Produktfunksjonsmetoden er basert på forutsetningen om at elektrisitet er en innsatsfaktor i verdiskaping, og at et avbrudd derfor fører til lavere verdiskaping. Metoden antar at bedriftenes verdiproduksjon er direkte proporsjonal med forbruk av energi. Metoden vi har utviklet baserer seg på en produktfunksjon, og vi vil forklare den i detalj i kapittel 4.

1.4 Problemstilling

I denne oppgaven skal vi se nærmere på KILE-ordningen som brukes til å regulere nettselskapene for å sikre samfunnsøkonomisk optimal leveringspålitelighet. Vår problemstilling er:

Overestimerer dagens KILE-satser den samfunnsøkonomiske kostnaden av strømbrudd i handels- og tjenestenæringen?

I kapittel 2 vil vi se nærmere på hvorfor det er et behov for å regulere nettselskapene, og hvordan KILE-ordningen brukes til dette. I kapittel 3 vil vi diskutere utfordringer med dagens ordning og begrunnelsen for vår problemstilling. I kapittel 4 og 5 vil vi presentere vår alternative metode for å estimere kostnadene av et strømbrudd og resultatene våre, før vi i kapittel 6 diskuterer implikasjonene av våre funn for dagens ordning.

2. Myndighetenes tilnærming

Til nå ha vi sett på markedet for kraftforsyning, verdien av leveringspålitelighet, og ulike metoder for å beregne de samfunnsøkonomiske kostnadene av et strømbuud. Siden et strømbuud påfører samfunnet en kostnad, har samfunnet en betalingsvilje for leveringspålitelighet. Vi vil nå se på hvorfor et uregulert marked ikke vil gi et samfunnsøkonomisk optimalt nivå av leveringspålitelighet, samt hvordan myndighetene arbeider for å regulere markedet.

2.1 Markedssvikt

Nettselskapene i Norge er ansvarlige for strømmettet og sørger for at strømmen blir transportert fra kraftprodusent til sluttbruker. Kvaliteten på strømmettet påvirker blant annen leveringspåliteligheten, altså sannsynligheten for et strømbuud. Et strømmett med høy leveringspålitelighet vil ha lav sannsynlighet for et strømbuud som gir konsekvenser for sluttbruker. I denne oppgaven skal vi diskutere KILE-satsene, en metode for å regulere nettselskapene og markedet for leveringspålitelighet. Før vi kan diskutere metoder for å regulere markedet må vi etablere hvorfor vi ønsker å regulere det.

I et fullkomment marked vil regulering føre til effektivitetstap, men dersom et marked er utsatt for markedssvikt kan det være samfunnsøkonomisk lønnsomt å regulere markedet. Med markedssvikt mener vi årsaker til at pris og mengde i markedet for leveringspålitelighet ikke er samfunnsøkonomisk optimalt. Vi skal se på tre årsaker til markedssvikt i markedet for leveringspålitelighet: naturlig monopol, kollektivt gode og eksternaliteter.

2.1.1 Naturlig monopol

Strømmettet i Norge er et naturlig monopol. Et naturlig monopol er en situasjon hvor kostnadskurven til en bedrift har skalafordeler, uavhengig av produksjonsnivå.

Med andre ord vil gjennomsnittlig total kostnad alltid falle (Goolsbee et al., 2013, p. 348). Disse skalafordelene, eller stordriftsfordelene, skaper høye inngangsbarrierer i markedet. Det koster veldig mye å bygge ut strømmettet, men når det er bygget er marginalkostnaden av å levere strøm til en ny kunde veldig lav. Dette medfører at det aldri vil være samfunnsøkonomisk lønnsomt å ha to konkurrerende nettselskaper med hvert sitt parallelle strømmett, og nettselskapene har derfor monopol i sine geografiske områder.

Selv om det ikke er samfunnsøkonomisk lønnsomt å ha to konkurrerende nettselskaper, impliserer dette ikke at et naturlig monopol vil gi samfunnsøkonomisk optimal produksjon. I en monopolsituasjon vil prisen bli for høy og tilbudet for lavt sammenlignet med den samfunnsøkonomisk optimale situasjonen. I et frikonkurransemarked vil optimal samfunnsøkonomisk produksjon være der hvor marginal betalingsvillighet er lik marginal kostnad. Dersom myndighetene regulerer monopoliet og setter pris lik marginal kostnad vil monopoliet gå med underskudd og legge ned. Prisen som gir monopoliet null profitt er å sette pris lik gjennomsnittskostnad.

I et monopol, som Statnett, hvor det er store faste kostnader og produksjonen er ansett for å være svært viktig, er det ikke uvanlig at det offentlige står for driften. Ulempen med dette er at det gir lavere insentiver til kostnadseffektiv produksjon sammenlignet med privat drift. Det er derfor viktig å hindre sløsing av ressurser og ineffektiv styring, noe som ikke kan forsvares fra et samfunnsøkonomisk ståsted. Ved å sette inntektsrammer for nettselskapene gir RME nettselskapene insentiv til å drive kostnadseffektivt. Statnetts kostnader som systemansvarlig omfattes derfor også av disse inntektsrammene.

Økonomisk effektivitet vektlegges i stor grad i inntekstreguleringen. Faren med dette er at leveringskvaliteten, og dermed leveringspåliteligheten, blir skadelidende. Dette er bakgrunnen for KILE-ordningen. Formålet med denne reguleringen er å redusere sannsynligheten for avbrudd i kraftleveransen. Ved å fastsette inntektsrammer for nettselskapene og deretter korrigere disse ut fra leveringskvaliteten vil det gi insentiv til å både drive kostnadseffektivt og samtidig oppnå samfunnsøkonomisk optimal leveringspålitelighet. (Hammer, 2007, pp. 38–39)

Monopolet til nettselskapene påvirker ikke markedet for strøm. For forbrukerne innebærer dette at de har mulighet til å velge mellom ulike strømleverandører, men de har ikke mulighet til å endre nettleverandør. Mange nettselskaper er såkalte

vertikalt integrerte selskaper, det vil si selskaper som har virksomhet innenfor både kraftproduksjon, kraftoverføring og/eller kraftomsetning. For å tydeliggjøre skillet mellom marked og monopol er det fra 2021 stilt krav om at alle nettforetak skal ha gjennomført selskapsmessig skille. (Olje- og energidepartementet, 2019)

2.1.2 Kollektivt gode

Selv med et marked for leveringspålidelighet er det visse egenskaper ved godet som kan føre til markedssvikt. Vi kan betrakte leveringspålidelighet som et kollektivt gode. Et kollektivt gode kjennetegnes ved at det er ikke rivaliserende, og ikke ekskluderende. Henholdsvis at en konsuments nytte ikke reduserer nytten for andre konsumenter, og at man ikke kan ekskludere noen kunder fra å konsumere godet.

Høy leveringspålidelighet kommer som et resultat av godt utbygde strømmnett mellom kraftprodusenten og et geografisk område. Det er umulig å øke leveringspålidelighet til en kunde i et geografisk område og samtidig redusere leveringspålideligheten til en annen kunde i det samme området. Ettersom alle kundene i et område er forsynt av det samme strømmettet er det heller ikke mulig å ekskludere noen fra høy leveringspålidelighet. Leveringspålidelighet oppfyller derfor begge kriteriene for et kollektivt gode. Siden vi ikke kan ekskludere kunder fra leveringspålideligheten vil betalingsviljen deres for økt leveringspålidelighet være lavere enn den samfunnsøkonomiske nytten av økt leveringspålidelighet.

2.1.3 Eksternaliteter

I et velfungerende marked for kjøp og salg av leveringspålidelighet vil aktørene i transaksjonen være nettselskapene og sluttbrukeren. Det kan likevel være andre aktører i samfunnet som har en betalingsvilje for at sluttbrukeren skal ha økt leveringspålidelighet. Sluttbrukeren kan være en dagligvarebutikk. Om butikken opplever et strømbrudd taper de penger, og størrelsen på de potensielle tapene avgjør deres betalingsvilje for økt leveringspålidelighet. Dersom butikken må stenge som følge av strømbruddet vil også kundene oppleve merkostnader i form av å utsette handleturen, eller å finne andre butikker å handle fra. Disse kundene påføres derfor også et tap og har en betalingsvilje for å øke leveringspålideligheten til butikken, selv om dette ikke fanges opp i transaksjonen. I en optimal regulering av markedet for leveringspålidelighet burde disse eksternalitetene fanges opp.

Vi kan konkludere med at markedet for leveringspålidelighet er utsatt for ulike

former for markedssvikt og bør reguleres for å tilby samfunnsøkonomisk optimal mengde av leveringspålitelighet. Myndighetene som skal regulere dette får da to vanskelige oppgaver. For det første må de identifisere hva samfunnsøkonomisk optimalt nivå av leveringspålitelighet er, og for det andre må de regulere markedet på en effektiv måte. Ved 100% grad av leveringspålitelighet er marginalkostnaden av å opprettholde det trolig mye høyere enn hva marginalnyttens av påliteligheten er. Myndighetene må derfor først identifisere de samfunnsøkonomiske kostnadene ved ulike former for avvik i elektrisitetsforsyningen, og deretter en metode for å internalisere disse kostnadene i markedet.

2.2 Myndighetenes regulering av markedet

Reguleringsmyndigheten for energi (RME) har ansvaret for å regulere de norske nettselskapene, og avgjør dermed hvor mye nettselskapene kan ta betalt av sine kunder. Økonomisk regulering gir nettselskapene motivasjon til å holde et lavt kostnadsnivå. For å unngå at dette skal gå på bekostning av leveringspåliteligheten innførte myndighetene KILE-ordningen i 2001 for å gi nettselskapene insentiver til å tilby samfunnsøkonomisk optimal leveringspålitelighet. Ikke-levert energi gjelder både strøbrudd og spenningsforstyrrelser (Hofmann et al., 2010, p. 7). I denne oppgaven vil vi kun se på de samfunnsøkonomiske kostnadene knyttet til strøbrudd.

2.2.1 KILE-ordningen

KILE-ordningen internaliserer kostnadene sluttbrukerne og resten av samfunnet påføres av et strøbrudd i nettselskapenes kostnadsstrømmer. Hvis strømmen går trekkes kostnadene strøbruddet har for samfunnet fra inntektsrammene til nettselskapet. Slik sørger KILE-ordningen for at nettselskapene tar hensyn til kostnadene ved et strøbrudd når de vurderer lønnsomheten av ulike grader av leveringspålitelighet i strømnettet. KILE-ordningen er hjemlet i forskriften om kontroll av nettvirksomhet, kapittel 9. Formålet med forskriften er å sikre at ”kraft overføres til riktig leveringskvalitet og pris, at nettet utnyttes og utbygges på en sikker og samfunnsmessig rasjonell måte”.

Kostnaden av et strøbrudd ligger til grunn for KILE-ordningen og blir sett på som betalingsvilligheten til sluttbrukeren og resten av samfunnet for å unngå et strøbrudd (Vista Analyse, 2018, p. 1). Sluttbrukeren benyttes i denne oppgaven for å betegne konsumentene av strøm. KILE-ordningen opererer med 7 ulike sluttbruk-

ergrupper: jordbruk, husholdning, industri, bygge- og anleggsvirksomhet, handel og tjenester, offentlig virksomhet/kritisk infrastruktur og industri med el-drevne prosesser. Årsaken til at KILE-ordningen skiller mellom ulike sluttbrukergrupper er at de samfunnsøkonomiske kostnadene ved et avbrudd varierer mellom de ulike konsumentgruppene. Både fordi de har ulik grad av verdiskapning, men også fordi et strømbrudd i de ulike gruppene har ulike grader av eksterne virkninger på resten av samfunnet.

Beregning av kostnaden ved et strømavbrudd er fastsatt i "Forskrift om økonomisk og teknisk rapportering, inntektsramme for nettvirksomheten og tariffier" og skal beregnes på følgende måte:

$$K_j = P_{ref} k_{p,ref} f_{K,m} f_{K,d} f_{K,h}$$

Formelen beregner totale kostnader K_j som avbrutt effekt for kundegruppen (P_{ref} , målt i kW) ganget med en tilhørende kostnad ($k_{P,ref}$, målt i kr/kW). P_{ref} er definert som avbrutt effekt for sluttbruker dersom avbruddet hadde skjedd på referansetidspunktet. Referansetidspunktet for handel og tjenestenæringen er en hverdag i januar kl.10:00. Når avbruddet skjer på et annet tidspunkt brukes korreksjonsfaktorene ($f_{K,m} f_{K,d} f_{K,h}$). $k_{P,ref}$ og korreksjonsfaktorene er basert på betalingsvillighetsundersøkelser. KILE-satsene er oppgitt i kr/kW. Ved en times strømforbruk vil kW og kWh være sammenfallende.

Symbolforklaringer:

K_j = kostnad i kr for avbrudd på tidspunkt j

P_{ref} = beregnet størrelse basert på historiske lastprofiler og temperaturer.

$k_{P,ref}$ = spesifikk avbruddskostnad (i kr/kW) på referansetidspunktet for en gitt varighet

$f_{K,m}$ = korreksjonsfaktor for avbruddskostnad (i kr) i måned m

$f_{K,d}$ = korreksjonsfaktor for avbruddskostnad (i kr) på dag d

$f_{K,h}$ = korreksjonsfaktor for avbruddskostnad (i kr) i time h

(Vista Analyse, 2019a, p. 7)

2.2.2 Handels- og tjenestenæringen

KILE-ordningen benytter 7 ulike sluttbrukergrupper. I denne oppgaven skal vi fokusere på handels- og tjenestenæringen og prøve å besvare problemstillingen:

Overestimerer dagens KILE-satser den samfunnsøkonomiske kostnaden av strømbrudd i handels- og tjenestenæringen?

Vi skal fokusere på handels- og tjenestenæringen av flere grunner. KILE-satsene for husholdninger ble oppdatert i 2019, men dagens satser for handels- og tjenestenæringen ble sist oppdatert i 2012. Da satsene først ble innført i 2002 var de betydelig lavere enn dagens satser. Fordi satsene for denne sluttbrukergruppen har variert i større grad enn satsene for andre sluttbrukergrupper gir dette større usikkerhet rundt estimatene. Handels- og tjenestenæringen omfatter varesalg og private tjenester, for en detaljert oversikt over SN2007 kodene til næringene vi har inkludert se appendiks A.2.

Dagens KILE-satser for handels- og tjenestenæringen er utarbeidet av Pöyry Management Consulting AS, ledet av Energi Norge i 2012 og NVE sammen med Statnett. Disse satsene er basert på spørreundersøkelse utført i 2012. Et utvalg bedrifter fra handels- og tjenestenæringen har besvart spørsmål om hypotetiske avbruddscenarier i sin bedrift. De bedriftsøkonomiske avbruddskostnadene beregnes ved at respondentene oppgir bedriftens kostnader ved de ulike scenarioene. For å finne de samfunnsøkonomiske kostnadene må respondentene anslå de eksterne virkningene avbruddet skaper for deres kunder (Pöyry Management Consulting, 2012b, p. 3).

