



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

Masteroppgave 2016 30 stp  
Institutt for matematiske realfag og teknologi

## **Forbrukerinvolverende aktører - nye forretningsmodeller i kraftbransjen**

Consumer Participative Players – New Business  
Models in the Electric Power Sector

Asif Hussain, Fahad Jamil, Ibrahim Temel  
Industriell økonomi



## Forord

Denne masteroppgaven er skrevet som en avslutning på et svært spennende og utfordrende studieløp, ved Instituttet for matematiske realfag og teknologi (IMT), ved Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet (NMBU) våren 2016. Vår utdanning har lagt grunnlaget for en tverrfaglig tilnærming, og dette markeres i denne oppgaven. Det har vært et privilegium for oss å skrive oppgaven i samarbeid med Statnett SF, og vi setter stor pris på denne muligheten.

Vi ønsker å rette en stor takk til vår hovedveileder Sonja Monica Berlijn som har guidet oss gjennom en oppgave som var svært krevende. Sonja har vist gode pedagogiske evner gjennom veiledningen, og ikke minst vist hennes interesse og engasjement for fagområdet. Dette engasjementet har smittet over til oss, og vi håper det kommer frem gjennom oppgaven. Ideen bak oppgaven har kommet gjennom samtaler med Sonja i emnet FYS377, som hun foreleser i. Tema var ukjent for oss, men vi valgte denne oppgaven fordi det var svært spennende, og vi hadde stor tro på hjelpen vi skulle få fra Sonja. Hun har vært behjelpelig og omtenksum, samt en flink foreleser og veileder.

Med tre forfattere på en oppgave var det en del utfordringer med å dele arbeidet jevnt over. Det var også en del vanskeligheter med å lage en rød tråd for innholdet som bestod av tre meget forskjellige felt. Oppgaven ble delt slik at Fahad var ansvarlig for feltet forbrukerfleksibilitet, Ibrahim for prosumenttjenester og Asif for off-grid. Mye ble fremdeles skrevet sammen, og innspill fra hverandre for alle deler har vært essensielt for resultatet. Vi er meget fornøyde over måten vi har håndtert disse utfordringene på.

Oppgaven krevde også ekspertise innen økonomi og strategi, og våre biveiledere Jan Bråten og Gabriella Larsson i Statnett var til stor hjelp på disse områdene. Begge stilte med gode innspill om temaer som er inkludert i oppgaven. Uten deres bistand hadde ikke oppgaven blitt fullstendig. Vi ønsker også å takke vår tredje biveileder, Tor Kristian Stevik, ved IMT. Hans innspill om oppgavens form har vært til stor hjelp for gjennomføringen.

Til slutt vil vi takke våre familier og alle venner for gode ord og motivasjon gjennom oppgavens løp. Vi ønsker spesielt å takke Porus Hussain for å ha vært en god motivator for alle tre og en meget god venn gjennom studieløpet. Takk også til gjengen på TF209 for alle stundene vi hadde i løpet av vårt siste semester ved NMBU.

12. mai 2016, Ås

Asif Hussain

Fahad Jamil

Ibrahim Temel



## Sammendrag

Energipolitikken, integrering av fornybar energi, økende forbruk og teknologisk fremgang er viktige drivkrefter bak utviklingen som kraftsystemet gjennomgår i dag. Nye IKT-løsninger endrer muligheter og spillerommet. Aktører innen forbrukerfleksibilitet, prosumertjenester og off-grid vokser frem som følge av denne utviklingen. Felles for disse feltene er at forbrukere involverer seg i større grad i sin kraftsituasjon. For at aktører skal kunne skape verdi på lengre sikt, er det nødvendig at de kan tilpasse seg utfordringer og muligheter fremtiden bringer med seg. Utviklingen som forekommer hos disse aktørene kan ha betydning for hele kraftsystemet. Dette er dermed av interesse for Statnett, som er Norges systemansvarlig i kraftsystemet.

Mange tidligere studier har fokusert på endringer i kraftmarkedene for å utløse potensialet hos aktører i fremtiden. Denne masteroppgaven tar for seg hvordan aktører innen forbrukerfleksibilitet, prosumertjenester og off-grid kan tilpasse sine forretningsmodeller i tråd med fremtidens utfordringer og muligheter, forutsatt at kraftmarkedene forblir uendret. Basert på litteratur og tilgjengelig informasjon om aktørene, er det utført en kvalitativ analyse av forretningsmodellene deres gjennom analyseverktøyet Business Model Canvas. To mulige scenarier for fremtidens kraftsystem presenteres. Det ene scenariet beskriver et tilfelle med store begrensninger i kraftnettet, mens det andre beskriver et tilfelle der prisen på lagringsmuligheter har falt og de har blitt mer effektive. Videre blir aktørenes tilpasningsmuligheter til disse scenariene diskutert.

Studien av forretningsmodellene viser først og fremst at alle aktørene har muligheter for verdiskapning i begge scenariene i det eksisterende kraftmarkedet. Samarbeid mellom aktører for forbrukerfleksibilitet og prosumenter vil bidra med å balansere forbruk og produksjon fra uregulerbare produksjonskilder på en effektiv måte. Samtidig vil samarbeidet bidra med å avlaste kraftnettet i perioder med begrensninger. Teknologit utviklingen og utfordringer med å dekke økende forbruk kan føre til at flere kobler seg fra kraftnettet. Det kan i noen tilfeller være av interesse for staten å støtte aktørene med midler for dette.

For å kunne danne seg et bilde av hvilke implikasjoner som vil forekomme med de aktuelle utfordringene og mulighetene i fremtiden, burde mer enn kvalitative analyser bli tatt i betraktning. En studie i form av kvantitative analyser vil være et godt supplement til denne studien.

## Abstract

Emission targets, integration of renewable energy, growing consumption and technological progress are key forces behind the changes occurring in the power system today. New ICT solutions are changing the opportunities. New players within demand response, prosumer services and off-grid are emerging as a result of these changes. Consumers greater extent of involvement in their power supply is common for their services. If these players want to be able to create value in the long term, it is necessary that they can adapt to the challenges and opportunities in the future. Changes that occur for these players could be of importance to the entire power system. This is therefore of interest to Statnett SF, Norway's transmission system operator.

Many previous studies have focused on changes in energy markets to release the potential of players in the future. This thesis examines how players within demand response, prosumer services and off-grid can adapt their business models alongside future challenges and opportunities, assuming the electricity markets are unchanged. Based on literature and information available about the players, a qualitative analysis has been carried out of their business models through the Business Model Canvas. Two scenarios for the future are presented. The first scenario describes a case with major capacity constraints, while the other scenario describes a case where the price of energy storage has fallen and they have become more efficient. The players' adaptability to these scenarios are then discussed.

The study of business models primarily shows that all players have opportunities to create value in both scenarios in the existing electricity market. Partnership between players of demand response and prosumer services will help balance consumption and production from intermittent production sources in an efficient manner. This partnership could help furthermore relieve the stress on the power grid in case of capacity constraints. Progress in technology and challenges in covering increasing consumption may lead people to go off the grid. It may in some cases be of interest for the state to support players with funds.

To form a perspective of what implications the actual challenges and opportunities will bring, more than qualitative analysis should be taken into account. A study in the form of quantitative analysis will be a good supplement to this study.

# Innholdsfortegnelse

<b>TABELLER</b> .....	<b>VI</b>
<b>FIGURER</b> .....	<b>VI</b>
<b>FORKORTELSER OG AKRONYMER</b> .....	<b>VII</b>
<b>1. INTRODUKSJON</b> .....	<b>1</b>
1.1 BAKGRUNN .....	1
1.2 PROBLEMSTILLING .....	2
1.3 AVGRENSNINGER .....	2
1.4 FREMGANGSMÅTE OG METODIKK .....	3
<b>2. KRAFTSYSTEMETS OPPBYGNING</b> .....	<b>6</b>
2.1 KRAFTNETTET .....	6
2.2 SENTRALE MARKEDSAKTØRER .....	7
2.3 KRAFTMARKEDET .....	7
2.4 DECENTRALIZED ENERGY (DE) OG DECENTRALIZED RENEWABLE ENERGY (DRE).....	10
<b>3. FORBRUKERFLEKSIBILITET</b> .....	<b>11</b>
3.1 FORBRUKERFLEKSIBILITET; FORKLARING OG TYPER .....	11
3.2 TOPPLASTKRAFTVERK.....	13
3.3 GEVINSTER FOR KRAFTSYSTEMET .....	14
3.4 AGGREGATORENS IDENTITET .....	15
3.5 AGGREGATORENS VERDISKAPNING OG KUNDEFORHOLD .....	17
<b>4. PROSUMENTTJENESTER</b> .....	<b>20</b>
4.1 PROSUMENTER OG TARIFFERING.....	20
4.2 DRIVERE BAK PROSUMENTTJENESTENE .....	21
4.3 FORDELER FOR KRAFTSYSTEMET.....	22
4.4 UTFORDRINGER VED IMPLEMENTERING.....	23
<b>5. OFF-GRID ENERGY - OGE</b> .....	<b>25</b>
5.1 UTVIKLINGEN DE SISTE TIÅRENE .....	25
5.2 SOLINTENSITETENS VARIASJON I ULIKE OMRÅDER.....	25
5.3 OPPSETT FOR OGE I HUSHOLDNINGER .....	26
5.4 OGE I ET VELETABLERT LAND: USA.....	28
5.5 OGE I ET UTVIKLINGSLAND: INDIA .....	29
5.6 OGE I NORGE .....	30
<b>6. ANALYSE AV AKTØRENE FORRETNINGSMODELLER</b> .....	<b>31</b>
6.1 BUSINESS MODEL CANVAS - AGGREGATOREN .....	31
6.2 BUSINESS MODEL CANVAS - PROSUMENTAKTØR .....	35
6.3 BUSINESS MODEL CANVAS - OGE-AKTØR.....	40
<b>7. DISKUSJON AV FORRETNINGSMODELLENE OPP MOT TO FREMTIDSSCENARIER</b> .....	<b>45</b>
7.1 SCENARIO 1: AGGREGATOR .....	45
7.2 SCENARIO 1: PROSUMENTAKTØR .....	47
7.3 SCENARIO 1: OGE-AKTØR .....	49
7.4 SCENARIO 2: AGGREGATOR .....	50
7.5 SCENARIO 2: PROSUMENTAKTØR .....	53
7.6 SCENARIO 2: OGE-AKTØR .....	54
<b>8. KONKLUSJON</b> .....	<b>56</b>
<b>REFERANSER</b> .....	<b>58</b>

## Tabeller

Tabell 1: Avvik mellom Elspot-forpliktelse og faktisk produksjon eller forbruk [18]	9
Tabell 2: Fordeler og utfordringer ved forbrukerfleksibilitet	15
Tabell 3: Oppsummering av fordeler og utfordringer for prosumentaktøren	24