Typiske direkte bedriftsøkonomiske kostnader for handels- og tjenestenæringen ved et strømbrudd er tapt omsetning som følge av mangel på strøm til lys, varme og kassasystemer, eller skade på materiell eller varelager som følge av for eksempel tapt kjølekapasitet. Typiske indirekte bedriftsøkonomiske kostnader kan være tapt goodwill hos kunder. Eksempler på eksterne virkninger av strømbrudd i handels- og tjeneste næringen kan være kostnader for husholdninger som ikke får kjøpt varer og tjenester eller andre bedrifter som opplever tap som følge av å ikke få kjøpt varer og tjenester. De eksterne virkningene kan også være gevinster hos konkurrerende handels- og tjenestebedrifter som ikke opplever strømbrudd og derfor får økt etterspørsel etter egne produkter.

Undersøkelsen kartlegger sentrale bedriftsattributter som region, størrelse, erfaring med avbrudd og energiforbruk. Undersøkelsen skal også dekke en rekke avbruddsscenarier som årstid, ukedag, klokkeslett, avbruddslengde og hvorvidt avbruddet ble varslet. Dette blir gjort ved at respondenten må ta stilling til et utvalg avbruddsscenarier med ulike attributter. De ble bedt om å svare på kostnadene bedriften blir påført ved scenariet, kostnaden/gevinsten andre bedrifter vil oppleve, kostand/gevinst for kunden, og bedriftens betalingsvilje for å akseptere eller unngå avbruddet. Disse ulike kostnadsestimatene vektet deretter for å finne de bedriftsøkonomiske kostnadene og de eksterne virkningene for ulike avbruddsscenarier, som sammen utgjør de samfunnsøkonomiske kostnadene av avbruddet. (Hofmann et al., 2010, p. 31)

I kapittel 3 vil vi se nærmere på fordelene og ulempene ved å benytte spørreundersøkelsesmetoden som grunnlag for KILE-satsene for handels og tjenestenæringen.

3. Dagens metode

I dette kapitlet ønsker vi å diskutere dagens metode for å beregne KILE-satsene opp mot tre kriterier foreslått av SINTEF i sin utredning av metoder for KILE-beregninger. Vi vil presentere styrker og svakheter ved dagens metode, for å identifisere hvilke utfordringer en alternativ metode må løse. I neste kapittel vil vi presentere vår alternative metode, før vi i kapittel 5 presenterer resultatene våre.

3.1 Optimal metode

I følge SINTEF bør en optimal metode for å estimere kostnadene av et avbrudd oppfylle følgende kriterier:

1. Resultere i et estimat som dekker samfunnsøkonomiske kostnader, ikke kun bedriftsøkonomiske prissatte kostnader
2. Resultere i et estimat med små feilmarginer og lite usikkerhet, med liten mulighet for manipulering av resultatene
3. Ikke være for dyr eller komplisert å gjennomføre

(Hofmann et al., 2010, p. 61) Målet bør være å finne en metode som oppfyller disse kravene så godt som mulig. Det vil likevel være svakheter ved både dagens KILE-satser og alternative metoder som vil være vanskelige å løse.

3.1.1 Samfunnsøkonomiske kostnader

I spørreundersøkelsen for handels- og tjenestenæringen ble det lagt vekt på å få frem svar som gjør det mulig å beregne de bedriftsøkonomiske kostnadene for bedriften som opplever avbruddet. Beregningen av kostnaden er basert på en spørreundersøkelse hvor respondentene ble bedt om å oppgi bedriftenes direkte kostnader ved ulike hypotetiske avbruddsscenarioer. Målet er likevel å ha informasjon og anslag på kostnadene for samfunnet, og ikke bare hver enkelt bedrift. (Pöyry Management

Consulting, 2012b, p. 5)

Den store fordel med en slik spørreundersøkelse er at det er bedriftens ansatte som svarer på undersøkelsen. De er trolig best kvalifisert til å estimere kostnaden av hypotetiske strømbrudd. Ulempen er dessverre at bedriftens ansatte kan ha et insentiv til å overdrive kostnadene et avbrudd pålegger bedriften. Det er naturlig å tenke seg at resultatene fra undersøkelsen vil benyttes til en form for kompensasjonsordning, og bedriftene har da et insentiv til å overdrive kostnadene. Dette trekker i retning av at dagens ordning overestimerer de bedriftsøkonomiske kostnadene av et avbrudd.

Bedriftene som estimerer kostnadene ved et hypotetisk avbrudd har ikke nødvendigvis innsikt i hvor stor andel av tapet som tas igjen i senere perioder. I handelsnæringen vil de, så fremt varelager ikke går tapt under strømbruddet, kunne selge flere varer uten begrensninger i perioden etter strømbruddet. Hvis en kunde ønsket å kjøpe en støvsuger, og strømbrudd hindret hen fra å handle, vil kunden fremdeles ønske å kjøpe en støvsuger etter strømbruddet. I tjenestenæringen vil denne effekten være svakere. Her er arbeidstimer en større begrensning på verdiskaping. En restaurant som ikke fikk muligheten til å betjene gjester en periode, kan ikke betjene dobbelt så mange gjester perioden etter avbruddet. Likevel er det mange tjenester som ikke driver på full kapasitet, og en kunde som ønsket håret sitt klippet i en periode vil ønske det klippet i neste periode også.

Ved et strømbrudd i handels- og tjenestenæringen er det derfor fullt mulig at salget øker i perioden etter strømbruddet. Dette tar ikke dagens spørreundersøkelse hensyn til, og kan medføre at dagens KILE-satser overestimerer de bedriftsøkonomiske kostnadene av et avbrudd. Hvis effekten av salg i perioden etter strømbruddet er stor kan det være lite fornuftig å samle handels- og tjenestenæringen til en sluttbrukergruppe. Handelsnæringen har færre begrensninger på økt salg i senere perioder, da de har færre kapasitetsbegrensninger enn tjenestenæringen.

En andel av tapet til bedriften konverteres trolig til inntekt i konkurrerende bedrifter som ikke opplevde avbruddet. Nettbutikker eller andre bedrifter i samme geografiske området kan derfor få økte bedriftsøkonomiske inntekter av avbruddet, og i KILE-satsene burde dette regnes som en positiv ekstern virkning. Dagens spørreundersøkelse spør om hvor stor andel av bedriftens tap som kan tas igjen av konkurrerende bedrifter. For å øke svarprosenten er svaralternativene kun av typen ”i stor grad”, eller ”i noe grad”. I etterkant har Pöyry tilegnet disse svarene prosen-

tandeler av de bedriftsøkonomiske kostnadene til bedriften. 18 % av respondentene fra handels- og tjenestenæringen svarte at det tapte salget ”i stor grad” kan tas igjen av konkurrerende bedrifter (Pöyry Management Consulting, 2012b, pp. 24–32). Denne inntekten er da inkludert i KILE-satsene som en positiv ekstern virkning. Selv om spørreundersøkelsen har prøvd å ta hensyn til denne eksterne virkningen er ikke respondentene de best egnede til å estimere denne gevinsten. De fleste avbruddene er korte og i svært begrensede geografiske områder. Det virker da sannsynlig at mer enn 18% av salget ”i stor grad” kan tas igjen av konkurrerende bedrifter. Dette tyder på at dagens KILE-satser overestimerer de samfunnsøkonomiske kostnadene ved et avbrudd.

De eksterne virkningene et strømbrydd i bedriften skaper for resten av samfunnet bør også inkluderes i KILE-satsene for handels- og tjenestenæringen. Av respondentene for handels- og tjenestenæringen oppga 27% av bedriftene at avbrudd hos dem påførte kunder økonomiske kostnader. Disse kundene kan være andre bedrifter eller husholdninger. For å kvantifisere denne størrelsen ble bedriftene bedt om å rangere størrelsen på de eksterne virkningene fra ”store” til ”små”. (Pöyry Management Consulting, 2012b, pp. 24–32) Vi har dessverre ikke tilgang på resultatene fra spørreundersøkelsen, og vi vet ikke hvor stor andel som oppga ”store” til ”små” kostnader, eller hvordan disse ble kvantifisert. Dagens metode har forsøkt å ta hensyn til disse eksterne virkningene, men det er stor usikkerhet knyttet til om de over- eller underestimerer dem.

I vurderingen av KILE-satsene utført av Vista Analyse i 2019 fant de at spørreskjemaene som er benyttet i datainnsamlingen i lite tilfredsstillende grad fanger opp de positive eksterne virkningene, spesielt for handel og private tjenester. Dette er grunnen til at Statnett er interessert i å se nærmere på KILE-kostnadene og om det er mulig å benytte en alternativ metode for denne kundegruppen.

På bakgrunn av svarene i spørreundersøkelsen har Pöyry og SINTEF benyttet en faktor for å beregne de samfunnsøkonomiske kostnadene. Resultatet blir da at de samfunnsøkonomiske kostnadene for handel og tjenestenæringen er 0,7% lavere enn de bedriftsøkonomiske kostnadene. (Vista Analyse, 2019b, p. 35) Samlet sett kan det virke som om dagens KILE-satser overestimerer de bedriftsøkonomiske kostnadene og underestimerer de samfunnsøkonomiske gevinstene. Respondentene i spørreundersøkelsen har et insentiv til å overdrive kostnadene for bedriften, i håp om at det vil føre til økt kompensasjon. Respondentene er ikke kvalifisert til å estimere de samfunnsøkonomiske kostnadene/gevinstene og noen eksterne virkninger blir ikke

utforsket. Vår hypotese blir derfor at dagens KILE-satser overestimerer tapet knyttet til et strømavbrudd i handels- og tjenestenæringen.

3.1.2 Feilmarginer og usikkerhet

En utfordring med spørreundersøkelser er å rekruttere respondenter og sørge for å få de rekrutterte bedriftene til å svare på undersøkelsen. Dette gjelder også spørreundersøkelsen utført av Pöyry for handels- og tjenestenæringen. Det var 185 bedrifter fra handels- og tjenestenæringen som svarte på undersøkelsen i 2012, men dette var kun 33% av de opprinnelig rekrutterte bedriftene (Pöyry Management Consulting, 2012b, pp. 12–15). Dette skaper usikkerhet knyttet til hvorvidt det endelige utvalget er representativt for handels- og tjenestenæringen. Dersom det er fellestrekk blant de bedriftene som svarte på undersøkelsen som skiller seg fra de bedriftene som lot være å svare på undersøkelsen vil dette gi systematiske skjevheter i resultatene. Utvalget, de som svarte på undersøkelsen, vil da ikke være representativ for hele populasjonen, det vil si hele handels- og tjenestenæringen. Utvalget på 185 respondenter vil også gjøre det utfordrende å trekke korrekte slutninger, da dette er en svært lite utvalg av næringen.

For å teste tiltak iverksatt for å bedre strømmettet må man multiplisere den reduserte sannsynligheten for et strømbrudd med betalingsviljen for å få tilbake strømmen. I tilfellene hvor man har utført slike tester finner man at nytten ofte er lavere enn kostnadene. Det tyder derfor på at samfunnet ikke er villige til å betale prisen for å gjennomføre tiltakene. Spørsmålet blir derfor om samfunnsorganene med ansvar for sikkerhet er mer forsiktig enn samfunnets medlemmer, eller om vi ikke klarer å måle kostnaden av et strømbrudd med tilstrekkelig presisjon. (Vista Analyse, 2019b, p. 7)

3.1.3 Gjennomførbarhet

Det er flere utfordringer knyttet til gjennomføring av spørreundersøkelser. Data fra spørreundersøkelser kan være misvisende eller være av lav kvalitet grunnet utforming og/eller gjennomføring av spørreundersøkelsen. Utformingen av spørreundersøkelser er svært viktig for å få korrekte og representative svar. Det er derfor viktig at spørsmålene er presentert slik at de gir lite rom for misforståelser og at spørsmålene og svaralternativene blir tolket tilnærmet likt mellom ulike respondenter. Dette er en viktig og tidkrevende prosess som kan være vanskelig å kvalitetssjekke. Da svarene fra spørreundersøkelsen ikke er tilgjengelig, har vi ikke grunnlag for å vurdere

datagrunnlaget for resultatene presentert i rapporten.

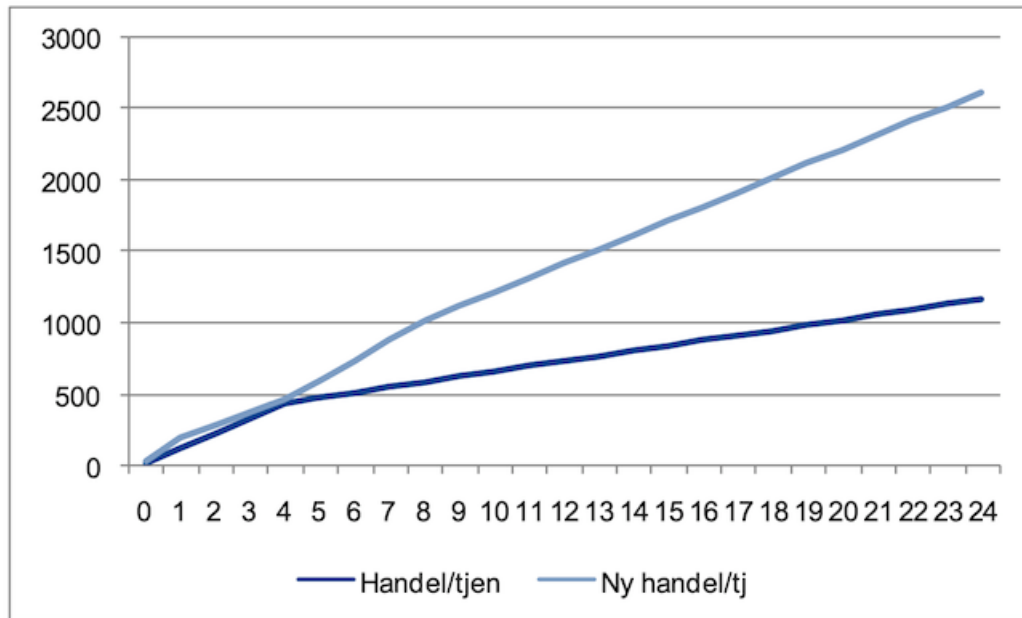
Spørreskjemaene benyttet for handel- og tjenestenæringen er imidlertid relativt omfattende og inneholder totalt 72 spørsmål. Her er det også inkludert åpne spørsmål om generelle synspunkter til undersøkelsen. Faren for respondenttretthet er stor når spørreskjemaene blir så omfattende som dette. De som avbryter underveis vil ikke inngå i datagrunnlaget, mens de som gjennomfører raskt for å kun gjennomføre kan gi slurvete og lite gjennomtenkte svar. (Vista Analyse, 2019b, p. 49)

3.2 Dagens satser

KILE-satsene skal sørge for at nettselskapene bygger strømmnett med samfunnsøkonomisk optimal leveringspålidelighet. Høyere satser indikerer at sluttbrukerne verdsetter høy grad av leveringspålidelighet og insentiverer nettselskapene til å investere mer i leveringspålidelighet. Lavere satser indikerer at sluttbrukerne verdsette leveringspålidelighet i mindre grad og insentiverer nettselskapene til å investere mindre i leveringspålidelighet. Om satsene over- eller underestimerer sluttbrukerens nytte av leveringspålidelighet vil dette påvirke samfunnsøkonomiske kostnadsvurderinger av nettutbygging. Prosjekter som egentlig skulle vært lønnsomme kan bli for dyre, og omvendt. Over- eller underestimeringer av KILE-satsene kan derfor ha stor påvirkning på framtiden til norsk kraftforsyning.