## Figurer

Figur 1: Illustrasjon av kraftsituasjonen i fremtiden [2]	1
Figur 2: Flytdiagram for studiens videre oppbygning	3
Figur 3: De ni byggeklossene som inngår i Business Model Canvas [6]	5
Figur 4: Illustrasjon av kraftnettets oppbygning [11]	6
Figur 5: Graf som viser prisfallet for PV-moduler de siste årene [25]	10
Figur 6: Oversikt over ulike typer forbrukerfleksibilitet	11
Figur 7: Graf som viser ulike typer last gjennom dagen	13
Figur 8: Aggregatorens forretningsmodell klassifisert etter identiteten	16
Figur 9: Illustrasjon av aggregatorens virksomhet	17
Figur 10: Illustrasjon av kraftutvekslingen til prosumenten	20
Figur 11: Illustrasjonen viser hvilke gevinster prosumenten får [50]	22
Figur 12: Verdenskart som viser global innstråling [59]	26
Figur 13: Oversikt over forskjellige OGE-systemer	27
Figur 14: Eksempel på en bolig som er off-grid i USA [63]	28
Figur 15: Eksempel på off-grid PV-anlegg i India [66]	29
Figur 16: Off-grid bolighus i Lofoten [68]	30
Figur 17: Aggregatorens forretningsmodell representert	31
Figur 18: Prosumentaktørens forretningsmodell representert	36
Figur 19: Illustrasjon som viser besparelsen for prosumenter	37
Figur 20: OGE-aktørens forretningsmodell representert	41
Figur 21: Aggregatorens tjenester til kraftleverandør ved bruk av batterier	51
Figur 22: Aggregatorens tjenester til TSO ved bruk av batterier	52



## Forkortelser og akronymer

<b>Forkortelse</b>	<b>Mening</b>	
CPP	Critical Peak Pricing	11
CRP	Conditional Re-Profiling	17
CRP-2	Bi Conditional Re-Profiling	17
DE	Decentralized Energy	10
DRE	Decentralized Renewable Energy	10
DSO	Distribution System Operator	7
Hz	Hertz	7
IKT	Informasjons- og kommunikasjonsteknologi	2
kr	Norske kroner	21
kV	Kilovolt	6
kWh	Kilowatt hour	9
Li-on	Lithium-ion	10
MW	Megawatt	18
NVE	Norges vassdrags- og energidirektorat	20
OGE	Off-grid Energy	25
PV	Photovoltaic	10
RK	Regulerkraftmarkedet	9
RES	Renewable Electricity Standard	28
RTP	Real Time Pricing	11
SHS	Solar Home System	26
SRP	Scheduled Re-Profiling	17
ToU	Time of Use	11
TSO	Transmission System Operator	7
V	Volt	6
W	Watt	10
\$	Amerikanske dollar	10



# 1. Introduksjon

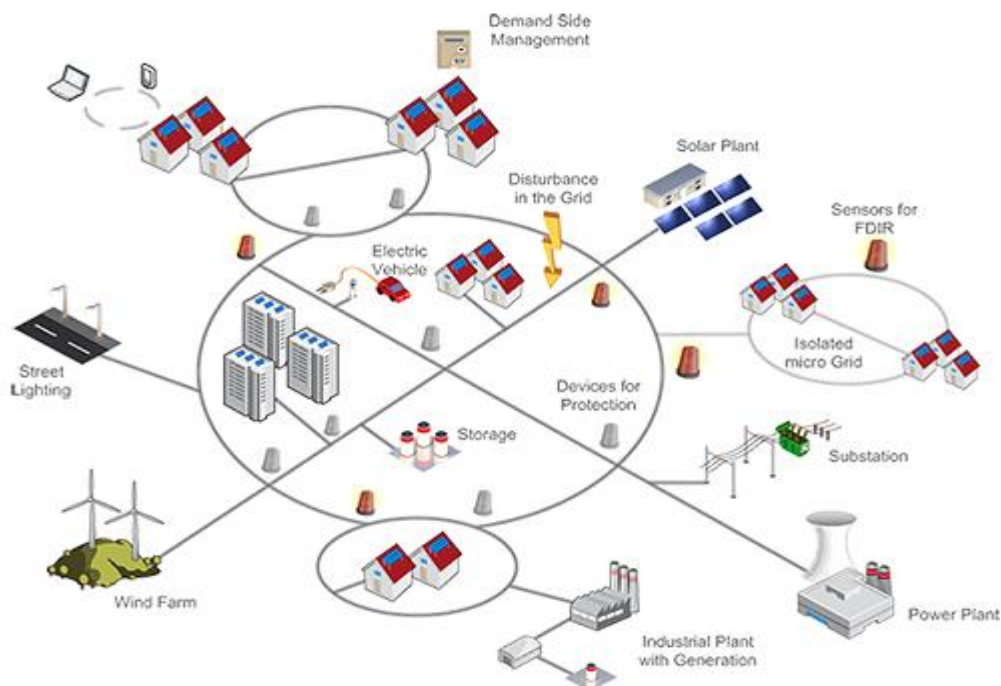
Introduksjonen redegjør for bakgrunnen og formålet med oppgaven. Deretter defineres problemstillingen og oppgavens avgrensninger. Til slutt beskrives oppgavens fremgangsmåte og metodikk.

## 1.1 Bakgrunn

I et notat skrevet av Union Bank of Switzerland i August 2014, står det følgende [1]:

*“The value chain in developed electricity markets will be turned upside down within the next 10-20 years...power is no longer something that is exclusively produced by huge, centralised units. By 2025, everybody will be able to produce and store power.”*

Notatet beskriver viktige aspekter ved neste generasjons kraftsystem, ofte referert til som Smart Grid. Det er forventet at Smart Grid vil tilrettelegge for en mer effektiv drift av kraftsystemet gjennom å ta i bruk ny kommunikasjonsteknologi. Det tradisjonelle kraftsystemet, med enveis flyt fra generering til forbruk, vil endres i takt med dette.



Figur 1: Illustrasjon av kraftsituasjonen i fremtiden [2]

Energipolitikken, integrering av fornybar energi, økende forbruk og teknologisk fremgang er viktige drivkrefter bak utviklingen som kraftsystemet gjennomgår i dag. Nye

IKT-løsninger endrer muligheter og spillerommet. Forbrukere har fått mulighet til å involvere seg i sin kraftsituasjon i større grad. Aktører innen forbrukerfleksibilitet, prosumerttjenester og off-grid vokser frem som følge av dette. For at slike aktører skal kunne skape verdi på lengre sikt, må de tilpasse seg utfordringer og muligheter fremtiden bringer med seg.

## 1.2 Problemstilling

Mange tidligere studier har fokusert på endringer i kraftmarkedene for å utløse potensialet hos aktørene, og ikke tvert om. Problemstillingen for denne masteroppgaven er som følger:

*Hvordan kan forbrukerinvolverende aktører tilpasse sine forretningsmodeller i tråd med fremtidens utfordringer og muligheter?*

I denne studien omfatter *forbrukerinvolverende aktører*, aktører innen forbrukerfleksibilitet, prosumerttjenester og off-grid. Med å *tilpasse* menes det å tilvenne seg endringene og forbli verdiskapende. Med *utfordringer* siktes det til kraftnettets vanskeligheter rundt å dekke økende kraftbehov i fremtiden. *Muligheter* vil si teknologisk fremgang med betydning for kraftmarkedet.

### 1.2.1 Problemstillingens relevans

Den systemansvarlige for kraftsystemet må til enhver tid tilrettelegge for en effektiv drift av kraftnettet, og har det overordnede ansvaret for å tilrettelegge for forsyningen. Det er derfor i den systemansvarliges interesse å være oppmerksom på nye trender som vokser frem i kraftmarkedet til enhver tid. Masteroppgaven er skrevet i samarbeid med Statnett, som er Norges systemansvarlig, ettersom resultatet av denne studien er i deres interesse.

## 1.3 Avgrensninger

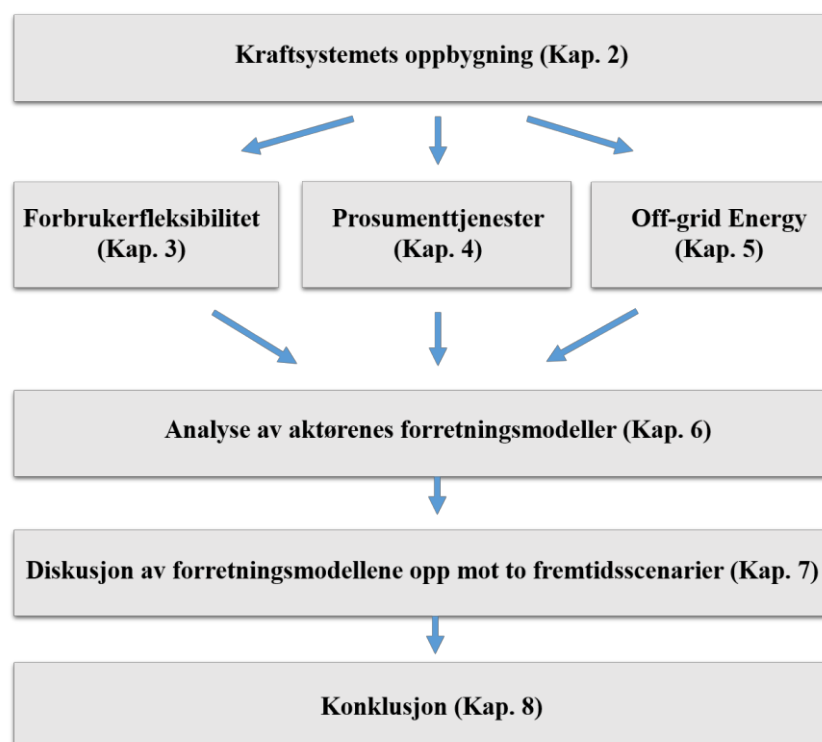
Oppgaven har et bredt omfang, der man ønsker å inkludere tre typer forretningsmodeller som alle har betydning for fremtidens kraftsystem. Forretningsmodellene vi ser på blir analysert ut fra aktørenes standpunkt. Dersom påvirkning på andre parter er av viktighet, vil også dette bli belyst. Hvordan kraftmarkedene kan endres for å inkludere disse forretningsmodellene i større grad, er utenfor oppgavens omfang. Dette fordi det forventes at utviklingen vil skje raskere enn kraftmarkedet kommer til å endre seg. Det er derfor mer relevant å fokusere på hvordan aktørene kan tilpasse seg de eksisterende markedene.

Oppgaven vil ha et internasjonalt perspektiv, samt inkludere eksempler fra Norge, da dette vil gi leseren en bedre forståelse. Analysene vil være kvalitative, da det er innviklet å tallfeste mye av informasjonen.

Forbrukere omfatter alle som konsumerer elektrisitet. Ulike konsumenter har forskjellige behov, og det ville ha vært en utfordring å dekke alle. Vi avgrensner derfor oppgaven til å omhandle husholdninger.