Vår hypotese er at dagens KILE-satser overestimerer de samfunnsøkonomiske kostnadene av et strømbrydd i handels- og tjenestenæringen. Det er ingen superprofitt i denne næringen som tilsier at handels- og tjenestenæringen skal ha så store avbruddskostnader sammenlignet med øvrige sektorer. Respondentene har et insentiv til å overdrive de bedriftsøkonomiske kostnadene, og det er i liten grad tatt hensyn til positive eksterne virkninger. Dagens metode er tidkrevende å gjennomføre og vanskelig å etterprøve.

I 2010 gjennomførte Pöyry en ny spørreundersøkelse og oppjusterte KILE-satsene fra 2002 knyttet til et strømbrudd for handels- og tjenestenæringen. I figur 3.1 viser "handel/tjen" satsene fra 2002, mens "Ny handel/tj" er resultatene fra 2010-undersøkelsen. Vi ser her at estimatene ble mer enn dobbelt så høye for lengre avbrudd.



Figur 3.1 – Avbruddskostnader ved avbrudd på referansetidspunktet for handels- og tjenestenæringen etter varighet i timer. kr/kW avbrutt effekt (2010-priser) (Pöyry Management Consulting, 2012a, p. 29)

Vi finner ingen forklaring på forskjellen i disse estimatene for handels- og tjenestenæringen, men for offentlige tjenester (som også ble oppjustert) hevder Pöyry at den store forskjellen i stor grad skyldes metodevalg. KILE-satsene fra 2002 er basert på en kombinasjon av "willingness to pay" (WTP) og "direct worth" (DW), mens de nye estimatene er basert på verdsetting av tapte timeverk og eventuelle ekstrakostnader. For husholdninger er kostnaden omtrent lik i de to undersøkelsene. I 2002-undersøkelsen ble det beregnet de bedriftsøkonomiske kostnadene, mens i 2010 var det ønskelig å rapportere de samfunnsøkonomiske kostnadene. Pöyry fant at dette i liten grad påvirket estimatene da gevinsten noen bedrifter fikk av at en konkurrent opplevde strømbrudd veide opp for følgekostnadene for andre bedrifter, det vil si bedrifter som er kunder av avbruddsbedriften.

I spørreundersøkelsen fra 2002 var antall respondenter fra handels- og tjen-

estenæringen 425, mens i 2010 var antall respondenter på kun 185. Det er ikke mulig å si noe om hvor representative de to utvalgene er uten å ha tilgang til datasettet eller en mer detaljert beskrivelse enn det vi har tilgang til. På et generelt grunnlag vil et mindre utvalg gi større usikkerhet. Flere av KILE-satsene ble oppjustert i 2010, men få var på nivå med handels- og tjenester i utgangspunktet. Oppjusteringen gjør nå at handels- og tjenestenæringen skiller seg ytterligere fra de resterende sluttbrukergruppene, se figur 1.1. Dersom KILE-satsene for handels- og tjenestenæringen ikke ble oppjustert i 2010 ville den nå vært på nivå med dagens KILE-satser for industrisektoren, ikke dobbelt så høy som vi så innledningsvis. (Pöyry Management Consulting, 2012a, pp. 27–29)

I neste kapittel vil vi presentere vår alternative metode for å estimere de samfunnsøkonomiske kostnadene av et strømbrydd i handels- og tjenestenæringen.

4. Vår metode

Vi har nå sett hvordan dagens KILE-satser estimeres, og hvilke utfordringer dette medfører. Her vil vi presentere en alternativ metode vi har utarbeidet for å estimere KILE-satsene, før vi i neste kapittel presenterer resultatene fra vår metode. Vi vil først presentere hvordan vi har benyttet en Cobb-Douglas funksjon til å estimere verdien av energi som innsatsfaktor i verdiskapningen (BNP). Deretter vil vi presentere datasettet vi har brukt, og diskutere hvilken modell som er best egnet til å gi en forventningsrett estimator for dette forholdet. Til slutt vil vi vise hvordan vi konverterer resultatene fra regresjonen vår til tall som kan sammenlignes med dagens KILE-kostnader.

4.1 Cobb-Douglas produktfunksjon

For å identifisere de samfunnsøkonomiske kostnadene ved bortfall av energi, avbruddskostnaden, ønsker vi å studere forholdet mellom energi og BNP i Norge ved å benytte en produktfunksjonsmetode. I mikroøkonomien brukes produktfunksjoner til å forklare forholdet mellom innsatsfaktorer og produksjon. Produktfunksjonen vi vil benytte i vår analyse er basert på samme ide, men vi vil se på produksjonen for hele landet, som vi måler i BNP (Weil, 2009, p. 35).

I artikkelen "Relationship between the economic cost and the reliability of the electric power supply system in city: A case in Shanghai of China" benytter Sun et al. en Cobb-Douglas produktfunksjon for å studere betydningen av energi som innsatsfaktor i produksjon av BNP (Sun et al., 2009, p. 2264). Cobb-Douglas funksjonen er en enkel produktfunksjon, men den er likevel mye brukt da den gjør en god jobb med å tilpasse data til innsatsfaktor og produksjon (Weil, 2009, p. 53). En standard Cobb-Douglas funksjon ser på BNP som en funksjon av innsatsfaktorene arbeidskraft og kapital. Vi vil også inkludere energi som en innsatsfaktor. Ved å estimere energi som innsatsfaktor sin påvirkning på BNP, kan vi videre estimere det samfunnsøkonomiske tapet ved bortfall av energi.

Cobb-Douglas produktfunksjonen setter vi opp på følgende måte:

$$G = AK^\alpha L^\beta E^\gamma \quad (4.1)$$

Her er BNP (G) en funksjon av produktivitet (A), kapital (K), arbeidskraft (L) og energiforbruk (E). Videre vil vi se på hvordan vi kan estimere sammenhengen mellom energi og BNP (γ), og bruke den til å identifisere avbruddskostnadene. Ved å gjøre en logaritmisk transformasjon får vi en regresjon hvor vi ser på den prosentvise endringen i BNP dersom energi endres med 1%.

$$\log G = \log A + \alpha \log K + \beta \log L + \gamma \log E \quad (4.2)$$

Hvis vi antar at endringen i kapital og arbeidskraft er konstant på kort sikt slik at $d\log K = 0$ og $d\log L = 0$, vil den prosentvise effekten av en endring i energi på BNP være:

$$\frac{d\log G}{d\log E} = \gamma \quad (4.3)$$

Dette vil gi oss et mål på energi-elasticiteten til BNP, dvs hvor mye BNP endres i prosent dersom vi endrer energi med ett prosent. Vi vil nå vise hvordan vi best mulig kan estimere γ , før vi ser på hvordan vi kan konvertere γ for å sammenligne våre resultater med dagens KILE-kostnader.

4.2 Regresjonsmodell

4.2.1 Datasett

For å estimere Cobb-Douglas funksjonen trenger vi data på BNP, kapital, arbeidskraft og energiforbruk i Norge. Vi ønsker å sammenligne resultatene våre med dagens KILE-satser for handel og tjenester, dette har lagt store føringer på hva slags data vi kan bruke. For det første må vi bruke data for de samme næringene som Statnett har inkludert i dagens KILE-satser for handel og tjenester. I appendiks A.2 forklarer vi hvordan vi har gått frem for å benytte den samme gruppen bedrifter som KILE-satsene er beregnet for. For det andre må resultatet vårt være sammenlignbart med dagens KILE-satser. KILE-satsene er oppgitt i kr/kWh, vi måler derfor BNP i kr og energiforbruk i kWh.

Vi har satt sammen et paneldatasett med data fra SSB. Vi har årlige observasjoner av BNP, kapital (målt i investeringer), arbeidskraft og energiforbruk for norske fylker i perioden 2008-2017. Vi har data for handels- og tjenestenæringen, slik

den er definert i dagens KILE-satser (Pöyry Management Consulting, 2012b), og vi har muligheten til å skille mellom handel- og tjenestenæringer.

Energiforbruket er hentet fra Statistikkbanken kildetabell 08312 (Statistisk sentralbyrå, 2020a). Tabell 08312 er ikke fordelt på næringene vi behøver. Ved hjelp fra SSB har vi derfor laget et mindre aggregert datasett basert på næringsgruppene i appendiks A.2. Energiforbruket er oppgitt i kWh. BNP, kapital og arbeidskraft er hentet fra Statistikkbankens kildetabell 11713 (Statistisk sentralbyrå, 2020b), og er oppgitt i millioner NOK og er i løpende priser. Arbeidskraft er målt i årlige lønnskostnader. Vi har ikke klart å anskaffe kapitalbeholdning i kr for næringene vi studerer. Vi har derfor benyttet bruttoinvesteringer i fast realkapital fra tabell 11713 som et mål på kapitalbevegelser¹. Under antagelsen om at kapitalelastisiteten innad i næringen er relativt konstant bør endringer i bruttoinvesteringer i fast realkapital være sterkt korrelert med endringer i kapitalbeholdningen.

Vi ønsker å finne et godt estimat på effekten energiforbruk har på BNP. Etersom temperaturvariasjoner kan påvirke energiforbruket i handels- og tjenestenæringen har vi inkludert variabelen Graddager i datasettet. Graddager er et mål som ofte benyttes av SSB for å korrigere for temperatursvingninger. Et års graddager er summen av antall grader temperaturen har ligget under 17 grader hele året. Graddagene har vi hentet fra Enova (ENOVA, 2020). Vi mangler data for 2008 og 2009, og har benyttet snittet for 2000-2010 som observasjon for graddagene i de to manglende årene.

4.2.2 Presentasjon av modeller

Observasjonene for BNP, investeringer (kapital), sysselsetting og energiforbruk for handels- og tjenestenæringen varierer på tvers av fylker (i) og år (t). I tillegg har vi data for graddager som også varierer over fylker (i) og år (t). Vi ønsker å bruke dette datasettet til å gjøre regresjoner med utgangspunkt i den logaritmiske transformasjonen av Cobb-Douglas produktfunksjonen i ligning 4.2. Regresjonsmodellen skal gi oss et estimat for effekten av en endring i energiforbruk på BNP. Dette resultatet skal vi regne om til et estimat som kan sammenlignes med dagens KILE-satser. For at dette estimatet skal være så godt som mulig ønsker vi å vurdere ulike regresjonsmodeller og diskutere styrker og svakheter ved de ulike modellene. I tabell 4.1 har vi presentert

¹Vi antar konstant depresieringsrate, og investeringer vil da fungere som et godt mål på endringer i kapitalmengden fra år til år. $k_{t+1} = (1 - \Delta)k_t + I_t$, hvis vi antar at $\Delta = 0$, vil vi ha $I_t = k_{t+1} - k_t$.

resultatene for de ulike regresjonsmodellene.

I tabell 4.1 har vi kontrollert for heteroskedastiske restledd², som vil påvirke standardfeilen og dermed statistisk inferens. Dersom restleddene er heteroskedastiske, og vi ikke kontrollerer for det, vil slutningen vi trekker om effekten er signifikant eller ikke basert på standardfeilen være feil. Når vi ikke kontrollerer for heteroskedastiske restledd er koeffisienten for energibruk signifikant på 5% både for modell (2) og (3).

Tabell 4.1 – Regresjonsmodeller

	<i>Avhengig variabel:</i>			
	log(BNP HandellogTjenester)			
	POLS	POLS	RE	FE
	(1)	(2)	(3)	(4)
log(Sysselsetting_HandellogTjenester)	0.882*** (0.049)	0.883*** (0.044)	0.934*** (0.029)	0.819*** (0.084)
log(Investeringer_HandellogTjenester)	0.110*** (0.031)	0.042 (0.040)	0.004 (0.015)	0.003 (0.014)
log(El_HandellogTjenester)	0.030 (0.057)	0.105* (0.058)	0.068 (0.044)	-0.017 (0.064)
Graddager	-0.00000 (0.00002)	-0.00001 (0.00002)	-0.00000 (0.00001)	0.00002 (0.00001)
Constant	0.186 (0.779)	-0.657 (0.777)	-0.072 (0.677)	
Dummy variabler: År	Nei	Ja	Ja	Ja
Observasjoner	190	190	190	190
R ²	0.997	0.998	0.989	0.980
Justert R ²	0.997	0.998	0.988	0.976
F Statistikk	16,793.880***	6,424.808***	15,783.460***	581.934***

Note:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

²Vi ha testet for heteroskedastisitet ved å benytte en Breusch Pagan test og får følgende p-verdier for de fire modellene: (1) 0,0004701, (2) 0,03067, (3) 0,0004701 og (4) 0,0004701. På bakgrunn av denne testen kan vi forkaste null hypotesen om homoskedastiske restledd og har derfor valgt å bruke robust klynger i tabellen for å kontrollere for heteroskedastisitet.

Vi starter med en enkel modell som er estimert ved bruk av minste kvadraters metode uten transformasjon av variablene (Pooled OLS, POLS), presentert i kolonne (1) i tabell 4.1. Denne modellen fungerer først og fremst som et sammenligningsgrunnlag. I følge Wooldridge (2010) bør vi benytte pooled OLS dersom vi følger ulike individer over tid. Modellen antar at det finnes individspesifikke effekter (a_i), men at variasjonen i dem er null ($\text{var}(a_i)=0$). I praksis betyr det at alle fylker har de samme fylkesspesifikke effektene og at vi ikke trenger å ta hensyn til dem. Ettersom vi ser på de samme individene (fylkene) i flere tidsperioder vil metoden kun gi forventningsrette estimater om det ikke finnes egenskaper ved fylkene som påvirker andre variabler.

Vi ser på de samme fylkene over tid og vi vil derfor ha et brudd på antakelsen om tilfeldig utvalg av individer. Modellen presentert i kolonne (1) kan vi skrive på følgende måte:

$$\begin{aligned} \log(BNP) = \log A + \alpha \log(\text{Investeringer}_{it}) + \beta \log(\text{Sysselsetting}) + \\ \gamma \log(\text{Energi}_{it}) + \delta_1 \text{Graddager}_{it} \end{aligned} \quad (4.4)$$

I kolonne (2) utvider vi modellen ved å legge til dummyvariabler for årstall³, vist i 4.5. Det er naturlig å anta at det kan oppstå årsspesifikke sjokk som påvirker BNP og elektrisitetsforbruk. Dette kan for eksempel være en finanskriser som reduserer aktiviteten i bedriftene og dermed BNP og energiforbruk for næringen uavhengig av fylke det året. Om slike sjokk inntreffer, og er korrelert med BNP og energiforbruk, vil det føre til utelatt variabel skjevhet om vi ikke kontrollerer for dem. For å kontrollere for årsspesifikke sjokk har vi laget variabler for hvert år fra 2008 til 2016 som tar verdien null eller en. For å unngå perfekt multikollinearitet har vi utelatt ett årstall, 2017, som blir referansekategori. Ved å inkludere disse dummyvariablene kontrollerer vi blant annet for inflasjon på nasjonalt nivå, men det vil fremdeles være prisforskjeller mellom fylkene vi ikke kontrollerer for. Graddager er også inkludert i alle modeller for å unngå endogenitetsproblem forårsaket av utelatte variabler.

³Vi ser på utviklingen i BNP og energiforbruk over tid og det ville også vært relevant å kontrollere for en lineær tidstrend. BNP og energiforbruk kan begge være sterkt korrelert med teknologisk utvikling, noe som kunne fanges opp av en trend. Når vi inkluderer en tidstrend sammen med dummyvariabler for årstall får vi ikke estimert en koeffisient for tidstrenden. All variasjonen fanges opp i årsdummiene. Med en lengre tidsserie ville det vært nødvendig å utforske dette aspektet nærmere.

$$\begin{aligned} \log(BNP) = \log A + \alpha \log(Investeringer_{it}) + \beta \log(Sysselsetting) + \\ \gamma \log(Energi_{it}) + \delta_1 Graddager_{it} + \delta_2 2008_i + \delta_3 2009_i + \quad (4.5) \\ \dots + \delta_{10} 2016_i \end{aligned}$$

Videre har vi i kolonne (3) i tabell 4.1 beregnet en modell med tilfeldige effekter (Random Effects, RE). Denne modellen tar hensyn til at det finnes individspesifikke effekter som varierer mellom fylkene, uobservert heterogenitet (a_i). Modellen antar at fylkene har uobservert heterogenitet, men at den ikke er korrelert med den uavhengige variabelen av interesse, energiforbruk ($\text{cov}(a_i, EL_Handel\log Tjenester) = 0$).

I modell (4) har vi estimert en modell med faste effekter (Fixed Effects, FE). Modellen tillater korrelasjon mellom fylkesspesifikke effekter (a_i) og energiforbruk. Denne modellen ser på hver observasjons avvik fra tids-gjennomsnittet og kontrollerer slik for alle effekter som er konstante over tid. Hvis de fylkesspesifikke effektene er korrelert med energiforbruket og BNP er dette modellen som gir forventningsrette estimatorene. Vi ser at koeffisienten for energi endrer seg svært mye fra kolonne (3) til (4). Dette kan skyldes at korrelasjonen mellom energiforbruk og BNP forklares av fylkesspesifikke effekter. Det kan også skyldes at vi har for lite variasjon over tid i variablene våre til å hindre at de blir fanget opp av faste effekter metoden.

4.2.3 Modellvalg

Minste kvadraters metode modellene, (1) og (2), bygger på antagelsen om at $\text{var}(a_i)=0$. Dette betyr i praksis at den antar at det ikke finnes egenskaper ved hvert fylke som er konstante over tid. Dette er en urealistisk antagelse når det er sannsynlig at faktorer som for eksempel velstand og kultur ligger latent i et fylke. Modell (3) tillater fylkene å ha ulike tidskonstante karakteristikk ($\text{var}(a_i)=\sigma_a^2$). Det skiller modellen fra (1) og (2) og er trolig en mer realistisk antagelse. Modell (3) antar også at det ikke er samvariasjon mellom de individspesifikke effektene og den uavhengige variabelen av interesse ($\text{cov}(a_i, EL_Handel\log Tjenester)=0$). Dette kan være en fornuftig antagelse. I mange næringer vil det være naturlig å anta at noen faste egenskaper ved fylket vil påvirke typen bedrifter og energiforbruket, som for eksempel temperatur eller tilgang på vannkraft. Handels- og tjenestenæringen derimot, som ved for eksempel hoteller og butikker, drives relativt likt på tvers av fylker.

Faste effekter, modell (4), gjør ingen antagelser om variasjon i de individspesifikke karakteristikkene, eller samvariasjonen med energiforbruk. Dersom vi antar at

det ikke er samvariasjon mellom fylker og de uavhengige variablene vil det være best å benytte modell (3) over modell (4) (Wooldrige, 2016, p. 444). Denne antakelsen vil i mange tilfeller være urealistisk og faste effekts modellen blir ofte foretrukket over tilfeldige effekter fordi den tillater vilkårlig korrelasjon mellom de individspesifikke karakteristikene (a_i) og de uavhengige variablene (x_{it}). Dersom antakelsene for modell (3) holder, $cov(x_{it}, a_i) = 0$ og $var(a_i) = \alpha$, vil denne være mer effektiv. Vi argumenterer for at fylker ikke vil ha stor innvirkning på de uavhengige variablene våre da vi ser på handel- og tjenestenæringen. Handel- og tjenestenæringen vil variere svært lite mellom fylker, sammenlignet med for eksempel industrisektoren.

En måte å avgjøre om vi bør bruke modell (3) eller (4) er å benytte en Hausman test⁴. Testen gir oss ikke nok bevis til å forkaste nullhypotesen og vi konkluderer derfor med at vi kan benytte modell (3) som er estimert med tilfeldige effekter. Modell (3) vil jevnt over gi lavere standardfeil og være mer effektiv enn modell (4). Videre i analysen ønsker vi derfor å benytte modell (3).

En mulig utfordring i regresjonsmodellene vi ikke får løst er simultanitet. Dersom energiforbruk påvirker BNP, men BNP også har en effekt på energiforbruk vil dette gjøre at modellen er endogen. Ved å inkludere et instrument for energiforbruk kunne vi prøvd å løse problemet, men utfordringen er å finne et godt instrument. Simultanitetsproblemet er derfor en utfordring vi har vært oppmerksom på, men ikke hatt mulighet til å kontrollere for.

Ved å inkludere dummyvariabler for år og tall på graddager har vi, i hvert fall delvis, løst problemet med utelatt variabel skjevhet. Vi kan fortsatt ha utelatt relevante variabler i modellen vår. På grunn av begrensninger ved datasettet har vi ikke hatt mulighet til å legge til flere kontrollvariabler, noe som kan påvirke analysen vår.

⁴Hausman testen kan brukes for å teste om en eller begge modellene våre er endogene. Hvis vi forkaster nullhypotesen om at begge modellene er konsistente bør vi velge modellen med faste effekter. Dersom vi ikke forkaster nullhypotesen kan vi benytte modellen med tilfeldige effekter. Hausman testen gir oss en p-verdi på 0.9421, vi kan dermed ikke forkaste nullhypotesen.

4.3 Omregning av resultater

Fra modell (3) vet vi at en reduksjon i energiforbruket på én prosent vil redusere BNP med 0.068 prosent. Dagens kile-satser er oppgitt i kr/kWh, for å sammenligne våre resultater med KILE-satser må vi regne om resultatene fra modell (3) fra prosent til kr/kWh. Vi har benyttet to metoder til omregningen. Den første metoden har vi kalt Prediksjons-metoden, og den andre metoden har vi kalt Prosentmetoden.

4.3.1 Prediksjonsmetoden

Denne metoden har tre steg. Først benytter vi koeffisientene fra modell (3) og verdiene fra datasettet til å predikere BNP for alle observasjonene våre. Så benytter vi de samme koeffisientene men et datasett hvor vi reduserer energiforbruket med én kWh til å predikere BNP for alle observasjoner. Til slutt finner vi gjennomsnittet av differansen på BNP predikert med det originale datasettet og datasettet med redusert kWh. Dette blir da kostnaden i kr ved bortfall av en kWh.

Først benytter vi koeffisientene fra modell (3) og datasettet vårt til å predikere logaritmen av BNP for alle våre 190 observasjoner, $\widehat{\log(G_{it})}$. Det enkleste hadde vært om vi nå kun tatt eksponenten av likningen da den vil fjerne logaritmen, $\widehat{G} = \exp(\widehat{\log G})$. Dessverre vil ikke dette fungere da det systematisk vil underestimere den forventede verdien av den avhengige variabelen, som i vårt tilfelle er BNP. (Wooldrige, 2016, p. 191)

Vi må derfor gjøre en enkel justering. Vi vet at at under de klassiske lineære forutsetningene har vi at:

$$E(G|\mathbf{x}) = \exp(\sigma^2/2)\exp(\beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_kx_k) \quad (4.6)$$

Hvor σ^2 er variansen til feilledet u , og \mathbf{x} er de uavhengige variablene. Vi vet at regresjonen vår gir den estimerte verdien av BNP, $\widehat{\log G_{it}}$ og vi kan derfor skrive om likning 4.6.

$$\widehat{G}_{it} = \exp(\widehat{\sigma}^2/2)\exp(\widehat{\log G_{it}}) \quad (4.7)$$

Likning 4.7 er konsistent, men ikke forventningsrett. Denne formelen er avhengig av at feilledet er normalfordelt. Det kan derfor være nyttig å bruke en formel som ikke er avhengig av normalfordelte feilledd. Det kan vi gjøre dersom vi antar at feilledet (u) er uavhengige av forklaringsvariablene (Wooldrige, 2016, p. 191).

$$\widehat{G}_{it} = \hat{\alpha}_0\exp(\widehat{\log G_{it}}) \quad (4.8)$$

Vi kan estimere korreksjonsfaktoren $\hat{\alpha}_0$ uten antakelsen om normalfordelte feilledd. Det finnes to metoder, vi har valgt den metoden som er basert på at $\alpha_0 = E[\exp(u)]$.

$$\hat{\alpha}_0 = n^{-1} \sum_{i=1}^n \exp(\hat{u}_i) \quad (4.9)$$

Vi har at $\hat{\alpha}_0$ konsistent, men ikke forventningsrett da vi har tatt utgangspunkt i \hat{u}_i i en ikke lineær funksjon. Estimater vi får for $\hat{\alpha}_0$ vil være større enn én (Wooldrige, 2016, p. 192). Med residualene fra modell (3) finner vi $\hat{\alpha}_0 = 1.000215$. Vi bruker så ligning 4.8 til å estimere forventet BNP, \widehat{G}_{it} , for alle observasjoner.

Deretter gjentar vi den samme prosessen. Vi bruker koeffisientene fra modell (3), men et datasett hvor alle observasjonene av energiforbruk er redusert med én kWh til å estimere forventet BNP ved bortfall av én kWh, $\widehat{G}_{it}^{reduced}$.

Til slutt finner vi differansen mellom forventet BNP før og etter reduksjonen i energiforbruk på én kWh for alle observasjoner, \widehat{cost}_{it} . Hvor I og T er totalt antall fylker og tidsperioder.

$$\widehat{cost}_{it} = \widehat{G}_{it} - \widehat{G}_{it}^{reduced} \quad (4.10)$$

$$\bar{cost} = \frac{\sum_t^T \sum_i^I \widehat{cost}_{it}}{I * T} \quad (4.11)$$

Gjennomsnittet av disse differansene, \bar{cost} , blir da et godt estimat på den gjennomsnittlige kostnaden av et bortfall på én kWh, uavhengig av fylke og tid. Basert på resultatene fra modell (3) finner vi $\bar{cost} = 3,27$. Avbruddskostnaden blir derfor 3,27 kr/kWh.

4.3.2 Prosentmetoden

En alternativ måte til å omregning fra prosentvis til enhets endring er å benytte det vi har kalt Prosentmetoden. Dersom vi ønsker å finne endringen i BNP oppgitt i kr ved en endring på 1kWh starter vi med å finne ut hvor mye 1 kWh utgjør i prosent av total energibruk. Deretter multipliserer vi dette med koeffisienten for energibruk. Det gjør at vi sitter igjen med den prosentvise endringen i BNP ved en endring i strømforbruk på 1kWh. Ved å multiplisere denne prosentvise endringen med BNP for hele perioden hentet fra datasettet vårt sitter vi igjen med en endring på 4,106044 kr/kWh. Vi har benyttet samlet BNP for alle år og fylker for å finne en snitteffekt over alle år som er sammenlignbar med prediksjonsmetoden. Her vil det også være mulig å se på forskjellene mellom hvert år og mellom fylker, ved å kun bruke BNP og energidata fra de periodene.

Denne metoden er det også mulig å tilpasse for å se på avbrudd i gitte tidsperioder. Vi kunne gjort antagelsen om at handels- og tjenestenæringen kun bruker strøm i arbeidstidene i løpet av et år, og at strømforbruket er likt fordelt hver time. Dette er antakelse som ikke er realistisk, men kan brukes som et eksempel. Det vil også være mulig å bruke forbruksprofiler for å se på effekten av et strømbrudd når strømforbruket varierer i løpet av en dag og når på året strømbruddet inntreffer. Dette ville vært svært tidkrevende og derfor utenfor omfanget av denne oppgaven.

I dette kapitlet har vi brukt en tilfeldig effektmodell til å estimere relasjonene i en Cobb-Doglas funksjon og finne verdien av energi som innsatsfaktor i verdiskapningen (BNP). Vi har også presentert to metoder for å omregne resultatene fra regresjonsmodellen til et tap i BNP (kr) ved en reduksjon i energi (kWh). I de neste kapitlene skal vi sammenligne våre estimater med dagens KILE-satser og diskutere hvorvidt eventuelle forskjeller mellom dem forklares av metodeforskjeller eller faktiske feilestimeringer.

5. Resultater

I forrige kapittel presenterte vi en alternativ metode for å estimere de samfunnsøkonomiske kostnadene av et strømbrydd. I dette kapitlet vil vi benytte denne metoden til å regne ut kostnaden av bortfall av energi og sammenligne våre resultater med dagens KILE-satser, mens diskusjonen rundt forskjellene er lagt til kapittel 6. I dagens KILE-satser behandles handels- og tjenestenæringen som en sluttbrukergruppe. Som vi presenterte i kapittel 3 er dagens metode for å beregne KILE-satsene svært komplisert og tidkrevende å gjennomføre. Sammenlignet med dette er vår metode enkel å gjennomføre og vi vil derfor også benytte den til å utforske forskjeller i resultatene mellom handelsnæringen og tjenestenæringen.

5.1 Kostnaden av et strømbrydd

Metoden vi har laget for å estimere kostnadene skiller seg fra dagens metode i forutsetninger, datagrunnlag og utregningsmetode. Vår metode estimerer et gjennomsnitt av de samfunnsøkonomiske kostnadene av et strømbrydd, uavhengig av avbruddslengde og tidspunkt på døgnet, men kun basert på tapte kWh. I kapittel 4 kom vi frem til at et bortfall av én kWh i handels- og tjenestenæringen koster samfunnet mellom 3,3 og 4,1 kr/kWh. Disse resultatene kan dessverre ikke sammenlignes direkte med dagens KILE-satser. I KILE-modellen er $k_{P,ref}$ (se kapittel 2.2) oppgitt i kr/kWh, men disse estimatene er gitt for ulike avbruddslengder. De tar hensyn til at kostnaden for en gitt tapt mengde energi varierer med lengden på avbruddet. For å beregne de faktiske kostnadene av et avbrudd benytter KILE-modellen flere korreksjonsfaktorer som lengden på avbruddet, tid på året, tid på døgnet, ukedag og sammensetningen av sluttbrukere i det rammede området (for flere detaljer se appendiks A.3). Hvis vi sammenligner våre estimater med satsene oppgitt i kr/kWh i KILE-modellen vil de ikke være innbyrdes konsistente, og det vil være vanskelig å trekke slutninger basert på dem.