## 1.4 Fremgangsmåte og metodikk

Figur 2 gir en oversikt over fremgangsmåten og metodikken i masteroppgaven.



Figur 2: Flytdiagram for studiens videre oppbygning

Forskningsmetoden i denne masteroppgaven er basert på casestudie-metoden. En slik metode brukes i hovedsak når man ønsker å svare på spørsmål i form av “hvordan” og “hvorfor”, og har fleksible rammer for fremgangsmåten. Forfattere ønsker i dette tilfellet å gå dypere inn på et bredt og lite utforsket felt. En nøkkelstyrke ved denne metoden er at forfatteren selv velger hvilke typer analyse som bør gjennomføres for å best svare på problemstillingen. Analysene er som regel kvalitative, men kvantitative analyser kan også benyttes [3]. Oppgavens fremgangsmåte krever fleksibilitet fordi aktørene er vidt forskjellige og feltet er bredt. Dermed har vi valgt casestudie-metoden med en kvalitativ tilnærming.

Internett har aktivt blitt brukt for å innhente kunnskap. Tidligere studier og analyser fra anerkjente forskningsmiljøer og universiteter har primært blitt benyttet for å danne en oversikt over emnene forbrukerfleksibilitet, prosumenttjenester og off-grid. Informasjon som er benyttet i analysene er hentet fra de aktuelle aktørenes nettsider. Dette er gjort på bakgrunn av at det eksisterer lite forskning på området.

Analyseverktøyet Business Model Canvas er brukt for å dekomponere, forstå og tydeliggjøre forretningsmodellene. Deretter er to tenkte scenarier konstruert for å besvare problemstillingen, som representerer utfordringene og mulighetene i fremtiden. Forretningsmodellene diskuteres videre opp mot scenariene, for å besvare hvordan aktørene kan tilpasse seg disse.

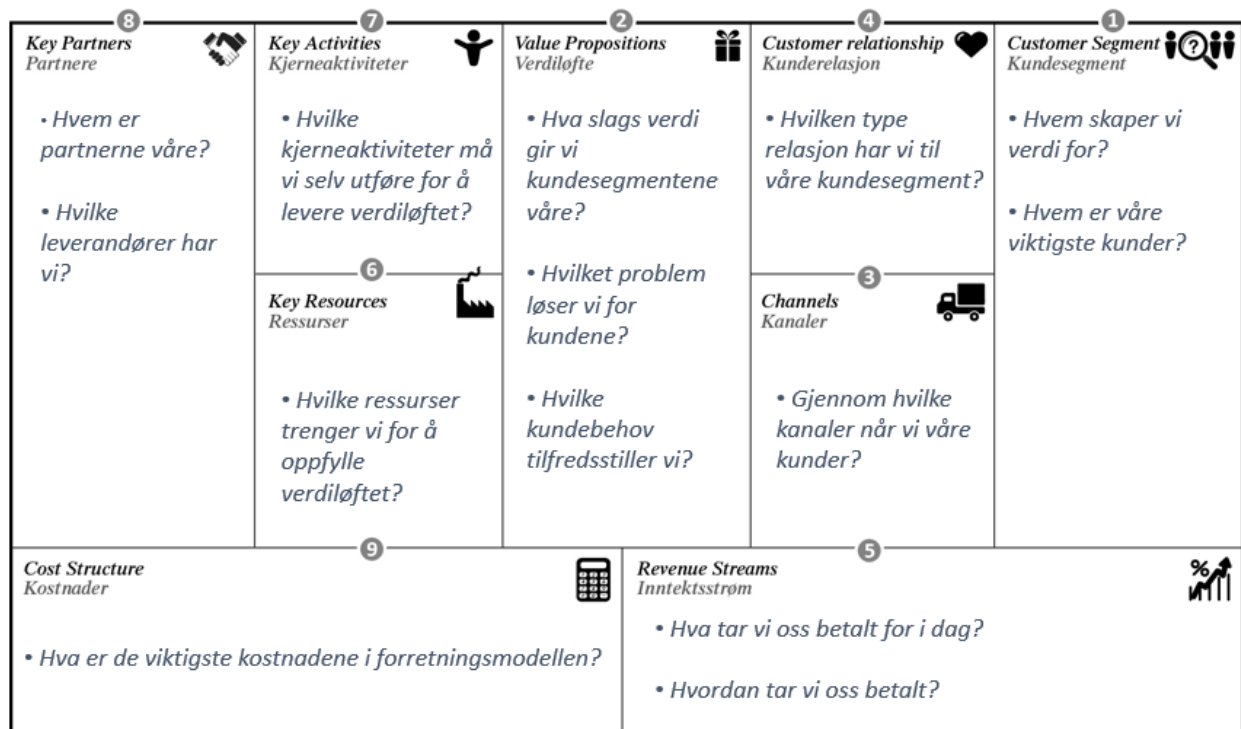
#### **1.4.1 Forretningsmodeller og Business Model Canvas**

Det eksisterer en rekke definisjoner på hva en forretningsmodell er. Forfatterne bak boken “Ansvarlig og Lønnsom”, Jørgensen og Pedersen, skriver:

*“Forretningsmodellen er kort sagt det konseptuelle rammeverket for hvordan bedriften forsøker å skape lønnsomhet - ved å tilby og levere verdi som er attraktiv for kundene, og ved å ta seg betalt på en måte som gjør at bedriften sitter igjen med et akseptabelt overskudd.”* [4]

Ifølge Financial Times er forretningsmodellen definert i deres leksikon som “...*the method or means by which a company tries to capture value from its business.*” [5]. Mens Jørgensen og Pedersen fokuserer på lønnsomheten i sin definisjon, er det ifølge Financial Times viktigere å avklare fremgangsmåten for å skape denne lønnsomheten. Generelt kan det sies at en forretningsidé sier noe om hva en bedrift skal gjøre, mens en forretningsmodell vil beskrive hvordan bedriften skal gjøre dette i praksis [6].

Osterwalder og Pigneur utga i 2010 boken *Business Model Generation*, der de definerer forretningsmodellen som grunnlaget bak hvordan en bedrift skaper, leverer og tilegner verdi. Analyseverktøyet *Business Model Canvas* blir presentert i boken, og er bygget på deres definisjon [7]. Verktøyet brukes for å lage og dekomponere forretningsmodeller, der resultatet blir presentert i form av en egen modell. Business Model Canvas er et velkjent verktøy som er godt utbredt [8]. Analyseverktøyet består av mange elementer og dekker en rekke faktorer ved den forretningsmessige driften. Da problemstillingen krever at man går i dybden av aktørenes virksomhet, er denne modellen godt egnet for oppgaven.



Figur 3: De ni byggeklossene som inngår i Business Model Canvas [6]

Figur 3 viser de ni ulike byggeklossene i verktøyet, og inkluderer de generelle spørsmålene som skal besvares. Det viktigste med modellen er at selve virksomheten blir tydeliggjort. Modellen som til slutt fremstår kan brukes til å diskutere viktige aspekter som styrker, svakheter og ulike tilpasnings- og utviklingsmuligheter.

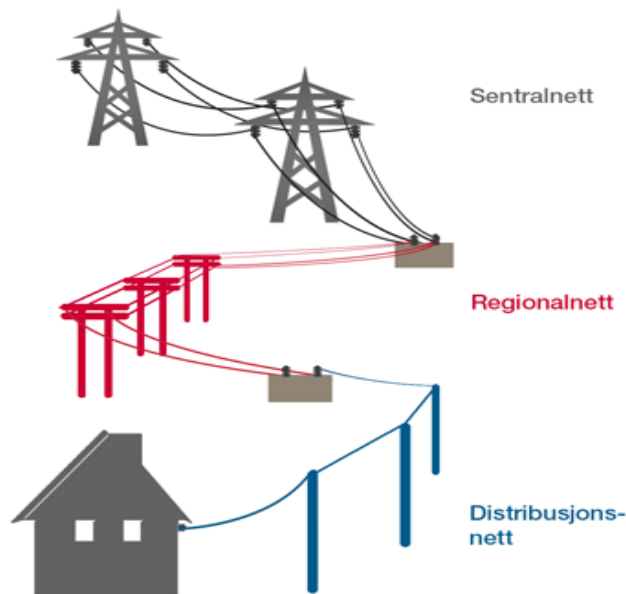
## 2. Kraftsystemets oppbygning

### 2.1 Kraftnettet

Et kraftsystem består av kraftverk som produserer elektrisk energi som overføres til forbrukere gjennom et kraftnett. Det norske kraftnettet kan deles i tre hoveddeler [9]:

1. **Sentralnettet** utgjør hoveddelen av kraftnettet, og består av kraftlinjer med et spenningsnivå på 300 kV, 420 kV eller 132 kV. Sentralnettet overfører strøm til ulike landsdeler og utlandet.
2. **Regionalnettet** fungerer som bindeleddet mellom sentralnettet og distribusjonsnettet. Spenningsnivået på kraftlinjene ligger som regel på 132 kV og 66 kV. Regionalnettet kan omfatte deler av ett eller flere fylker.
3. **Distribusjonsnettet** transporterer strømmen frem til der folk bor og jobber. Spenningsnivået går fra 66 kV og helt ned til 230 V.

Mengden strøm som kan trekkes av forbrukere er avhengig av spenningsnivået til kraftnettet. Kraftintensiv industri er som regel direkte tilkoblet høye spenningsnivåer, mens de fleste sluttbrukere er tilkoblet distribusjonsnettet med et spenningsnivå på 230 V eller 400 V [10].



Figur 4: Illustrasjon av kraftnettets oppbygning [11]



## **2.2 Sentrale markedsaktører**

### **2.2.1 Kraftprodusenter**

Kraftprodusentene, ofte kalt kraftselskaper, eier kraftverk og produserer strøm som videre overføres til kraftnettet. Kraftproduksjonen i Norge består av omtrent 96 % vannkraft, mens resten består av varmekraft og vindkraft [12]. De fleste kraftselskapene er offentlig eid [13].

### **2.2.2 Transmission System Operator (TSO)**

TSO er den systemansvarlige for driften av kraftsystemet. Dette innebærer å drifte høyspentlinjer og stasjoner som omfattes av sentralnettet, inklusivt utenlandsforbindelser. Statnett er Norges systemansvarlig, og eier omlag 90 % av sentralnettet [14]. Driften av kraftsystemet omfatter blant annet å sørge for frekvensreguleringen [15]. En sentral arbeidsoppgave er å tilrettelegge for forsyningssikkerheten, hvilket innebærer å redusere sannsynlighetene for strømavbrudd.

### **2.2.3 Distribution System Operator (DSO)**

Ansvar for drift av regional- og distribusjonsnettet er gitt til DSO, ofte kalt nettselskap eller netteier [16]. De har ansvaret for, eier og bygger ut kraftnettet som benyttes for å få strømmen frem til sluttbrukere. En DSO har monopol på sitt geografiske område, og sluttbrukere kan ikke velge å bytte netteier. Årsaken til dette er at det vil være svært ulønnsomt å ha konkurrerende nettselskap som bygger parallelle kraftnett.