For å løse dette problemet har vi beregnet et gjennomsnittlig timesforbruk i

handels- og tjenestenæringen, og benyttet dagens modell til å beregne kostnaden av et gjennomsnittlig timesavbrudd. Vi har benyttet data fra Nord Pool og satt sammen et datasett med Norges totale energiforbruk i årene 2013 til 2019, fordelt på timer og dager (NordPool, 2020). Deretter har vi beregnet gjennomsnittlig forbruk for hver time, i hvert døgn over alle årene, et gjennomsnittlig timesforbruk av strøm i Norge. I følge Statnett står handels- og tjenestenæringen i KILE-modellen for 15% av totalt energiforbruk i Norge. Gjennomsnittlig timesforbruk for handels- og tjenestenæringen i Norge blir derfor 15% av Norges gjennomsnittlige timesforbruk, og er 2241 MWh.

Vår modell benytter tapte kWh til å beregne kostnaden, og ved å finne kostnaden av et bortfall på 2241 MWh finner vi kostnaden av et gjennomsnittlig timesavbrudd i hele handels- og tjenestenæringen. KILE-modellen har flere inputfaktorer enn kun tapte MWh. På forespørsel har derfor Statnett benyttet KILE-modellen til å beregne kostnaden av et én times langt avbrudd på 2241 MWh for hele handels- og tjenestenæringen i Norge, på alle mulige tidspunkt og datoer¹. Snittet av disse kostnadene blir da en kostnaden av et gjennomsnittlig timesavbrudd i hele handels- og tjenestenæringen i Norge, og kan sammenlignes med estimatene fra vår modell.

Tabell 5.1 – kostnad ved 1 times avbrudd (2241 MWh), oppgitt i millioner kr

KILE-modellen	Prediksjonsmetoden	Prosentmetoden
267	7,3	9,2

Ved hjelp fra Statnett har vi fått et estimat for en gjennomsnittlig times strømavbrudd for handel- og tjenestenæringen på 267 millioner kr med dagens KILE-satser. I tabell 5.1 ser vi resultatene for KILE-modellen og resultatene fra vår metode. Prediksjonsmetoden estimerer en kostnad på 7,3 millioner kr og prosentmetoden estimerer en kostnad på 9,2 millioner kr. Resultatene viser at kostnaden av et strømbrudd er betydelig lavere ved å benytte vår produktfunksjonsmetode (prediksjonsmetoden og prosentmetoden), sammenlignet med dagens KILE-satser. Dette er i tråd med hypotesen om at dagens KILE-satser overestimerer de samfunnsøkonomiske kostnadene av et strømbrudd i handels- og tjenestenæringen. I kapittel 6 skal vi diskutere hvorvidt disse forskjellene kan brukes til å bekrefte hypotesen vår, eller om forskjellene skyldes metodevalg.

¹I praksis er dette gjort ved å legge inn lik sannsynlighet for alle mulige utfall i korreksjonsfaktorene. $\frac{5}{7}$ s sannsynlighet for ukedag og $\frac{2}{7}$ s sannsynlighet for helg. $\frac{1}{12}$ s sannsynlighet for januar, og $\frac{1}{12}$ s sannsynlighet for februar osv.

For å skape et utvidet sammenligningsgrunnlag til KILE-satsene og estimatene fra vår metode har vi sett på gjennomsnittlig verdi av BNP for handels- og tjenestenæringen i en time. Vi antar nå at dersom energiforbruk faller bort i en time vil også BNP falle bort i en time. Deler vi BNP på totalt antall timer i et år får vi et tap på tilnærmet 100 millioner kr per time. Dersom vi deler gjennomsnittlig BNP på antall arbeidstimer får vi et tap på 500 millioner kr per time.

Både antagelsen om at handels- og tjenestenæringen bidrar like mye til BNP hver time hele året, og at næringen bare bidrar til BNP mandag til fredag, åtte til fire, er urealistiske. Det kan likevel være interessant å benytte disse estimatene som et sammenligningsgrunnlag. Fordi vi har benyttet et gjennomsnittlig tall for energiforbruk basert på alle timer i et år (2 241 MWh), både for KILE-satsene og vår metode, er det mest hensiktsmessig å sammenligne disse tallene med gjennomsnittlig BNP for alle timer i et år. Dersom vi sier at BNP forsvinner i hele sektoren med en gjennomsnittlig time vil dette gi et tap på rundt 100 millioner kr (ikke kontrollert for inflasjon). KILE-satsene vil gi et tap på 267 millioner, som er over dobbelt så høyt som tapet i BNP. KILE-satsene sier da at tapet av et strømprudd i en gjennomsnittlig time er over dobbelt så høyt som gjennomsnittlig verdiskapning for en time i hele sektoren.

I kapittel 6 skal vi diskutere mulige årsaker til de store forskjellene i estimatene fra KILE-modellen og vår metode, samt implikasjonene av disse forskjellene.

5.2 Forskjeller mellom handelsnæringen og tjenestenæringen

I dagens KILE-ordning er handelsnæringen og tjenestenæringen behandlet som én sluttbrukergruppe. Både vi og Statnett har lurt på hvorvidt dette er en god inndeling. Ettersom vårt datasett enkelt kan skille mellom de to næringene har vi benyttet metoden vår til å beregne avbruddskostnaden for en gjennomsnittlig time i de to næringene.

I tabell 5.2 har vi presentert tre ulike modeller. Første modell er den samme som ble presentert i kapittel 4 og som vi valgte å ta utgangspunkt i for omgjøringsmetoden. Vi har inkludert denne modellen her for å sammenligne resultatet for både handel og tjenestesektoren opp mot en separat inndeling. I modell (2) benytter vi kun data fra handelsnæringen, mens vi i modell (3) kun benytter data for tjenestenæringen for å

estimere effekten av energi på BNP. Bortsett fra dette er de tre modellene identiske.

Prediksjonsmetoden og prosentmetoden estimerer et tap på henholdsvis 8,8 og 10,6 millioner kr for handelsnæringen, og 8,0 og 10,0 millioner kr for tjenestenæringen. Tapet er estimert for et avbrudd på 2241 MWh. Avstanden mellom avbruddskostnaden er liten, 800 000 kr for prediksjonsmetoden og 600 000 kr for prosentmetoden. I kapittel 6 skal vi se nærmere på implikasjonen av disse resultatene.

Tabell 5.2 – Resultater, forskjeller mellom handelsnæringen og tjenestenæringen

	<i>Avhengig variabel:</i>		
	log(BNP)		
	Handel og tjenester	Handel	Tjenester
	(1)	(2)	(3)
log(Sysselsetting)	0.934*** (0.029)	0.966*** (0.072)	0.885*** (0.038)
log(Investeringer)	0.004 (0.015)	-0.001 (0.018)	0.013 (0.020)
log(El)	0.068 (0.044)	0.111 (0.192)	0.065 (0.049)
Graddager	-0.00000 (0.00001)	0.00002 (0.00002)	-0.00002 (0.00002)
Konstant	-0.072 (0.677)	-1.559 (3.087)	0.582 (0.668)
Dummyvariabler: År	Ja	Ja	Ja
Observasjoner	190	190	190
R ²	0.989	0.956	0.984
Justert R ²	0.988	0.952	0.983
F statistikk	15,783.460***	3,796.494***	10,980.940***

Note:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

6. Diskusjon

I dette kapitlet skal vi benytte resultatene fra kapittel 5 til å undersøke hvorvidt dagens KILE-satser overestimerer de samfunnsøkonomiske kostnadene av et strømbrydd i handels- og tjenestenæringen. Våre estimater er betydelig lavere enn dagens satser og vi vurderer det slik at forskjellene kan skyldes tre årsaker.

Metodene kan estimere kostnadene på ulike premisser, slik at resultatene ikke er innbyrdes konsistente. Vår metode kan underestimere de samfunnsøkonomiske kostnadene. Alternativt kan hypotesen vår stemme, og dagens KILE-satser overestimerer de samfunnsøkonomiske kostnadene. I dette kapitlet vil vi diskutere disse tre årsakene til forskjeller i estimatene og konsekvensene av dem. Til slutt vil vi vurdere noen andre implikasjoner våre resultater kan ha for dagens KILE-satser ved å se på forskjellen mellom handels- og tjenester, samt forskjeller mellom fylker.

6.1 Innbyrdes konsistens

Vår metode tar utgangspunkt i en Cobb-Douglas produktfunksjon med arbeidskraft, kapital og energi som innsatsfaktorer i verdiskapning (målt i BNP). Vi estimerer marginalverdien av endringer i energiforbruk på verdiskapningen i handels- og tjenestenæringen og har benyttet to ulike omregningsmetoder for å regne ut verdien av et bortfall av energi på BNP.

Fordi vi benytter årlige makrodata kan vi ikke ta hensyn til tid på døgnet, ukedag, eller dato for avbruddet. Estimatene fra vår metode blir derfor et gjennomsnitt av kostnadene av et avbrudd, uavhengig av tidspunkt. Omsetningen og energibruk vil variere med tidspunkt, ukedag og dato, noe vår metode ikke tar hensyn til når den estimerer kostnadene av et avbrudd.

KILE-modellen tar hensyn til tidspunkt og lengden på avbruddet. I kapittel 5 presenterte vi hvordan vi gikk fram for å finne energiforbruket i en gjennomsnittlig

time for handels- og tjenestenæringen og beregnet avbruddskostnadene av denne timen. En utfordring med denne metoden er at KILE-modellen ikke estimerer kostnadene ut i fra hvor mye effekt som faller bort, det vil si antall kilowatt. Dette vil skape utfordringer når vi sammenligner resultatene. Ved hjelp av Statnett har vi likevel fått tilpasset metoden best mulig for å estimere kostnaden av et gjennomsnittlig timesavbrudd på 2241 MWh.

KILE-modellen derimot tar hensyn til hvor lenge avbruddet varer når den estimerer kostnadene. Et tap på 2241 MWh kan være dyrere om det skjer over en dag enn over en time. Vår modell ser kun på størrelsen på avbruddet og tar ikke hensyn til lengden på avbruddet. Dette kan føre til at vi sammenligner resultatene på ulike grunnlag.

6.2 Vår metode underestimerer

Den største utfordringen med vår modell er at den bygger på forutsetningen om at de tre innsatsfaktorene i Cobb-Douglas funksjonen er substitutter. Redusert energimengde kan erstattes av økt arbeidskraft eller kapital. Denne antagelsen er en forenkling og stemmer ikke godt med virkeligheten. Uten lys, varme og kassasystemer faller verdiskapningene fra arbeidskraft og kapital. I en regresjonsmodell kunne man tatt hensyn til dette ved å lage et interaksjonsledd mellom energiforbruk og de to andre innsatsfaktorene. Ved et strømbrydd ville energiforbruket vært null, og modellen ville ikke modellert verdiskapning fra de andre innsatsfaktorene. Fordi vi bruker årlige data vil energiforbruket aldri være null og det er derfor ikke mulig å ta hensyn til denne effekten. Dette medfører at vår metode trolig underestimerer kostnaden av et strømbrydd, fordi den ikke tar hensyn til avbruddets effekt på kapital og arbeidskraft som innsatsfaktorer i verdiskapningen.

Modellen vår antar substituerbarhet mellom innsatsfaktorene, og underestimerer derfor kostnadene av et avbrudd, men hvor mye underestimerer vi? Dette er et spørsmål vi ikke vil få et sikkert svar på, men ved å se på verdiskapningen i sektoren i løpet av en gjennomsnittlig time kan vi få et estimat på hvor mye BNP kan endres. Hva om et strømbrydd gjorde at BNP i hele handels- og tjenestenæringen falt bort? Antagelsen vi gjør da er at all aktivitet blir lammet som en konsekvens av strømbryddet. Energiforbruk og de andre innsatsfaktorene vil i dette tilfellet være perfekt komplementære, dersom vi ikke har elektrisitet vil vi heller ikke benytte kapital eller arbeidskraft i produksjonen. I kapittel 5 regnet vi ut at gjennomsnittlig BNP

per time tilsvarte 100 millioner kr. Den faktiske avbruddskostnaden er trolig lavere enn dette estimatet, men det kan være et godt utgangspunkt for sammenligning. Våre estimater på kostnadene av en times strømbrudd på 2 241 MWh lå mellom 7,3 og 9,2 millioner kr, mens KILE-modellen estimerte et tap på 267 millioner kr. Hvis modellen vår underestimerer kostnadene som følge av at den antar substituerbarhet mellom innsatsfaktorene, vil denne underestimeringen trolig ikke overgå kostnadsestimatet på 100 millioner kr om vi antar at all verdiproduksjon stanser. Når vi tar hensyn til dette er estimatene våre fremdeles betydelig lavere enn KILE-modellens kostnader.

Vår metode ser kun på effekten en reduksjon i energiforbruk har på BNP for handels- og tjenestenæringen. Den vil derfor inkludere de eksterne virkningene et strømbrudd har for andre aktører i denne næringen. De eksterne virkningene et strømbrudd i denne næringen skaper, for husholdninger eller bedrifter i andre næringer, vil derimot ikke fanges opp av vår metode. Dette medfører at vi underestimerer de totale kostnadene av avbruddet. Spørreundersøkelsene for KILE-satsene søker å inkludere disse kostnadene, men som vi argumenterer for i kapittel 3 er det stor usikkerhet knyttet til hvorvidt de fanger opp de reelle kostnadene.

I vår metode bruker vi BNP som et mål på verdiskapning i næringen. Endringen i BNP av en reduksjon i strømbruk blir derfor brukt som et mål på kostnader ved et avbrudd. BNP er det mest brukte målet på økonomisk utvikling og velferd i et land og blir ofte brukt i produktfunksjoner, blant annet i den kjente Solow-modellen. Selv om BNP er et vanlig mål på verdiskapning er det også en rekke utfordringer knyttet til beregningen av verdiskapning. BNP vil blant annet ikke fange opp uregistrert økonomi. Dersom mange av tjenestene som utføres i landet ikke er registrert eller det er en stor andel svart arbeid, vil vi ha et offisielt BNP-tall som er betydelig lavere enn den reelle verdiskapningen i landet. BNP vil heller ikke fange opp ubetalt arbeid. (Holden, 2016, p. 17)

Handel- og tjenestenæringen kan være spesielt følsom for dette da en del tjenester kan lettere kjøpes svart, som renhold og barnepass. Under tjenestenæringen er aktiviteter i medlemsorganisasjoner inkludert og frivillig arbeid i disse organisasjonene vil heller ikke inkluderes i BNP. Det vil derfor være deler av handels- og tjenestenæringen BNP ikke fanger opp og som vi derfor ikke inkluderer i vår modell, noe som kan bidra til å underestimere de faktiske kostnadene. Hvis kostnadene hos disse bedriftene ikke fanges opp av dagens KILE-modell vil ikke dette være et problem i sammenligningen av resultatene.

6.3 KILE-satsene overestimerer

Som vi diskuterte i kapittel 3 er det god grunn til å mistenke at dagens KILE-satser overestimerer de samfunnsøkonomiske kostnadene av et strømbrydd i handels- og tjenestenæringen. Dagens metode kan kritiseres for å ikke fange opp de positive eksterne virkningene av et avbrudd. Et avbrudd kan føre til økt etterspørsel hos konkurrerende bedrifter, eller avbruddsbedriften i en senere periode. Dette er et spesielt stort problem for KILE-satsene til sluttbrukergruppen handels- og tjenestenæringen. Produksjonsbedrifter er ofte bundet av kapasitetsbegrensninger og kan ikke øke produksjonen på kort sikt, selv om etterspørselen øker. Handelsbedrifter har derimot ofte plass til flere kunder og er i mye mindre grad bundet av kapasitetsbegrensninger. De kan derfor enkelt møte en økt etterspørsel ved behov. Tjenestenæringen ligger trolig et sted mellom handelsbedrifter og produksjonsbedrifter. At dagens KILE-satser ikke tar tilstrekkelig hensyn til denne positive eksterne virkningen av et avbrudd gjør det svært sannsynlig at de overestimerer de samfunnsøkonomiske kostnadene av et strømbrydd.

Som vi argumenterte for i kapittel 3 har også respondentene i spørreundersøkelsen som dagens KILE-satser baserer seg på et insentiv til å overdrive de bedriftsøkonomiske kostnadene. Dette insentivet vil være gjeldende for alle sluttbrukergrupper og taler for at KILE-satsene generelt overestimerer avbruddskostnadene.

I figur 1.1 (kapittel 1) ser vi dagens KILE-satser for handels- og tjenestenæringen sammenlignet med KILE-satsene for de andre sluttbrukergruppene. For lengre avbrudd estimeres kostnadene i handels- og tjenestenæringen til å være omtrent dobbelt så høye som for sluttbrukergruppen industri. Hvis dagens KILE-satser ikke overestimerer de faktiske kostnadene kan denne forskjellen komme av to årsaker. For det første kan de bedriftsøkonomiske kostnadene av et avbrudd i handels- og tjenestenæringen være mye høyere enn kostnadene i industrien. Det virker likevel urealistisk at handels- og tjenestenæringen har så mye høyere marginer enn industrien, og at avbruddskostnadene derfor skal være så mye høyere. Det andre alternativet er at de eksterne virkningene av et avbrudd i handels- og tjenestenæringen er høyere enn i industrien. Som vi har diskutert tidligere tror vi ikke dette er tilfellet. Det virker også usannsynlig at kostnadene av et avbrudd skal være over dobbelt så høye som gjennomsnittlig BNP per time. Selv om et avbrudd kan føre til direkte kostnader utover stans i verdiproduksjon som for eksempel tapte varelager, virker det likevel som KILE-satsene er for høye. Totalt sett vurderer vi det som lite sannsynlig at

KILE-satsene skal være så mye høyere enn de andre sluttbrukergruppene. Dette trekker i retning av at dagens satser overestimerer de samfunnsøkonomiske kostnadene av et strømbrudd i handels- og tjenestenæringen.

6.4 Konklusjon

I dette kapitlet har vi sannsynliggjort at resultatene våre kan sammenlignes med dagens KILE-satser. Vi har sett på mulige årsaker til at vår metode underestimerer de samfunnsøkonomiske kostnadene av et avbrudd og til at KILE-satsene overestimerer dem. Dagens KILE-satser for handels- og tjenestenæringen er mye høyere enn satsene for andre sluttbrukergrupper, og dagens metode fanger ikke tilstrekkelig opp de positive eksterne virkningene av et strømbrudd. Vår metode underestimerer muligens kostnadene fordi den ikke tar hensyn til den lave substituerbarheten mellom de tre innsatsfaktorene energi, arbeidskraft og kapital, men denne underestimeringen er trolig ikke stor nok til å forklare forskjellene mellom våre estimater og KILE-modellen. Resultatene fra vår metode er såpass mye lavere enn dagens KILE-satser at det styrker antagelsen betraktelig om at dagens KILE-satser overestimerer de samfunnsøkonomiske kostnadene av et strømbrudd i handel- og tjenestenæringen.

Konsekvensene, dersom analysen vår er korrekt, er at det i dag overinvesteres i nettutbygging. De estimerte samfunnsøkonomiske kostnadene av strømbrudd er i dag høyere enn de faktiske kostnadene. Det gjør at vi har en ineffektiv allokering av samfunnets ressurser og nettselskapene har et insentiv til å levere et høyere nivå av leveringspålitelighet enn det som er samfunnsøkonomisk optimalt. Fra konsumentene sin side kan de oppleve å betale mer i nettleie enn deres betalingsvillighet er, det vil si at strømregningen er høyere enn den burde være.

6.5 Videre analyser

Avslutningsvis vil vi i dette kapitlet se på noen andre implikasjoner våre resultater har for dagens KILE-modell. Vi har benyttet vår modell til å utforske forskjeller mellom handel- og tjenestesektoren og se på forskjeller mellom fylker. Resultatene fra regresjonsmodellene for handel- og tjenestesektoren er inkludert i kapittel 5, mens vi har inkludert resultatene for hvert fylke i appendiks A.4.

6.5.1 Sluttbrukergruppen handels- og tjenestenæringen

Handels- og tjenestenæringen har det til felles at de ikke er elektrisitets-intensive næringer. De benytter elektrisitet til operasjoner som oppvarming og nedkjøling, men de største utgiftene er knyttet til vareinnkjøp og timelønn. Dette er trolig grunnen til at de er slått sammen til en sluttbrukergruppe i KILE-ordningen. Likevel har de noen fundamentale forskjeller, som kan gi grunnlag for å undersøke om de bør behandles som to sluttbrukergrupper.

I handelsnæringen er varelager og plass i butikken de to viktigste kapasitetsbegrensningene og de er sjeldent bindende. Det er naturlig å anta at etterspørselen vil øke etter et avbrudd, som følge av at kundene vil ta igjen det de ikke fikk kjøpt under avbruddet. Handelsnæringen kan ofte møte denne økningen i etterspørselen enkelt om varelageret ikke gikk tapt og de ikke har stappfulle butikker til vanlig. Tjenestenæringen derimot er i større grad bundet av kapasitetsbegrensningen arbeidstimer. De har ikke nødvendigvis nok ledige timer til å betjene dobbelt så mange kunder i perioden etter avbruddet. Denne forskjellen gjør det interessant å diskutere hvorvidt de to næringene burde vært separate sluttbrukergrupper i KILE-ordningen.

I kapittel 5 sammenlignet vi avbruddskostnadene av et strømbrudd i handelsnæringen med et strømbrudd i tjenestenæringen. Forskjellene var små og kan tyde på at det er fornuftig at næringene utgjør en sluttbrukergruppe. Det var også overraskende at kostnaden for handelsnæringen var høyere enn for tjenestenæringen. Vår hypotese var at handelsnæringen enklere kunne ta igjen tapet sitt og derfor ville ha lavere kostnader knyttet til et avbrudd. Dette kan skyldes at handelsnæringen har reelt høyere kostnader, men det er også verdt å merke seg at standardfeilen for energiforbruk er fire ganger så stor for handelsnæringen sammenlignet med tjenestenæringen. Feilmarginen er derfor større for effekten av energi på BNP i handelsnæringen.

Fordi vi har et begrenset utvalg er det vanskelig å trekke sterke konklusjoner av denne analysen. Førsteintrykket kan tyde på at det er fornuftig å beholde de to næringene som en felles sluttbrukergruppe, men i en ny analyse med en lengre tidsserie er dette verdt å se nærmere på.

6.5.2 Forskjell mellom fylker

Dagens beregninger av KILE-satsene har ikke utforsket hvorvidt det kunne vært relevant å kontrollere for fylke. Bedrifter fra handels- og tjenestenæringen er trolig svært like på tvers av fylkene, men de direkte bedriftsøkonomiske kostnadene av et avbrudd kan likevel være forskjellig mellom fylkene. Ikea vil trolig ha høyere inntjening ved sin filial i Oslo enn på Ringsaker i Innlandet, dermed vil også konsekvensene av strømbruddet være ulike. Det kan også tenkes at graden av kostnader som tas igjen av konkurrenter kan være forskjellige. Fylker med en stor andel tettbygde byer har flere bedrifter som er gode substitutter for hverandre. Et strømbrudd i et slikt område kan derfor ha lavere kostnader fordi kundene kan kjøpe produktet et annet sted.

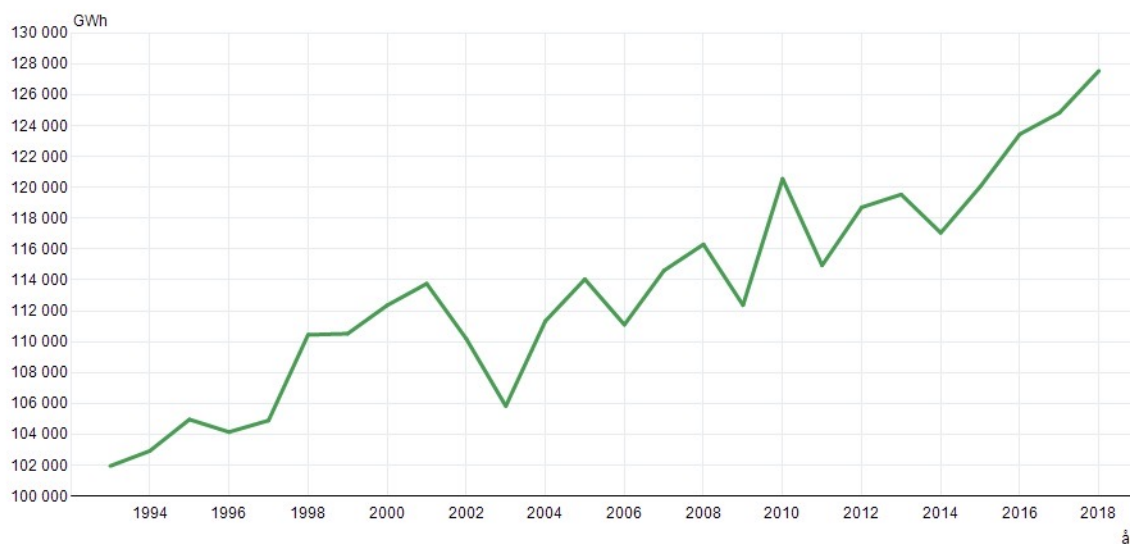
Det er svært utfordrende å anslå hva slags forskjeller som kan eksistere på tvers av fylkene, men om noen fylker har en større energiavhengighet for handels- og tjenestenæringen kan det være verdt å kontrollere for. Vi har benyttet datasettet til å se på forskjellen mellom fylker, og resultatene fra regresjonen er presentert i appendiks A.4. Fra regresjonstabellen ser vi at koeffisienten for energi, det vil si effekten av energiforbruk på BNP, varierer mellom fylkene. Datasettet vi har benyttet inneholder kun 10 observasjoner av hvert fylke og det er derfor ikke mulig å trekke noen konklusjoner om effekten. Resultatene kan likevel gi en antydning til at disse forskjellene eksisterer. Med en lengre tidsserie og datasett på kommunenivå kunne det vært spennende å utforske disse forskjellene nærmere.

7. Veien videre

I dette kapitlet vil vi se på mulig etterarbeid og forbedringer av oppgaven vår. Først vil vi diskutere mulige forbedringer i datasettet og konsekvensen dette vil ha for resultatene våre. Deretter vil vi se på økonomiske utfordringer med metoden vår. Avslutningsvis skal vi se på noen mulige forbedringer knyttet til dagens KILE-satser og gi vår anbefaling for videre arbeid.

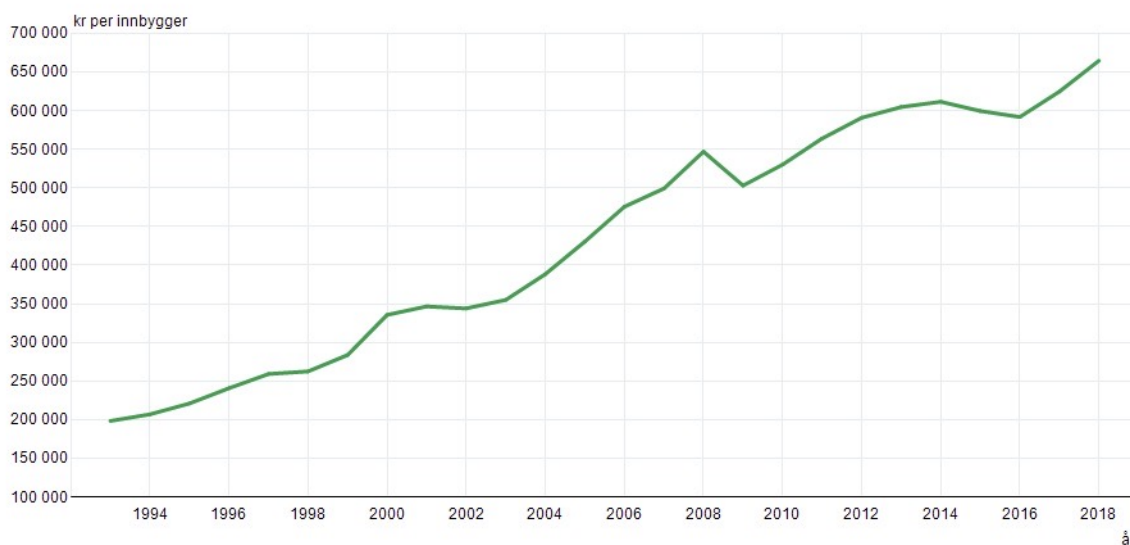
7.1 Datasett

En svakhet med vår analyse er at utvalgsstørrelse er liten. Ved videre arbeid med metoden vil et økt datagrunnlag være sentralt. Data for energibruk før 2008 for handels- og tjenestenæringen er ikke offentlig tilgjengelig i statistikkbanken og vi har derfor ikke hatt mulighet til å utvide tidsserien vår. Dette gjelder både data på fylkesnivå og nasjonalt nivå.



Figur 7.1 – Nettoforbruk av elektrisk kraft (GWh), alle forbruksgrupper (Statistisk sentralbyrå, 2020d)

Gjennom å øke lengden på tidsserien vil det trolig være en sterkere sammenheng mellom elektrisitetsforbruket og utviklingen i BNP. Effekten av energiforbruk på BNP vil da trolig være signifikant. På kort sikt vil ikke energiforbruket endres like mye og vil derfor i mindre grad forklare utviklingen i BNP. Dersom vi ser på utviklingen i perioden fra 1993 til 2018 ser vi en klar positiv utvikling. I perioden 2008 til 2017 ser vi en mer moderat utvikling og det vil antakelig gi en svakere sammenhengen mellom BNP og energibruk.



Figur 7.2 – Bruttonasjonalprodukt etter år (kr per innbygger) (Statistisk sentralbyrå, 2020c)

I figur 7.2 ser vi samme positive utvikling i BNP i samme tidsperiode, noe som er tydeligere i den utvidede tidsserien. Her er det viktig å påpeke at korrelasjon ikke medfører kausalitet og at kontrollvariabler vil være svært viktig for å ikke trekke feil slutninger. Resultatene vil være mer robuste ved å utvide tidsserien. Med en utvidet tidsserie vil det også bli enda viktigere å kontrollere for trender, da de ofte kan forklare store deler av utviklingen. Da kan det være relevant å gjøre tidsserieanalyser i tillegg til paneldatanalyser. Ved eventuelt videre arbeid med metoden vil det å utvide datasettet, i våre øyne, være det viktigste for å styrke metoden.