### **2.2.4 Kraftleverandører**

En kraftleverandør selger strøm til sluttbrukere, og er i dagens liberaliserte kraftmarked konkurranseutsatt. Kraftleverandører produserer enten strømmen selv, kjøper den direkte fra kraftbørsen eller fra kraftprodusenter [17].

## **2.3 Kraftmarkedet**

Den grunnleggende forutsetningen for at et kraftsystem skal fungere er at forbruk tilsvarer produksjon til enhver tid. Når dette oppnås, vil kraftsystemet i det aktuelle systemet ha en tilnærmet konstant frekvens. I Norden ligger denne synkronfrekvensen på 50 Hz [18]. Siden strøm ikke kan lagres i større kvanta, må den konsumeres i det øyeblikket den produseres. Hvis dette ikke er tilfellet, vil det gi avvik fra frekvensverdien. Dersom en slik situasjon ikke håndteres, kan det resultere i at laster må kobles ut eller i verste tilfelle driftsbrudd. Et viktig

aspekt av kraftmarkedene er å tilrettelegge for balansering av produksjonen og forbruket. Det kan deles inn i engrosmarkedet og sluttbrukermarkedet. I engrosmarkedet handler kraftleverandører og kraftprodusentene seg i mellom, mens i sluttbrukermarkedet selges strøm til forbruker. Engrosmarkedet består av Nordpool, som er et felles integrert nordisk marked, og består av et fysisk og et finansielt marked. Det vil her fokuseres på det fysiske markedet.

### **2.3.1 Nordpool Elspot**

Elspot er et såkalt day-ahead marked, der det kan kjøpes og selges kraft for hver time det kommende døgnet. Produsenter legger inn bud for salg av kraft før klokken 12 dagen før, og kraftleverandører og større forbrukere legger inn sitt bud for kjøp av kraft. Markedskrysset mellom etterspørsel og tilbud beregnes for døgnets neste 24 timer. Den klarerte markedsprisen kalles systemprisen, og er felles for alle de nordiske landene. Avvik fra denne prisen forekommer i områder med begrensninger i kraftoverføringen, ofte kalt flaskehals. Hovedmengden av strømmen kjøpes og selges i dette markedet [18].

### **2.3.2 Nordpool Elbas**

Elbas er et intradag marked med kontinuerlig handel inntil 1 time før driftstimen, og fungerer som et supplement til Elspot. Elbas tilrettelegger for bedre balansering av forbruk og produksjon, der kjøpere og selgere av kraft kan finjustere faktisk forbruk og produksjon nærmere sanntid [18].

### **2.3.3 Reservekraftmarkedet**

Behovet for momentan balanse mellom forbruk og produksjon, samt drift innenfor de fysiske begrensningene i kraftsystemet, er bakgrunnen for at systemansvarlig til enhver tid må sikre nødvendige reserver. Slike reserver har som formål å motvirke ubalanser etter at Elspot og Elbas stenges for handel. Det er tre typer reservekraft som brukes i Norge:

#### **Primær og sekundærregulering**

Primærreguleringen aktiveres ved avvik som varierer mellom 49,9 Hz og 50,1 Hz [19].

Utover dette aktiveres sekundærreguleringen for å frigjøre primærreguleringen og gjenopprette frekvensverdien. Primærreguleringen anskaffes gjennom et eget etablert marked [20], mens sekundærreguleringen anskaffes gjennom avtaler med produsenter [21].

### **Tertiærreguleringen: Regulerkraftmarkedet (RK)**

Tertiærreguleringen er manuelle reserver som brukes for å frigjøre primær- og sekundærreguleringen, men kan også brukes for å håndtere regionale flaskehalser. Det kreves at disse aktiveres innen 15 minutter etter at varsel er sendt. Produsenter som kan opp- eller nedregulere produksjonen, og større forbrukere som kan koble ut forbruk, tar del i dette markedet [22].

Når det eksisterer et faktisk forbruk som er større enn den faktiske produksjonen i kraftsystemet, er det behov for oppreguleringsressurser. Det kan komme i form av økt produksjon, eller redusert forbruk. Det motsatte vil gjelde ved behov for nedreguleringsressurser. Aktører i ubalanse må betale eller får betalt prisen for regulerkraft, avhengig av om deres ubalanse har økt den totale ubalansen i systemet.

Regulerkraftprisen vil alltid ligge over spotprisen når det er behov for oppreguleringsressurser, og motsatt ved nedreguleringsbehov. Tabell 1 beskriver prissystemet ved ubalanser. I et tilfelle med oppreguleringsbehov, vil kraftleverandører som har kjøpt inn for mye kraft til sine sluttbrukere få betalt regulerkraftprisen. Har de derimot kjøpt inn for lite kraft, er de med på å forverre ubalansene i kraftsystemet, og må dermed betale regulerkraftprisen.

Tabell 1: Avvik mellom Elspot-forpliktelse og faktisk produksjon eller forbruk [18]

	<b>System</b>	<b>Underskudd - oppregulering</b>	<b>Overskudd - nedregulering</b>
<b>Aktør</b>			
<b>Topris</b> <b>(produsenter)</b>	produserer for mye	får betalt spotpris	får betalt RK pris
	produserer for lite	betaler RK pris	betaler spotpris
<b>Enpris</b> <b>(forbrukere)</b>	bruker for lite	får betalt RK pris	får betalt RK pris
	bruker for mye	betaler RK pris	betaler RK pris

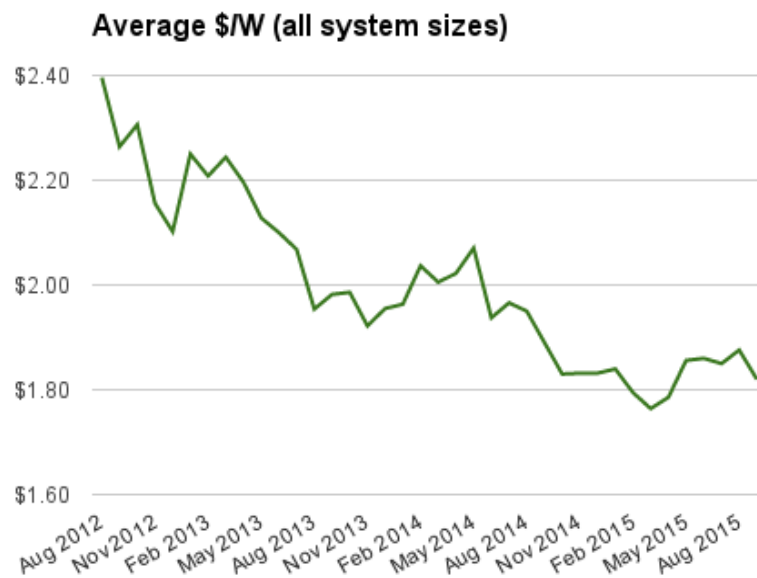
#### **2.3.4 Sluttbrukermarkedet**

Sluttbrukermarkedet består av kraftleverandører, meglere og sluttbrukere av strøm. En sluttbruker betaler en pris for forbruk av strøm per kWh. Sluttbrukere må i tillegg betale nettleie til nettselskapet. Den er delt inn i en fast og en variabel del. Den faste delen kompensere for kostnader i kraftnettet og kundespesifikke kostnader, mens den variable delen dekker tapene i overføringslinjene [23].

## 2.4 Decentralized Energy (DE) og Decentralized Renewable Energy (DRE)

DE er betegnelsen på elektrisk energi som er produsert i nærheten av der det blir brukt, uavhengig av størrelse og produksjonskilde. DE kan både være tilkoblet eller frakoblet kraftnettet. Konseptet er gammelt, da verdens første kraftleverandør i New York i 1882 leverte både strøm og varme til sine naboer [24]. Med tiden ble kraftverkene større og teknologien for leveranse over lengre strekninger ble bedre. Sentralisert strøm ble dermed vanlig.

DE har etter det kommet tilbake i form av småkraftverk rundt i verden, og viktigst for fremtidens kraftnett, gjennom DRE. De vanligste kildene for DRE er vindkraft, vannkraft og solkraft. Innen DRE er PV i stor vekst, da prisene for PV-moduler har falt mye, som vist i figur 5.



Figur 5: Graf som viser prisfallet for PV-moduler de siste årene [25]

Fornybare energikilder er i stor grad uregulerbare og uforutsigbare. Lagringsmuligheter gir større fleksibilitet i forhold til dette. Li-on batterier er antatt å ha et prisfall på 60 % fra 2015-nivået innen 2020 [26]. Hydrogenløsninger er også under utvikling, der det internasjonalt er stor satsning og forskning i feltet.

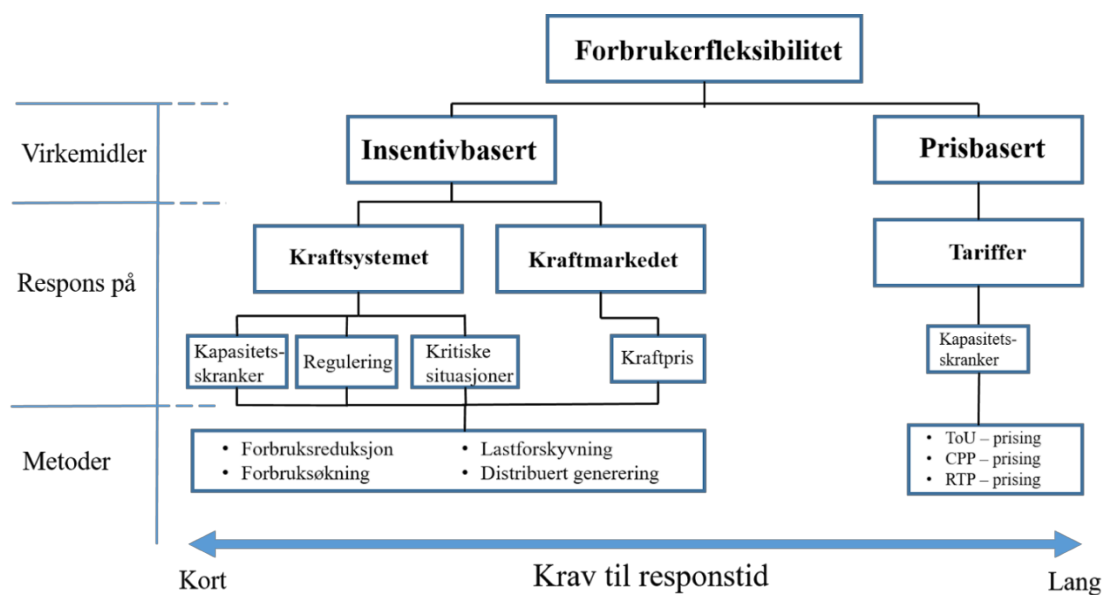
Verdens elektrisitetsforbruk antas å øke med 70 % til 2040 fra 2015-nivået [27]. Det er en viktig pådriver for DE, slik at strømproduksjon er nærmere forbruk for å unngå overføringstap. Hvordan kraftsystemet er bygget opp, er en viktig faktor for å ta imot økningen i forbruket.