Det hadde også vært ønskelig å skaffe et paneldatasett med lavere aggregeringer. Hvis vi hadde hatt muligheten til å se på utviklingen i BNP, energiforbruk, arbeidskraft og kapital over måneder, uker eller dager hadde vi fått mange nye muligheter. For det første ville det vært større variasjon og vi hadde fått bedre, og forhåpentligvis

signifikante resultater. For det andre kunne metoden vår kontrollert for tidspunkt på året og ukedag, og bedre sammenlignes med dagens KILE-satser.

Det kunne også vært fordelaktig å benyttet vår metode til å beregne kostnaden av strømbrudd for andre sluttbrukergrupper og sammenlignet resultatene med KILE-satsene for disse sluttbrukergruppene. Vi har fokusert på handels- og tjenestenæringen i denne oppgaven etter mistanke om at disse KILE-satsene kunne overestimere de faktiske kostnadene. Med mer tid og ressurser hadde vi ønsket å anskaffe et tilsvarende datasett som det vi har brukt i denne oppgaven for andre sluttbrukergrupper. Da kunne vi sett om våre estimater for andre sluttbrukergrupper var nærmere KILE-satsene for de sluttbrukergruppene. Det hadde vært en god indikator på hvorvidt metodene var innbyrdes konsistente og om den store differansene skyldtes metodeforskjeller eller faktisk feilestimering.

7.2 Økonometriske utfordringer

Det vil også være økonometriske utfordringer knyttet til vår modell. De utfordringene vi har trukket fram er simultanitet og utelatte variabler. Simultanitetsproblemet oppstår når en av forklaringsvariablene påvirker den avhengige variabelen samtidig som den avhengige variabelen påvirker forklaringsvariabelen. Vi ser på hvordan energiforbruk påvirker BNP, men det er også sannsynlig at BNP påvirker energiforbruk. Ved høyere verdiskapning kan selskapene bytte ut arbeidskraft mot energiforbrukene maskiner. Simultanitetsproblemet kan løses ved å bruke en instrumentvariabel, som fanger opp skifter i energi, uten å påvirke BNP. Vi har dessverre ikke hatt muligheten til å skaffe noen variabler med den kvaliteten. Ettersom vi har et data fra en relativt kort tidsperiode er det naturlig å anta at energiforbruk har større påvirkning på verdiskapning, enn verdiskapning har på energiforbruk. Over en lenger tidsperiode vil det være mer sannsynlig at man endrer produksjonsmetoden til nye metoder som krever høyere energiforbruk. Det er derfor mulig at resultatene våre kun i liten grad er preget av simultanitetsutfordringer. Om vi har utfordringer knyttet til simultanitet er det dessverre vanskelig å anslå om dette trekker estimatene våre opp eller ned.

Utelatt variabelskjevhet oppstår når vi ikke inkluderer en relevant variabel som påvirker både en av forklaringsvariablene inkludert i regresjonen og den avhengige variabelen. Hvis det finnes variabler som påvirker energiforbruket og verdiskapningen i handels- og tjenestenæringen vil dette påvirke estimatene våre. De to viktigste variablene med denne egenskapen er trolig temperatur og teknologisk utvikling. Vi

har kontrollert for temperatur gjennom graddagstall og teknologisk utvikling kan fanges opp av tidskontrollene våre. Likevel kan det være andre variabler som påvirker estimatene våre.

7.3 KILE-satsene

En utfordring med oppgaven er at data fra spørreundersøkelsen brukt til dagens KILE-satser ikke lenger er tilgjengelig. Vi har tilgang til de ferdige satsene, men vi kan ikke se hvor stor påvirkning ulike størrelser som bedriftsøkonomiske kostnader og eksterne virkninger hadde på satsene. Kunnskap om dette ville vært verdifullt når vi utforsker hypoteser om hvorvidt dagens satser underestimerer de positive eksterne virkningene, og derfor overestimerer totale kostnader.

Norge er et langstrakt land med geografiske og demografiske forskjeller. Forskjeller i klima og befolkningstetthet er noen av faktorene som varierer mellom ulike deler av landet og som påvirker energiforbruk. Dette er årsaken til at vi har sett på en geografisk inndeling for strømavbrudd. Betalingsvillighet for strømavbrudd kan tenkes å variere mellom ulike fylker og vil derfor være sentralt å utforske disse forskjellene videre. I områder som Oslo, Bergen, Trondheim og Stavanger opplever sjeldent hele byer strømbrudd. Her vil det derfor være lett for kunder å flytte etterspørselen sin til konkurrerende bedrifter som ikke er rammet av strømbruddet. Dette vil føre til lavere kostnader av strømbrudd i disse områdene. I appendiks A.4 har vi sett nærmere på forskjeller mellom fylker, og vi konkluderer med at slike geografiske forskjeller burde KILE-modellen se nærmere på.

7.4 Avsluttende anbefalinger

I denne oppgaven har vi styrket mistanken om at dagens KILE-satser for handels- og tjenestenæringen overestimerer de samfunnsøkonomiske kostnadene av et strømbrudd. Konsekvensene av dette er at det overinvesteres i nettutbygging i Norge og at nettleien blir høyere enn den burde vært. Vi anbefaler derfor Statnett å replikere metoden vi har utformet i denne oppgaven for de andre sluttbrukergruppene, og med et mer detaljert datasett. På sikt kan man utarbeide en ny metode for å estimere KILE-satsene med makrodata. En slik modell kan være mindre utsatt for utfordringene knyttet til dagens metode, billigere å gjennomføre, samt fange opp flere eksterne virkninger enn dagens modell.

Referanser

- Doorman, G., Kjølle, G., Uhlen, K., Huse, E. S., & Flatabø, N. (2004). *Vulnerability of the Nordic Power System*. SINTEF Energy Research. TR NO: F5962.
- Energifakta Norge. (2019). *Strømnettet*. Date Accessed: 14.04.2020. <https://energifaktanorge.no/norsk-energiforsyning/kraftnett/#statnett-sf>
- ENOVA. (2020). *Graddagstall*. Date Accessed: 21.01.2020. <https://www.enova.no/om-enova/drift/graddagstall/>
- Forskrift om økonomisk og teknisk rapportering, inntektsramme for nettvirksomhet og tariffer. (1999). <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1999-03-11-302/>
- Goolsbee, A., Levitt, S., & Syverson, C. (2013). *Microeconomics*. Worth Publishers.
- Hammer, U. (2007). *Investeringer i kraftproduksjon og nett. En rettslig studie*. Olje- og energidepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/Investeringer-i-kraftproduksjon-og-nett-/id488563/>
- Hofmann, M., Seljeseth, H., Volden, G. H., & Kjølle, G. H. (2010). Study on Estimation of Cost due to Electricity Interruptions and Voltage Disturbances, 146.
- Holden, S. (2016). *Makroøkonomi*. Oslo, Cappelen Damm akademisk.
- Kjølle, G. H., Samdal, K., Singh, B., & Kvitastein, O. A. (2008). Customer costs related to interruptions and voltage problems: Methodology and results. *IEEE Transactions on Power Systems*, 23(3), 1030–1038. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2008.922227>
- NordPool. (2020). *Historical Marked Data*. Date Accessed: 29.04.2020. <https://www.nordpoolgroup.com/historical-market-data/>
- Olje- og energidepartementet. (2019). *Energifakta Norge*. Date Accessed: 14.04.2020. <https://energifaktanorge.no/norsk-energiforsyning/kraftnett/>
- Pöyry Management Consulting. (2012a). *Samfunnsøkonomiske kostnader ved avbrudd og spenningsforstyrrelser - Implikasjoner for regulering*. Oslo.
- Pöyry Management Consulting. (2012b). *Samfunnsøkonomiske kostnader ved avbrudd og spenningsforstyrrelser – private bedrifter og offentlige tjenester*, (Publ.nr: 349-2012).

- Statistisk sentralbyrå. (2020a). *Årlig Elektrisitetsstatistikk*. Tabell: 08312. <https://www.ssb.no/statbank/table/08311>
- Statistisk sentralbyrå. (2020b). *Fylkesfordelt Nasjonalregnskap*. Tabell: 11713. <https://www.ssb.no/statbank/table/11713/>
- Statistisk sentralbyrå. (2020c). *Nasjonalregnskap*. Tabell: 09824. <https://www.ssb.no/statbank/table/09842/chartViewLine/>
- Statistisk sentralbyrå. (2020d). *Nettoforbruk av elektrisk kraft*. Tabell: 08311. <https://www.ssb.no/statbank/table/08311/chartViewLine/>
- Statnett. (2018). *Policy for samfunnsansvar*. Oslo. <https://www.statnett.no/globalassets/om-statnett/strategi-og-samfunnsansvar/policy-samfunnsansvar.pdf>
- Sun, T., Wang, X., & Ma, X. (2009). Relationship between the economic cost and the reliability of the electric power supply system in city: A case in Shanghai of China. *Applied Energy*, 86(10), 2262–2267. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.12.008>
- Vista Analyse. (2019a). Alternative måter å regne KILE-kostnaden på, (Rapport 2019/26), 43.
- Vista Analyse. (2019b). Analytisk arbeid med kostnad og ulempe ved strømbrudd i Norge: En kartlegging, (Rapport 2019/13), 46.
- Vista Analyse. (2019c). Hvordan avbruddskostnader utvikler seg over tid, (Rapport 2019/12), 53.
- Vista Analyse. (2018). Mot en bedre forståelse av kostnad og ulempe av strømbrudd. Prosjektbeskrivelse, FoU-prosjekt, 15.
- Weil, D. N. (2009). *Economic Growth*. Boston, Pearson Education.
- Wooldrige, J. M. (2016). *Introductory Econometrics: A Modern Approach* (6th ed.). Boston, Cengage Learning.

A. Appendiks

A.1 Konsekvenser av strømbrudd ved ulike tidsperioder

I tabell A.1 ser vi en oversikt over de ulike konsekvensene knyttet til strømavbrudd, kategorisert ut i fra lengden på avbruddet. Oversikten er utarbeidet i 1984, men de fleste konsekvensene er tilnærmet lik for dagens samfunn. Funksjonene som har endret seg mest er telekommunikasjon og datamaskiner, noe som trolig gjør dagens samfunn enda mer sensitiv for strømbrudd (Doorman et al., 2004, pp. 57–58).

Tabell A.1 – Konsekvenser av strømbrudd

Tid	Funksjon	Konsekvens
1 sekund	Magnetiske kraner Flykontroll, kontrolltårn Datamaskiner Industriprosesser	Lasten kan falle ned Påvirker fly sikkerhet, i luften Tap av informasjon og arbeid Stopp i industriprosesser som kan føre til flere timer tap av produksjon
10-15 min	Smelteverk Kun datamaskiner med batterikapasitet	Flytende materiale under transport må reddes Systemstopp, men ikke tap av informasjon
15-30 min	Gårdsbruk Heiser T-bane, undergrunnsbane	Dyr kan dø Det begynner å bli ubehagelig å vente i heisen Det er ubehagelig å vente
30 min	Prosessindustri Smelteverk	Stopp i prosessene, nede-tid på opp til 24 timer Fare for at flytende materiale stivner
2 timer	Grisefarmer Meierier Vannforsyning	Ventilasjonsproblemer, mulig død for dyr Redusert produksjon Noen områder begynner å tape vann

Tid	Funksjon	Konsekvens
6 timer	Smelteverk Gartnerhus	Flytende materiale stivner, betydelig økonomisk tap Skade som følge av tørke eller frysing, kommer ann på tid på året.
8 timer	Vannforsyning Varmesystem Meierier	Risiko for at forurenset vann blander seg pga lavt trykk Noen bygninger begynner å bli ubehagelige kalde, problemer for sykehjem Risiko for sykdom og fortsatt redusert prod
10 timer	Telekommunikasjon	Reservebatterier går tom, stopp i trafikken
12-24 timer	Mennesker og dyr Veitransport Mat Bygninger Renseanlegg	Tilgang til vann og mat Bensinstasjoner tomme for bensin Mat i kjøleskap og fryser blir ødelagt, problemer med distribusjonen til folk. Mange bygninger blir veldig kalde, fare for frys av vannsystem som gir vannlekkasje Risiko for kollaps av renseanlegg, kan gi lange nedetider
Flere dager	Dagliglivet Reservekraft	Fungerer ikke. Mange selskaper stenger. Betydelige problemer med vannforsyning, mat og varme. Mangel på drivstoff, behov for vedlikehold, økt sannsynlighet for feil

A.2 Kategorisering av handels- og tjenestesektoren

Vi har definert handels- og tjenestenæringen ut fra en standard for næringsgruppering fra SSB (SN2007) som passer best med inndelingen fra spørreskjema for bedrifter i handel og tjenestenæringen Pöyry gjennomførte i 2012 (Pöyry Management Consulting, 2012b, Vedlegg 11). For at våre resultater best mulig skal kunne sammenlignes med KILE-satsene utarbeidet i 2012 har vi lagt stor vekt på inndelingen da vi utarbeidet datasettet. Det beste ville vært om Pöyry hadde benyttet samme standard for næringsgrupperinger i sin kategorisering og vi ville da vært helt trygge på at inndelingen er sammenfallende. Ut fra formuleringen i tabell A.2 ser vi at kategoriseringen er nesten identisk for tjenestenæringen og at kategorien ”varehandel” brukt av SSB trolig fanger opp de samme gruppene som Pöyry lister opp i detalj.

Tabell A.2 – Kategorisering av handel- og tjenestesektoren

Inndeling SSB	Inndeling Pöyry (2012)
I gruppen handel inngår:	
Varehandel, reparasjon av motorvogner (45-47)	Nærings- og nytelsesmidler Møbler og innbo Jernvare og fargevare Produksjonsmidler Handel/reparasjon av motorvogner Brensel og drivstoff
Beklednings- og tekstilvare er utelatt på grunn av manglende observasjoner på fylkesnivå	Beklednings- og tekstilvare
I gruppen tjenester inngår:	
Overnattings- og serveringsvirksomhet (55+56)	Overnattings- og serveringsvirksomhet
Informasjon og kommunikasjon (58-63)	Informasjons- og kommunikasjonstjenester (IKT)
Finansiell tjenesteyting, forsikring og pensjonskasser (64-66)	Finansiering- og forsikringsvirksomhet
Omsetning og drift av fast eiendom (68)	Omsetning og drift av fast eiendom
Faglig, vitenskapelig og teknisk tjenesteyting (69-75)	Faglig, vitenskapelig og teknisk tjenesteyting
Forretningsmessig tjenesteyting (77-82)	Forretningsmessig tjenesteyting
Kunstnerisk virksomhet, bibliotek mv, sport og fritid (90-93)	Produksjon av film, video, tv, radio, musikk og forlagsvirksomhet Kultur og idrettsaktiviteter
Aktiviteter i medlemsorganisasjoner (94)	Organisasjonsvirksomhet
Tjenesteyting ellers (95-99)	Annen personlig tjenesteyting

I nasjonalregnskapet, hvor vi har hentet tall på sysselsetting, investering og BNP, var inndelingen vi trengte til å skille ut de aktuelle gruppene tilgjengelig i statistikkbanken. Energibruk var også tilgjengelig i statistikkbanken, men det var ikke mulig å skille ut handel- og tjenestenæringen. For energiforbruk fikk vi derfor hjelp av Magne Holstad i SSB til å hente ut årlig elektrisitetsforbruk for de aktuelle gruppene. Vi har valgt å fjerne "Beklednings- og tekstilvarer" i vårt datasett på grunn av manglende observasjoner på fylkesnivå. Dette vil trolig ikke påvirke våre estimater da det var få observasjoner med lave verdier.

A.3 Beregning av KILE-satsene

Dette appendikset skal fungere som et supplement til diskusjonen rundt KILE-satsene i oppgaven. I dette appendikset søker vi å utbrodere de mer tekniske detaljene knyttet til beregningen av KILE-satsene. Ved et strømbrudd vil KILE-satsene benyttes til å estimere konsekvensene av avbruddet. Dette vil avgjøre hvor mye som skal trekkes fra inntektsrammene til nettselskapene. Kostnadene ved et avbrudd beregnes ut fra hvor stort område er rammet, når på dagen, hvilken ukedag og når på året.

KILE-satsene er regnet ut for referansetidspunktet til sluttbrukergruppen. Referansetidspunktet er det verst tenkelige tidspunktet for sluttbruker. For husholdninger er dette en tirsdag i januar kl.16, for jordbruket er det om sommeren. For handel- og tjenestenæringen er det en hverdag kl.10 om vinteren. Dersom strømbruddet skjer på et annet tidspunkt vil en korreksjonsfaktor benyttes for å korrigere for dette da det vil påvirke kostnadene for avbruddet.

Kjennetegn	Verdi	Handel- og tjenester
Klokkeslett	Kl. 08	0
	Kl. 18	-71
	Kl. 02	-89
Ukedag	Lørdag	-55
	Søndag	-89
Årstid	Vår	0
	Sommer	2
	Høst	6
Varsling	24 timer	-17
	3 døgn	-30
	7 døgn	34

For handels- og tjenestenæringen er avbruddskostnaden (i kr) vesentlig lavere når avbruddet oppstår om kvelden eller om natten sammenlignet med referansetidspunktet (kl.10). Handel- og tjenestenæringen opprettholder sin produksjon i noen grad om kvelden, det vil derfor fremdeles vil være et samfunnsøkonomisk tap av et strømbrudd om natten. Avbrudd som oppstår en hverdag medfører også høyere kostnad enn avbrudd som skjer i løpet av helgen. Kostnadene for bedrifter innen handels- og tjenestenæringen er i noen, men liten grad avhengig av årstid.

Et geografisk stort utbredte avbrudd kan gi større negative eksterne virkninger for samfunnet enn hva som er tilfellet med et geografisk lite utbredt avbrudd. Årsaken skyldes at ved geografisk utbredte avbrudd blir det i mindre grad mulig for kundene til bedriftene som opplever avbrudd å gjøre sine innkjøp hos andre leverandører i nærheten, siden de alternative leverandørene også opplever avbrudd. Pöyry fant at de samfunnsøkonomiske kostnadene ved et avbrudd kan øke som følge av at avbruddet rammer et større område særlig innen varehandel og privat tjenesteyting. Selv innenfor denne sektoren viser beregninger at den kvantitative betydningen for normaliserte avbruddskostnader er begrenset (under 10 prosent) (Pöyry Management Consulting, 2012a, p. 10).

Dersom det er et strømbrudd ved en trafostasjon blir de totale kostnadene av strømbruddet beregnet for alle sluttbrukerkundene i området knyttet til denne trafostasjonen. Per i dag har man oversikt over det totale strømforbruket i området, men ikke hvor mye hver enkelt gruppe bruker. For å beregne den totale kostnaden kan det brukes en forbruksmiks basert på en gjennomsnittandel for hver gruppe av totalt forbruk for energi, Statnett har utarbeidet denne oversikten ved å benytte tall estimert av SSB.

Sektor	Storby	Generell
Jordbruk	0%	9,22%
Husholdninger	50%	32%
Industri (eks. eldrevne)	6%	32%
Handel og private tjenester	20%	15%
Offentlige tjenester	20%	8%
Metall	1%	17%
Kjemisk	1%	10%
Gass og raffineri	1%	6%
Treforedling	1%	3%
Sum	100%	100%

Satsene for handels- og tjenestenæringen oppdateres med endringene i prisindeksene for bruttoproduktet i denne sektorene ifølge Nasjonalregnskapet. Pôyry har utarbeidet anbefalte kostnadsfunksjoner for KILE-ordningen basert på lineær interpolering mellom avbruddsvarighetene. For avbrudd kortere enn ett minutt for handel- og tjenestenæringen, er det lagt til grunn konstant kostnad per kW tilsvarende estimert kostnad for kortvarig underspenninger, der estimatet er lavere enn avbruddskostnadene for ett minutts avbrudd. (Vista Analyse, 2019a)

A.4 Forskjeller mellom fylker

I utformingen av vår metode har vi benyttet en modell med tilfeldige effekter (Random Effects). Dette er basert på antagelsen om at fylker har latente forskjeller, som varierer mellom fylker, men at disse ikke er korrelert med vår uavhengige variabel av interesse, energiforbruk. I mange næringer som for eksempel industri, vil bedrifter variere stort mellom ulike fylker ¹. Noen fylker vil ha energiintensive industribedrifter, og andre vil ha mindre energiintensive bedrifter. Handels- og tjenestenæringen på den andre side forandrer seg lite over fylkesgrensene, hoteller og butikker drives på samme måte. Derfor har vi valgt å bruke en tilfeldig effekt modell, fremfor en fast effekt modell.

Likevel kan det være verdt å utforske forskjeller i energiavhengighet mellom fylker. Noen fylker har en større andel store byer enn andre, som for eksempel Oslo, Akershus, Hordaland, Trøndelag, osv. Om vi hadde hatt data på kommunenivå ville dette vært enda tydeligere. Et strømbrudd i Norge rammer sjeldent en hel stor by, og ved et strømbrudd i Oslo-sentrum vil innbyggerne ha mange alternative handels- og tjenestenærings bedrifter å oppsøke. Reiseveien til en konkurrent som ikke er rammet av strømbruddet er kort, og kundene rammes derfor i liten grad av et strømbrudd. Fordi kundene påvirkes lite og de lett kan flytte etterspørselen sin til en bedrift som ikke er rammet av strømbruddet, blir kostnadene av strømbruddet begrenset til de bedriftsøkonomiske kostnadene i bedriften som opplevde strømbruddet. Dette vil være spesielt for større byer og er et argument for å bruke en fast effekt modell. Dette vil være mye viktigere med data på kommunenivå og vi anbefaler Statnett å se nærmere på dette.

I A.4 og A.5 har vi gjennomført tilfeldig effekt regresjonen fra kapittel 4 for alle fylkene i Norge. Vi har delt datasettet vårt i 19 datasett, ett for hvert fylke, og i tabell A.3 er det en oversikt over fylkene og fylkeskodene. Vi ser at koeffisienten for `El.Handel og Tjenester` varierer mye fra fylke til fylke. Noen er relativt like resultatene for alle fylkene, mens for eksempel Oslo (3) er mye høyere og effekten er signifikant. Vi kan dessverre ikke trekke noen konklusjoner basert på disse regresjonene da vi kun har 10 observasjoner av hvert fylke. Med en lengre tidsserie kunne det vært spennende å utforske disse forskjellene videre.

¹Vi har benyttet fylkesinndelingen før endringen i 2020 og i 2018, da datasettet vårt kun løper frem til 2017.

Tabell A.3 – Fylkeskoder og fylker

Fylkeskode	Fylke
1	Østfold
2	Akershus
3	Oslo
4	Hedmark
5	Oppland
6	Buskerud
7	Vestfold
8	Telemark
9	Aust-Agder
10	Vest-Agder
11	Rogaland
12	Hordaland
14	Sogn og Fjordane
15	Møre og Romsdal
16	Sør-Trøndelag
17	Nord-Trøndelag
18	Nordland
19	Troms
20	Finnmark

Tabell A.4 – Regresjonsmodeller (RE) for fylkeskode 1-10

	<i>Afhengig variabel:</i>									
	log(BNP_HandelogTjenester)									
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
log(Sysselsetting_HandelogTjenester)	1.335*** (0.193)	1.280*** (0.252)	1.087*** (0.054)	1.335*** (0.193)	0.948*** (0.231)	0.553 (0.984)	1.197** (0.371)	1.310*** (0.306)	1.281** (0.464)	1.041* (0.464)
log(Investeringer_HandelogTjenester)	-0.045 (0.062)	-0.052 (0.076)	0.055 (0.040)	-0.045 (0.062)	0.111 (0.057)	0.142 (0.197)	-0.115 (0.259)	0.095 (0.148)	0.132 (0.156)	0.088 (0.101)
log(El_HandelogTjenester)	0.102 (0.191)	0.049 (0.256)	0.499** (0.140)	0.102 (0.191)	-0.844 (0.705)	0.602 (1.284)	-0.484 (0.539)	-0.476 (0.297)	-0.350 (0.429)	-0.008 (0.470)
Graddager	-0.00000 (0.00004)	0.00003 (0.00004)	0.00000 (0.00002)	-0.00000 (0.00004)	0.0001 (0.0001)	-0.0001 (0.0001)	0.00004 (0.0001)	0.00003 (0.00005)	0.00001 (0.0001)	0.00001 (0.0001)
Constant	-4.240 (3.618)	-3.142 (4.073)	-11.809** (3.253)	-4.240 (3.618)	16.807 (15.588)	-8.425 (18.215)	9.386 (10.217)	6.419 (5.904)	3.911 (5.666)	-0.442 (5.661)
Observasjoner	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
R ²	0.987	0.992	0.997	0.987	0.995	0.985	0.990	0.965	0.952	0.971
Justert R ²	0.977	0.986	0.995	0.977	0.991	0.973	0.982	0.937	0.914	0.948
Residual Std. Error (df = 5)	0.018	0.014	0.012	0.018	0.012	0.021	0.018	0.029	0.037	0.025
F statistikk (df = 4; 5)	98.477***	161.971***	409.104***	98.477***	254.330***	81.085***	121.087***	34.355***	24.931***	42.176***

Note:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Tabell A.5 – Regresjonsmodeller (RE) for fylkeskode 11-20

	<i>Dependent variable:</i>									
	log(BNP_HandelogTjenester)									
	(11)	(12)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	
log(Sysselsetting_HandelogTjenester)	0.772*** (0.137)	1.111*** (0.171)	1.777*** (0.226)	0.728** (0.267)	0.930*** (0.093)	0.924 (0.510)	2.071** (0.582)	0.795* (0.340)	1.180*** (0.270)	
log(Investeringer_HandelogTjenester)	-0.075 (0.043)	0.069 (0.041)	-0.074 (0.041)	0.043 (0.087)	0.128* (0.050)	0.133 (0.078)	-0.217 (0.223)	0.163 (0.105)	0.118* (0.049)	
log(El_HandelogTjenester)	0.932*** (0.204)	-0.039 (0.833)	-1.339 (0.672)	0.971 (0.677)	-0.719** (0.225)	-0.538 (1.219)	-1.035 (0.738)	0.607 (0.770)	-0.256 (0.376)	
Graddager	-0.00004 (0.00003)	0.00002 (0.0001)	0.0001 (0.0001)	-0.0001 (0.0001)	0.00004 (0.00002)	0.0001 (0.0001)	0.0001 (0.0001)	-0.00004 (0.0001)	0.0001 (0.0001)	
Konstant	-15.542*** (3.363)	-0.456 (15.280)	20.233 (11.193)	-16.462 (11.105)	14.787** (4.748)	10.518 (19.937)	13.138 (12.155)	-10.781 (12.938)	2.681 (5.134)	
Observasjoner	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
R ²	0.982	0.990	0.990	0.977	0.997	0.911	0.982	0.996	0.977	
Justert R ²	0.967	0.981	0.981	0.959	0.994	0.840	0.967	0.992	0.959	
Residual Std. Error (df = 5)	0.018	0.019	0.020	0.030	0.013	0.053	0.027	0.015	0.025	
F statistikk (df = 4; 5)	66.986***	118.286***	118.560***	53.664***	390.220***	12.781***	66.464***	278.684***	53.043***	

Note:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

A.5 Deskriptiv statistikk

Datasettet vårt består av fire variabler. BNP, Sysselsetting, Investeringer, El, og Graddager. BNP er oppgitt i kr og målt i løpende priser. Sysselsetting er lønnskostnader oppgitt i kr og målt i løpende priser. Investeringer er bruttoinvesteringer i fast realkapital, målt i løpende priser. El er energiforbruk, oppgitt i kWh. Graddager er en sum av totalt antall grader temperaturen har ligget under 17 grader i et fylke i løpet av et år.

I tabell A.6 ser vi en oversikt over datasettet vårt. Ettersom datasettet er et paneldatasett fordelt på fylker og år, vil maksimumsverdien og minimumsverdien for BNP være henholdsvis det fylket over alle år (ikke sammenlagt) som hadde lavest og høyest BNP. For alle variablene er gjennomsnittet veldig nærme den 75. persentilen som tilsier at det er en del høye observasjoner som trekker opp snittet. Dette er naturlig da fylker som Oslo vil ha mye høyere verdier enn resten av fylkene.

Tabell A.6 – Deskriptiv statistikk

Statistikk	N	Gjennomsnitt	St. Dev.	Min	Pctl(25)	Pctl(75)	Max
BNP	190	46,076.550	61,196.160	5,747	16,683	43,548.8	334,032
Sysselsetting	190	24,174.220	31,885.310	3,152	8,716.2	23,673	172,957
Investeringer	190	13,408.120	12,138.850	1,866	6,423.8	15,264.5	75,949
El	190	763,071,689.000	559,581,816.000	225,441,000	455,525,750	878,890,500	2,928,112,000
Graddager	190	4,159.816	664.000	2,813	3,661.8	4,596.5	5,859

I tabell A.7 ser vi korrelasjonen mellom variablene. Korrelasjonen mellom variablene BNP, Sysselsetting, Investeringer, og El er alle veldig nærme 1. Korrelasjonsmatrisen sier kun noe om graden av korrelasjon mellom to variabler. Korrelasjonen mellom graddager og de andre variablene er negativ og koeffisienten er ikke signifikant i noen av regresjonsmodellene. Vi har derfor valgt å ikke inkludere noen vesentlig diskusjon rundt denne kontrollvariabelen i oppgaven.

Tabell A.7 – Korrelasjonsmatrise

	BNP	Sysselsetting	Investeringer	El	Graddager
BNP	1				
Sysselsetting	0.999	1			
Investeringer	0.946	0.949	1		
El	0.958	0.960	0.924	1	
Graddager	-0.266	-0.271	-0.342	-0.248	1