### 3. Forbrukerfleksibilitet

Frem til i dag har man i hovedsak lent seg på produksjonssiden av kraftsystemet for å opprettholde balansen mellom produksjon og forbruk. Det innebærer ofte å skru opp produksjonen gjennom mer forurensende produksjonsanlegg for å dekke etterspørselen. Smart styring av forbruk og nye gjennombrudd innenfor IKT muliggjør utnyttelse av forbrukersiden i større grad for å opprettholde denne balansen. Forbrukerfleksibilitet innebærer at sluttbrukere regulerer sitt forbruk etter forhold i kraftsystemet eller kraftmarkedet [28].

I dette kapittelet vil ulike typer forbrukerfleksibilitet gjennomgås, og hva det kan bidra med i kraftsystemet. Deretter vil det belyses hvordan aktøren, kalt aggregator, kan tilrettelegge for bruken av forbrukerfleksibilitet.

#### 3.1 Forbrukerfleksibilitet; Forklaring og typer



Figur 6: Oversikt over ulike typer forbrukerfleksibilitet

Figur 6 gir oversikt over ulike typer forbrukerfleksibilitet. Det kan sies at forbrukerfleksibilitet kan utnyttes gjennom to virkemidler, som brukes avhengig av hvor raskt man ønsker at en forbruker skal regulere sitt forbruk [29]:

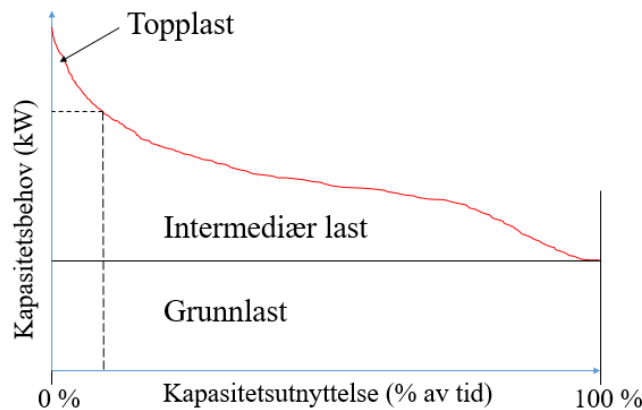
*Prisbasert forbrukerfleksibilitet:* Sluttbrukeren har en aktiv rolle i endringen av forbruksmønsteret etter respons på varierende kraftpriser, også kalt tariffer. Dette har lenge eksistert i markedet, der spesielt større industrielle aktører har hatt interesse av å redusere forbruk i tidsrom med høye priser. I dette tilfellet reduserer sluttbrukeren strømregningen, og

aktiviteten er frivillig. Tariffene inkluderer Time of Use, Critical Peak Pricing og Real Time Pricing, og er ment å reflektere verdien av elektrisitet i ulike tidsperioder.

*Insentivbasert forbrukerfleksibilitet:* Sluttbrukere tilbyr sin fleksibilitet i samarbeid med aggregatoren. Gjennom aggregering av en mengde forbruk, fungerer aggregatoren som et mellomledd mellom sluttbrukere, som tilbyr sin fleksibilitet, og markedsaktører som har interesse av å benytte seg av fleksibiliteten [30]. Sluttbrukere er da med i et såkalt fleksibilitetsprogram, der de betales for å tilby sin fleksibilitet. Denne fleksibiliteten kan utnyttes enten manuelt eller gjennom fjernstyring av aggregatoren. Innmeldingen for sluttbrukere i slike programmer er frivillig, men kontraktene er som regel bindende. Denne typen forbrukerfleksibilitet har tidligere eksistert i markedet i form av samarbeid mellom systemoperatører og større konsumenter. Aggregatoren tilrettelegger for at forbruk fra mindre konsumenter kan aggregeres i større mengder og tilbys markedsaktører.

Fokuset i dette kapittelet er insentivbasert forbrukerfleksibilitet, da det er her aggregatoren utøver sin rolle. Aggregatoren tilrettelegger her for at sluttbrukere reduserer eller øker last. Lasten kan eventuelt også forskyves vekk fra topplasttimer, da prisene typisk er høye, til lavlastperioder og lavere priser. Formålet er at sluttbrukere responderer på kraftsystemets eller kraftmarkedets tilstand nærmere sanntid, og det kreves derfor at fleksibiliteten har en rask aktiveringstid. Insentivbasert forbrukerfleksibilitet kan ta del i reguleringen, samt å håndtere kapasitetsskranke over tid og kritiske situasjoner i kraftnettet. Sistnevnte kan f.eks. oppstå når et stort kraftverk er ute av drift, og det er behov for å oppregulere produksjonen.

## 3.2 Topplastkraftverk



Figur 7: Graf som viser ulike typer last gjennom dagen

For nivåene av forbruk i figur 7 benyttes ulike kraftverk for å kunne tilfredsstille etterspørselen gjennom dagen. Grunnlastkraftverk, som har som formål å dekke grunnlasten gjennom dagene [31], krever ofte store investeringer, men driftes ved lave marginalkostnader. Ulempene med slike anlegg er at de har begrenset eller ingen evne til å variere sin produksjon av elektrisitet, og er derfor dårlig egnet for å imøtekomme det raskt endrede behovet i topplasttimene [32]. Denne jobben gjøres av topplastkraftverkene, da de har gode reguleringssevner [33]. Typiske kraftverk av denne typen går på fossilt brensel [34], og er mindre effektive og miljøvennlige [33]. Av den grunn vil prisen på elektrisitet økes når produksjon fra disse bys inn i kraftmarkedet. Topplastkraftverk opererer som regel mindre enn 10% av tiden [32].

Den tradisjonelle løsningen for å ivareta den momentane balansen har lenge innebåret et stort behov for ugunstige topplastkraftverk. Forbrukerfleksibilitet kan brukes for å redusere topplasten, slik at topplastkraftverk brukes i mindre grad.

I land som Norge blir hovedsakelig regulerbare vannkraftverk brukt for å dekke topplasten, og behovet for ugunstige topplastkraftverk har ikke vært tilstede. Dette vil endre seg ettersom større andel uregulerbar kraft innføres i kraftsystemet, og flere utenlandsforbindelser til land med mer uregulerbar kraft opprettes. Behovet for økt fleksibilitet hos sluttbrukere vil øke, og forbrukerfleksibilitet vil kunne spille en viktig rolle.

### **3.3 Gevinster for kraftsystemet**

Litteraturen har beskrevet en rekke fordeler ved bruken av forbrukerfleksibilitet. Dette delkapittelet vil belyse de viktigste bidragene forbrukerfleksibilitet kan gi til ulike deltagere i kraftmarkedet.

#### **3.3.1 Systemoperatører: Realiserer besparelser**

Reduksjon av topplasten vil redusere risikoen for uventede driftsbrudd, noe som i mange land vil bety økt tilfredsstillelse for sluttbrukere. Når forbrukerfleksibilitet utnyttes ved regulering og kritiske situasjoner i kraftnettet, vil det hjelpe TSO med å opprettholde en konstant frekvens.

En DSO vil kunne spare penger på at lastprofilen er mer konstant, da variable kostnader i forbindelse med topplastforbruk reduseres [35]. DSO vil også lettere kunne tilpasse forbruket til den distribuerte genereringen i området, dersom den utgjør en signifikant andel.

I Europa har systemoperatørene ansvaret for at det tilrettelegges for forsyningssikkerhet. Når kraftnettet bygges ut, må dimensjonering velges slik at kraftnettet tåler topplasten som kan forekomme i det aktuelle området. Med forbrukerfleksibilitet vil topplasten kunne dempes. Investeringer i kraftnettet vil dermed kunne utsettes, og i noen områder muligens kanselleres.

#### **3.3.2 Kraftleverandører: Reduksjon av ubalansekostnader**

Forbrukerfleksibilitet vil for kraftleverandører bety at de kan perfeksjonere sin kraftbalanse og dermed redusere kostnader forbundet med ubalanse. Mange kraftleverandører kjøper i tillegg sin kraft på markedet og selger den videre til sluttbrukere til en fast pris, og er derfor veldig sensitive for situasjoner der innkjøpsprisen på kraft øker drastisk. Reduksjon av last under slike perioder vil kunne redusere disse kostnadene.

#### **3.3.3 Sluttbrukere: Reduserte strømregninger**

For sluttbrukere vil forbrukerfleksibilitet innebære en redusert strømregning, da man forventer mindre bruk av elektrisitet i perioder med høye priser. Ved reduksjon av forbruk i topplasttimer vil nettleien også reduseres som del av den totale strømregningen. I tillegg vil sluttbrukere bli mer bevisste over sitt eget forbruk og miljøet. Ekstra godtgjørelser kan også oppnås dersom de tar del i insentivbaserte fleksibilitetsprogrammer.



Tabell 2 oppsummerer diskusjonen. Påvirkning på andre markedsaktører og aspekter ved kraftsystemet er også inkludert, samt utfordringer som kan tenkes ved implementeringen.

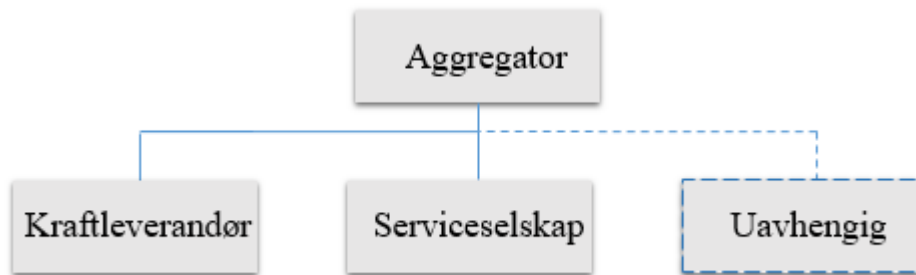
Tabell 2: Fordeler og utfordringer ved forbrukerfleksibilitet

	<b>Fordeler</b>	<b>Utfordringer</b>
Produsenter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investering i fornybar teknologi</li> <li>• Redusert risiko mot volatilitet ved innkjøp av fossilt brensel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interessekonflikt: Eksisterende topplastkraftverk forblir stående og ubrukte</li> </ul>
Systemoperatører	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investeringsutsettelse</li> <li>• Reduksjon av kostnader</li> <li>• Frekvensregulering</li> <li>• Optimalisering av distribuert generering</li> <li>• Mindre behov for topplastkraftverk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelverk</li> <li>• Kostnader for utstyr</li> <li>• Få insentiver til å endre rutiner</li> </ul>
Kraftleverandører	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perfeksjonere kraftbalanse</li> <li>• Reduksjon av kostnader i kritiske situasjoner med høy innkjøpspris på kraft</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mer konkurranse om større kundeporteføljer</li> <li>• Kostnader for utstyr</li> </ul>
Kraftmarkedet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elastisk etterspørselskurve</li> <li>• Fleksible forbrukere</li> <li>• Reduksjon av prisen på elektrisitet</li> <li>• Mindre prisvolatilitet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Endring av rutiner</li> </ul>
Konsumenter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redusert strømregning</li> <li>• Bevisste forbrukere</li> <li>• Insentiver for å delta i programmer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opplysning og opplæring</li> <li>• Redusert komfort</li> <li>• Kostnader for installert utstyr</li> </ul>
Miljø	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redusert CO2 – utslipp</li> <li>• Innfasing av fornybar teknologi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Økt bruk av forurensende desentralisert kraft</li> </ul>

### 3.4 Aggregatorens identitet

Hvem som best kan ta rollen som en aggregator, er et viktig spørsmål i forbindelse med forretningsmodellen, da kraftmarkedet er et regulert marked og ulike deltagere har ulike

muligheter. Litteraturen har beskrevet tre typer aktører som kan ta på seg denne rollen [30], som illustrert i figur 8.



Figur 8: Aggregatorens forretningsmodell klassifisert etter identiteten, inspirert av figur fra [30]

Kraftleverandører er i en god posisjon for å ta denne rollen, da de allerede har kontakt med sine kunder, har en eksisterende kundeportefølje og et godt forhold til kraftmarkedet. Den bakenforliggende årsaken for at en kraftleverandør skal ta denne rollen, er å redusere sine egne ubalansekostnader, og eventuelt tilby tjenester til systemoperatører.

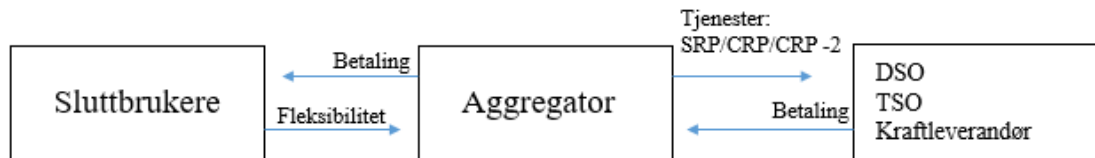
Aggregatører kan også fungere som et serviceselskap ved å tilby tjenester til kraftleverandører og systemoperatører. Når det tilbys tjenester til systemoperatører, må sluttbrukere kartlegges og innhentes i forhold til hvilke deler av kraftnettet som er målet. Dette er i motsetning til når det tilbys tjenester til kraftleverandører, som allerede har en egen kundeportefølje. Det er nødvendig med kontraktmessige og operasjonelle relasjoner mellom aggregator og berørte kraftleverandører når det tilbys tjenester til systemoperatører. Hvis ikke dette er tilfellet, vil det kunne føre til kraft-ubalanser for den aktuelle kraftleverandøren, på bekostning av profitt for aggregatoren [36].

En tredje mulighet er at aggregatoren har en helt uavhengig rolle, uten noen forbindelse til kraftleverandører. Han skaper sin egen kundeportefølje, og utfører lastkontroll for å maksimere sin og kundenes profitt gjennom å forholde seg til kraftmarkedet. Denne forretningsmodellen er veldig ulik de andre, og er veldig lite utbredt [37]. Det vil ses bort fra denne forretningsmodellen videre i oppgaven.

Systemoperatørene er utelatt rollen som aggregator, siden de ikke gis tillatelse til å delta i elektrisitetsmarkedene for kjøp og salg av kraft [30]. Det vil derfor være av interesse å heller inngå avtaler med aggregatører, enten et serviceselskap eller en kraftleverandør.

### 3.5 Aggregatorens verdiskaping og kundeforhold

Denne delen belyser forholdet aggregatoren har til verdiskaping og sine kunder. Hensikten med dette kapittelet er å gi leseren en bedre forståelse av hvordan aggregatoren, som et serviceselskap eller kraftleverandør, bygger opp sin virksomhet.



Figur 9: Illustrasjon av aggregatorens virksomhet

#### 3.5.1 Tjenester til systemoperatører og kraftleverandører

Aggregatorens tjenester kan kategoriseres som tre produkter [38]:

##### 1. Scheduled Re-Profiling (SRP)

Kjøperen gir beskjed til aggregatoren om at hans sluttbrukere skal ha en viss forbruksreduksjon eller forbruksøkning i løpet av en spesifisert tid ved en senere anledning. Kjøperen beregner verdien av tjenesten og betaler aggregatoren forskuddsvis. Avtalen er bindende.

##### 2. Conditional Re-Profiling (CRP)

Aggregatoren blir betalt for å ha en viss mengde fleksibilitetskapasitet tilgjengelig, enten i form av forbruksreduksjon eller forbruksøkning. Ved aktivering av fleksibiliteten, betales aggregatoren ytterligere.

##### 3. Bi Conditional Re-Profiling (CRP-2)

Fleksibilitetskapasiteten er toveis innenfor et spesifisert tidsintervall ved en senere anledning. Aggregatoren betales for å ha tilgjengelig både forbruksreduksjon og forbruksøkning, og vil i tillegg bli betalt dersom tjenesten er aktiv.

Avhengig av hvem kjøper av tjenesten er, vil ulike produkter være relevante. CRP og CRP-2 gir sikkerhet med hensyn til tilgjengelig fleksibilitetskapasitet, noe som kan være av interesse i perioder der systemoperatører er klare over problemer som kan oppstå. På samme måte kan en kraftleverandør ønske å reservere fleksibilitetskapasitet som kan aktiveres i tilfelle prognoser viser seg å være feil.

Disse produktene kvalifiserer aggregatoren til å delta i budgivning i regulerkraftmarkedet. For dette er det nødvendig at kravene for minstekvantum og responstid tilfredsstilles av aggregatoren, som er på henholdsvis 10 MW og 15 minutter [39].

### **Fordelene ved å utnytte fleksibilitet hos husholdninger**

Problemer for en systemoperatør kan oppstå på et bestemt sted i kraftnettet, og det blir derfor nødvendig å regulere forbruket på samme sted. Større konsumenter kan ha betydelig toveis fleksibilitetskapasitet tilgjengelig, men dersom de er i fåtall, kan lokaliseringen føre til begrensede evner for å løse problemene. Husholdninger har til motsetning fordelene ved at de er mange og geografisk fordelt over store områder. Aggregatorens tilrettelegging av aggregert forbruk hos mange husholdninger kan gi en slik fordel.

### **3.5.2 Sluttbrukere**

For å skape størst verdi for sluttbrukere, må aggregatoren tilrettelegge for reduksjon av forbruk i toppplastimer, samt styre forbruk etter kontrollsignaler fra kjøpere av tjenestene. Mange aggregatører tilrettelegger for førstnevnte gjennom å installere energieffektiviseringsutstyr og smartmålere, der sluttbruker kan følge spotpriser eller tariffen i sanntid. Reduksjon av forbruk skjer gjennom sluttbrukerens betjening av software som sender signaler til hardware i huset, typisk termostater og lastbrytere. Kontrollsignaler sendes direkte av aggregatoren til installert utstyr hos sluttbruker, som enten kobler av, reduserer eller øker forbruk. Sluttbruker responderer da typisk ved kritiske situasjoner i kraftsystemet, og deltar i reguleringen.

Det finnes en rekke metoder å belønne forbrukeren på. Godtgjørelser kan gis som en viss prosent av aggregatorens opptjening, eller basert på mengden forbruk redusert ved kontrollsignalene [30].

Dersom en forbruker avslår kontrollsignaler kontinuerlig, kan aggregator bøtelegge i henhold til de kontraktsmessige forpliktelsene. Straffen kan også gjelde et krav om å holde forbruk under et bestemt nivå over en periode, dersom dette er et mål ved programmet. Uten et slikt system vil aggregatoren pålegge seg stor risiko, og bøter blir dermed et nødvendig virkemiddel i aggregatorens forretningsmodell.

## **Lastendringspotensiale hos husholdninger**

Typiske laster som elbiler, varmepumper, varmekabler og varmtvannsberedere er godt egnet for både økning og reduksjon av last hos husholdninger [40]. Aggregatoren Comverge i USA har blant annet brukt varmepumper ved kontrollsignaler, der syklusen i varmepumpene justeres i den grad sluttbruker godtar ukomforten. Det er rapportert en temperaturøkning på omlag 1-2 °C når syklusen reduseres med 75 % [41]. Noen hvitevarer som oppvaskmaskiner, vaskemaskiner og tørketromler er dårligere egnet da de må betjenes manuelt og en risikerer større reduksjon i komfortnivå. Potensiale for forbrukerfleksibilitet hos husholdninger er antatt å øke etter hvert som flere elbiler blir brukt, og når mer energieffektive varmtvannsberedere vil kunne holde på varmen i større grad.

Dersom man antar at 50 % av husholdningene i Norge deltar i fleksibilitetsprogrammer, der de flytter eller reduserer omlag 30 % av sin topplast gjennom året, vil man avlaste 840 MW i topplasttimene (Se vedlegg 1). Dette tilsvarer 3,5 % av Norges topplastforbruk i 2010. For å få et så stort antall husholdninger med på fleksibilitetsprogrammer, er det nødvendig med tilstrekkelige insentiver som stimulerer sluttbrukere til å delta. Med dagens kraftpriser for topplast og grunnlast i Norge vil det for aggregatorer bety at de må ut med større godtgjørelser fra egen lomme, da besparelser gjennom strømregningen er lite.

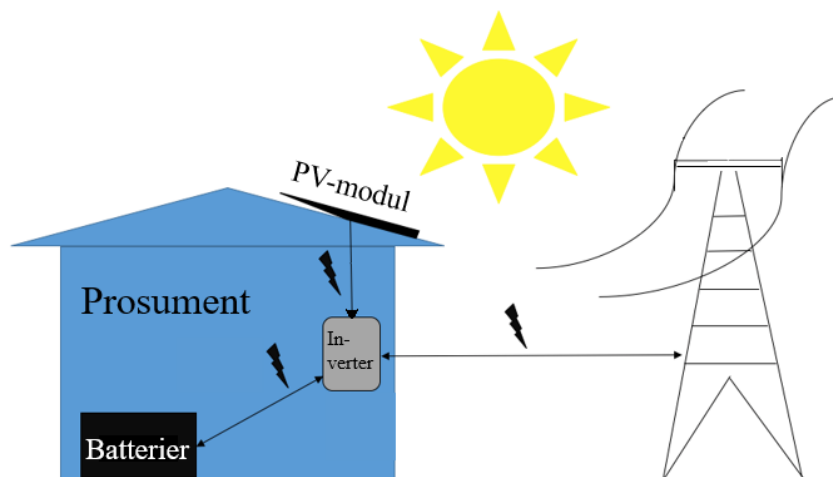
## 4. Prosumertjenester

En prosumert, også kalt plusskunde, er definert av NVE som; *“Sluttbruker av elektrisk energi som har en årsproduksjon som normalt ikke overstiger eget forbruk, men som i enkelte driftstimer har overskudd av kraft som kan mates inn i nettet”* [42]. For kraftsystemet innebærer det at en forbruker, som tidligere kun påvirket lastsiden, også blir en produsent som nå påvirker produksjonssiden. Dette er et viktig aspekt av Smart Grid, der toveis flyt av kraft og informasjon står sentralt. I dette kapittelet belyses hvilke muligheter og utfordringer som eksisterer ved prosumenter.

### 4.1 Prosumenter og tariffing

I Norge inngår prosumertene avtaler med sine DSO for å selge strøm til kraftnettet. Balanseavtaler kreves ikke i Norge, men det gjør det for eksempel i Finland [43]. DSO fakturerer prosumerten utifra nettokraften som blir matet inn på kraftnettet. For dette kreves timemålere som måler både innmating og uttak, såkalte smartmålere. Avtalen innebærer at kunden ikke selv kan videreselge kraften til andre, men må selge overskuddskraften til DSO, til spotpris.

I Norge er ordningen basert på enighet mellom DSO og prosumert. Dette innebærer at DSO kan nekte å kjøpe overskuddskraften fra prosumenter. I motsetning til dette er DSO pålagt å kjøpe overskuddsstrøm fra prosumenter i f.eks. Polen [44]. Aktører som legger til rette for prosumenter, må ta i betraktning at tariffing og lover raskt kan endre seg med tid.



Figur 10: Illustrasjon av kraftutvekslingen til prosumerten

Med en økning i kraftproduksjon bidrar prosumenter til å styrke forsyningssikkerheten [45]. Med dette vil prosumenteren først og fremst få sikret sin egen forsyning. Prosumenterne betaler nettleie i tillegg til spotprisen når de forsyner seg fra kraftnettet. De får kun betalt spotprisen, i noen tilfeller også et lite energitilskudd, når strømmen selges til kraftnettet [46]. Det kan derfor lønne seg å heller spare strømmen og bruke den selv. Med batterier muliggjøres dette. Andre løsninger er for eksempel gjennom tidsinnstilte varmtvannsbredere som også fungerer som en lagringsenhet. Prosumenteraktørens rolle er å skreddersy slike løsninger for prosumenterne, slik at ordningen blir lønnsom.

## **4.2 Drivere bak prosumerttjenestene**

For at aktører skal kunne bygge et marked rundt prosumenter, må dagens forbrukere finne ordningene interessante. Investeringskostnadene for utstyr, som en prosumenter må benytte seg av, er av stor betydning. Det vil fokuseres på PV-systemer for generering av strøm, da dette er mest utbredt innen prosumerttjenester.

### **4.2.1 Økonomisk lønnsomhet**

Lavere kostnader for PV-moduler er med på å drive prosumenterordningen frem. I noen land er installasjonskostnadene meget høye. Dette skyldes umodne markeder, med mindre erfarne håndverkere enn i for eksempel Tyskland. Mer kompetanse og erfaring vil på lengre sikt være med på å redusere installasjonskostnadene [47].

Med dagens kraftpriser er ikke den økonomiske lønnsomheten høy i Norge. En prosumenter med PV-anlegg på 5 kW og 40 % selvforsyning, vil ha en nettonåverdi på 1532 kr for investeringen (Se Vedlegg 2). Dette inkluderer offentlige støtteordninger og antagelse om 25 år økonomisk levetid for anlegget.

Det er i tidligere studier projisert at strømprisene internasjonalt vil øke frem mot 2030 [48]. Høyere strømpriser bidrar til at tilbakebetalingstid på investert utstyr blir kortere, og at verdien av bespart forbruk øker. Subsidieordninger og støtte for PV-anlegg blir gitt i mange land [49], og er en viktig pådriver for at sluttbrukere går over til å bli prosumenter.

### **4.2.2 Atferd**

Det er mange eksempler på folk som har installert slik utstyr til tross for økonomisk tap, noe som viser at økonomi ikke utelukkende er den eneste driveren for alle. Avhengig av interesser, vil noen kunne se for seg å bli prosumenter. Dette kan være forbrukere med fokus

på å være miljøvennlige, opptatt av å være selvstendige samt prestisjemessige årsaker. Slike prosumenter viser større engasjement, er mer aktive og kan fungere som pådrivere for andre.



Figur 11: Illustrasjonen viser hvilke gevinster prosumenten får [50]. Gullmyntene symboliserer de økonomiske gevinstene, mens grønt flagg symboliserer de miljømessige gevinstene

#### 4.2.3 Teknologi

Dagens solceller er laget av silisium og utnytter bare 16-18 % prosent av energien i sollyset. Den teoretiske grensen er anslått å være 30 prosent. Mye forskning er i gang for å øke effektiviteten i PV, for eksempel ved bruk av nanoteknologi [51]. PV-moduler blir også mer integrerte komponenter i byggematerialer, noe som gjør det lettere å montere samtidig som det gir et bedre utseende [52]. Som et resultat av billigere batterier i fremtiden vil prosumenter også kunne forsyne seg selv i større grad gjennom dagen.

### 4.3 Fordeler for kraftsystemet

At prosumenttjenester gir fordeler til kraftsystemet, er viktig for aktører som tilbyr disse tjenestene. Det innebærer større aksept for deres løsninger, og at samfunnet i større grad vil tilrettelegge for regulatoriske rammeverk som inkludere slike løsninger. Prosumenter kan bidra med fordeler til kraftsystemet i form av distribuert generering fra PV-moduler. Vi vil ta for oss det vi anser som de tre viktigste aspektene ved distribuert generering koblet til kraftnettet.



### **4.3.1 Reduserte tapskostnader**

I Norge ligger tapene i overføringslinjene opp mot 10 % av total kraftproduksjon [53]. Tapene er direkte avhengig av avstanden strømmen tilbakelegger fra genereringspunkt til forbruk. Når strømmen i større grad genereres nær forbrukeren, vil kostnader for tap reduseres. I kapittel 2.3 har vi belyst hvordan disse kostnadene inngår i nettleien. Når strømmen tilbakelegger en mindre avstand vil derfor nettleien reduseres som del av den totale strømprisen.

### **4.3.2 Redusert behov for kapasitet**

Distribuert generering kan bidra med å avlaste kapasitetsskranke i kraftnettet. Flaskehalsene inn til områder med kapasitetsskranke vil med dette reduseres, noe som er av betydning for strømprisene i området. For systemoperatører innebærer dette besparelser i form av redusert behov for investeringer i utbygging. I land som Norge, med en lav kundetetthet [54], kan det i enkelte tilfeller være av økonomisk interesse å støtte lokalbefolkningen med distribuert generering, istedenfor å dra ut lengre kraftlinjer til områdene.

### **4.3.3 Avkobling av last ved driftsforstyrrelser**

I tilfeller med nettforstyrrelser, kan prosumenter forsyne seg selv ved hjelp av de distribuerte genereringsenhetene. Systemoperatører som forsøker å gjenopprette driften etter en driftsforstyrrelse, vil kunne få redusert byrden ved at enkelte kunder har koblet av sin last [55].

## **4.4 utfordringer ved implementering**

Aktører i dette markedet må til enhver tid være klar over hvilke utfordringer som kan oppstå. Når prosumertjenester skal implementeres i en større skala, er det derfor naturlig å ta i betraktning utfordringer ved implementeringen. Vi vil her kort ta for oss noen av disse.

### **4.4.1 Finansielle utfordringer**

I lengden fører produksjon hos prosumenter til færre investeringer på produksjonssiden i kraftsystemet. Fallet i investeringene vil kun være et resultat av prosumenterenes kostnadsbesparelser [55]. Til tross for mange prognoser, som beskrevet i 4.2, er det vanskelig å si om kraftprisene vil øke eller falle når flere prosumenter kobler seg til kraftnettet [55]. Det blir derfor vanskelig å se om besparelsene for prosumenter er store i fremtiden om dette markedet skulle bli stort.

#### 4.4.2 Tekniske utfordringer

I f.eks. flere delstater i USA har det oppstått en bekymring rundt overbelastning i ulike anlegg pga. den distribuerte genereringen fra PV-moduler, noe som blant annet har resultert i overspenninger og kvalitetsproblemer i kraftnettet [55]. Slike overspenninger kan oppstå ved plutselige endringer i genereringen til kraftnettet fra mange PV-moduler [56]. I områder med eldre kraftnett er det større sannsynlighet for at slike problemer inntreffer. Av kostnadmessige årsaker er disse også ofte konstruert for enveis kraftflyt, noe som ofte kan skape problemer når overskuddskraft skal leveres til kraftnettet.

Siden PV-moduler er uregulerbare produksjonsenheter, er prognoser for produksjon og forbruk svært avhengig av været. Å bestemme netto last som kreves i distribusjonsnettet til enhver tid, kan være utfordrende i områder med mange prosumenter [55].

Tabell 3 oppsummerer diskusjonen ovenfor, og inkluderer utfordringer som er relevant for prosumertaktøren.

Tabell 3: Oppsummering av fordeler og utfordringer for prosumertaktøren

	<b>Fordeler</b>	<b>Utfordringer</b>
Finansielle	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reduserte tapkostnader</li><li>• Redusert strømregning</li><li>• Egenprodusert strøm</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tar markedsandeler fra kraftprodusenter dersom mange blir prosumenter</li><li>• Liten fortjeneste ved lave kraftpriser</li><li>• Høye investeringskostnader</li></ul>
Atferdsmessige	<ul style="list-style-type: none"><li>• Miljøvennlighet</li><li>• Prestisje</li><li>• Selvstendighet</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Regelverk</li><li>• Kostnader for utstyr</li><li>• Få insentiver til å endre rutiner</li></ul>
Tekniske	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bistå systemoperatører ved innkobling av last</li><li>• Avlaste kapasitetsskranker i kraftnettet</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Overbelastning av kraftnettet</li><li>• Eldre kraftnett er dårligere egnet til toveis kraftflyt</li><li>• Prognoser for innmating av overproduksjon</li></ul>

## **5. Off-grid Energy - OGE**

OGE innebærer å være frakoblet kraftnettet [57]. Omkring 1,16 milliarder mennesker lever i dag uten tilgang til strøm [58]. Dette skyldes hovedsaklig kostnader forbundet med å dra ut kraftnettet til landlige områder. I landlige områder kan OGE være mer kostnadseffektivt enn å dra kraftnettet ut til forbruker, der kostnadene kan variere mellom \$9000 til \$31000 per km [57]. Muligheter for at aktører kan skape verdier vil belyses videre gjennom trender innen OGE. Årlig forbruk og topplast for husholdninger varierer mellom land. Det er dermed relevant å se på OGE i både India og USA for å se på områder med høy solintensitet, men med store forskjeller i forbruk. Det viser også hvordan det er mulig å gå off-grid både i utviklingsland og veletablerte land.

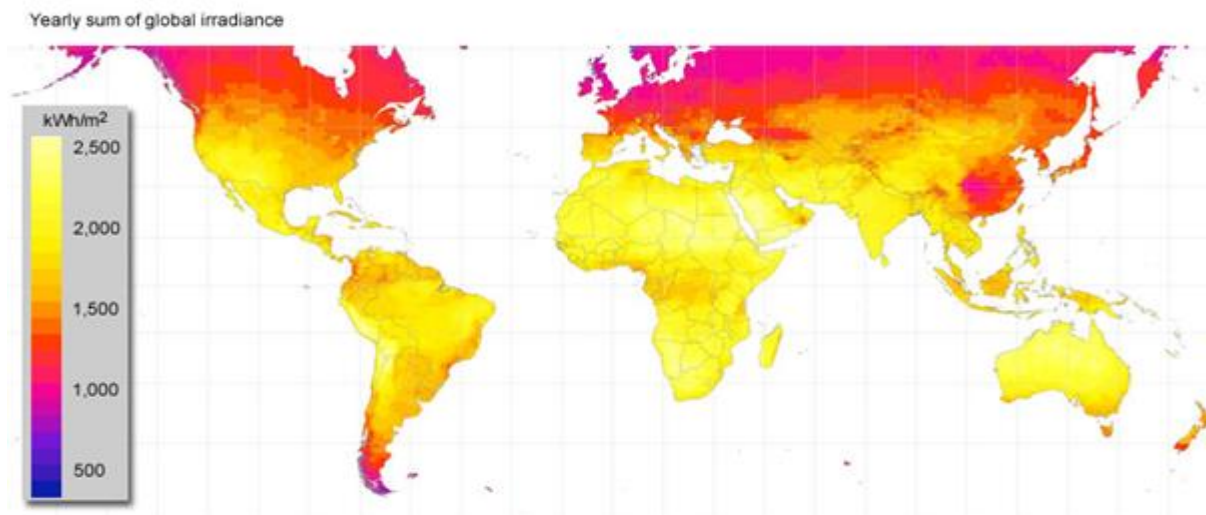
### **5.1 Utviklingen de siste tiårene**

OGE er ikke nytt, da det i flere tiår har blitt tatt i bruk for å forsyne avsidesliggende områder med strøm. DRE-anlegg har også blitt brukt til å forsyne avsidesliggende industri, telekommunikasjonsstasjoner, parker og skoler [58].

Markedet som vokser sterkest frem er i utviklingsland. Fra 1990-2010 økte tilgangen til strøm i urbane områder med omkring 1.1 milliarder mennesker globalt, mens den totale befolkningsveksten lå på 1.27 milliarder. I avsidesliggende områder økte både befolkningsveksten sammen med de som fikk tilgang til strøm med omkring 300 millioner mennesker. Elektrifiseringen av avsidesliggende områder økte dermed i takt med befolkningsveksten, men antall mennesker uten tilgang til strøm har nærmest forblitt uforandret [58]. OGE forblir en attraktiv løsning spesielt for land i utvikling med stor befolkningsvekst.

### **5.2 Solintensitetens variasjon i ulike områder**

Det er PV-moduler som vokser sterkest frem for OGE, i takt med dets prisfall. Strømproduksjon fra PV-moduler er avhengig av solintensiteten i området. Figur 12 viser intensiteten av global innstråling i kWh/m<sup>2</sup> som inkluderer diffus stråling.



Figur 12: Verdenskart som viser global innstråling [59]

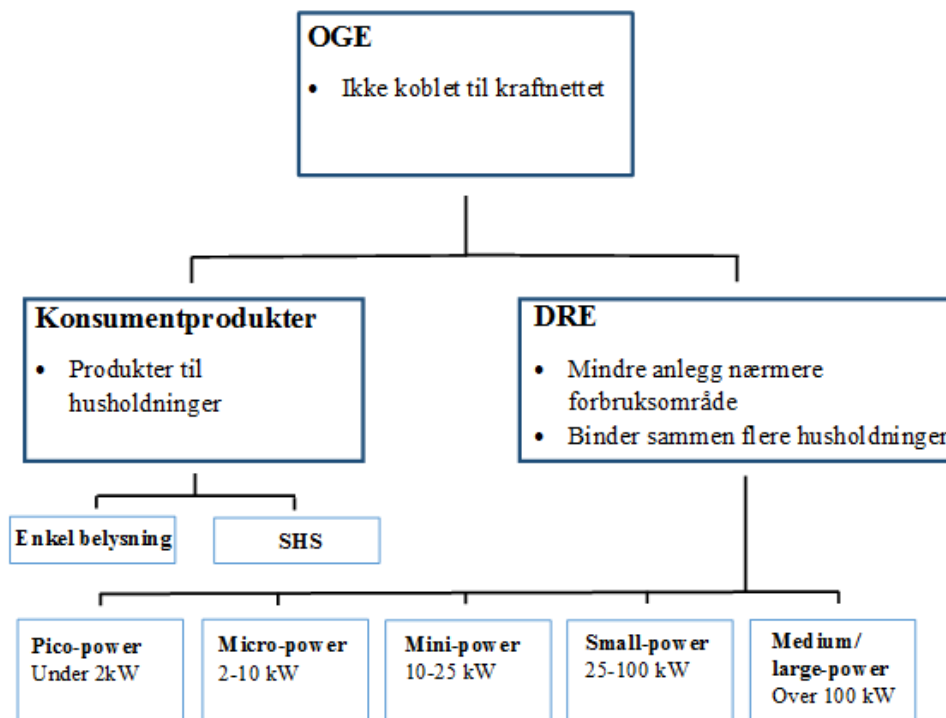
Figur 12 viser at det lønner seg mer med utnyttelse av solenergi i noen områder enn andre, da forskjellen kan være så store som en fordobling i intensitet. Både i USA og India er det gode intensitetsforhold, og det vises også gjennom satsinger på OGE i områdene. Utviklingen i disse landene er trigget av forskjellige faktorer. USA er et veletablert land, der OGE-markedet i hovedsak vokser pga. teknologisk fremgang. Til motsetning er hovedårsaken til at markedet vokser i India at mangel på strømforsyning er et stort problem.

### 5.3 Oppsett for OGE i husholdninger

PV-anlegg for en husholdning, kalt Solar Home System (SHS), er i prinsippet enklere å sette opp enn større anlegg som skal forsyne flere husholdninger. Det er kun forbruket for den ene husholdningen som legger grunn for komponentene som er nødvendig. Uansett hvilke løsninger man velger for å generere strøm, er det nødvendig med en batteripakke i tillegg til inverteren og resterende komponenter for anlegget. Uten batteripakken vil man ikke være i stand til å spare overskudd på dagtid og bruke det i tider der strømproduksjonen er mindre enn forbruket.

For å opprettholde et OGE-system må inverteren kunne takle topplasten som kan forekomme hos forbrukeren. Videre er det viktig å vite hvor mye energi forbrukeren gjennomsnittlig trekker gjennom døgnet. Deretter kartlegges det hvor mye energi som skal kunne lagres i batteribanken. For dette må ulike faktorer tas i betraktning, som blant annet skyggetagte dager og andre forstyrrelser.

Figur 13 gir en oversikt over forskjellige formater av OGE som er utbredt. Forskjellige typer DRE-anlegg vil ikke bli diskutert i detalj, men er inkludert for en overordnet forståelse.



Figur 13: Oversikt over forskjellige OGE-systemer, inspirert av figur fra [60]

Hovedsakelig er fordelene ved OGE at kunden er selvforsynt og kan kontrollere alt selv. I lengden kan kunden også spare penger, avhengig av forbruk og økonomisk levealder på apparatene. Ulempene derimot er at investeringskostnadene er veldig høye, og tilbakebetalingstiden derav veldig lang.

### 5.3.1 DRE og lokalsamfunn

DRE er en god løsning for landsbyer og boligområder som ligger et stykke unna sentralnettet, og er i økende grad kostnadseffektivt sammenlignet med generering av strøm fra fornybare energikilder på lang avstand. Dette er hovedsakelig på bakgrunn av overføringstap i kraftnettet [61]. Prisfallet for PV-moduler gjør det også mer lønnsomt å starte mindre anlegg.

DRE kan stimulere lokal økonomi og bringe fordeler til lokalsamfunnet i form av jobber. Dette er spesielt tilfelle i avsidesliggende områder der arbeidsmarkedene ikke er så store og nedgangstider har påvirket små lokalsamfunn. Dette gir også lokal kontroll over energiressursene og bringer frem sterkere lokalsamfunn. Lokal energiproduksjon kommer med store effekter som lokale investeringer i form av innkjøp av materiale, og når

lokalbefolkningen bruker penger i det lokale samfunnet stimulerer dette markedet, noe som igjen bringer flere jobber. Med andre ord driver ikke slike prosjekter kun frem jobber i direkte form, men også i indirekte form. [61]

#### **5.4 OGE i et veletablert land: USA**

Med klimautfordringene som finner sted, er USA en viktig brikke som kan lede verden i overgangen til et grønnere forbruk. Det har de siste årene startet en del DRE-prosjekter i staten California, en vel bebodd stat, med høy solintensitet.

Mandatet Renewable Electricity Standard (RES) legger til grunn at 33 % av all strømforbruk i California skal komme fra fornybare energikilder innen 2020 [61]. Dette er et høyt satt mål, tatt i betraktning at EUs totale mål er å øke andelen til 20 % [62]. Det fører med seg store forventninger til DRE-prosjektene i området. Det meste av DRE mater strøm inn til kraftnettet i dag, men det kan i fremtiden bli flere DRE-anlegg som står frakoblet. Med prosjekter i blant annet California og andre deler av landet vokser det frem aktører som tilbyr tjenester i form av å sette opp DRE-anlegg.



Figur 14: Eksempel på en bolig som er off-grid i USA [63]

Aktører tilbyr også mindre tjenester til enkelthus i form av SHS. Det finnes allerede en del boligområder i USA som har gått helt off-grid, der Three Rivers Recreation Area går frem som et godt eksempel på at det både er mulig og praktisk. I dette området er det omlag 500 boliger [64], flest ferieboliger, som står frakoblet kraftnettet. Eierne av disse boligene har i takt med utviklingen i teknologi klart å øke graden av komfort til et plausibelt nivå. Allerede i 2005 var det 180 000 familier i USA som levde frakoblet kraftnettet [65], og dette tallet har økt siden.

Noen velger å finne ut hvordan anlegg skal settes opp med minimal hjelp, men i noen land der tilgang på informasjon og analfabetisme er et stort problem, kan aktører ta betalt for denne jobben i større grad. Dette gjelder hovedsakelig utviklingsland, blant annet India.

## 5.5 OGE i et utviklingsland: India

Omkring 26 % av befolkningen globalt som lever uten strøm, bor i India. Dette tilsvarer over 306 millioner mennesker [58]. Det skjer dermed stor utvikling og vekst på OGE i India. Det viser seg at det i veletablerte land er teknisk utvikling som driver veksten for OGE-aktører, mens den i utviklingsland er drevet av grunnleggende behov.



Figur 15: Eksempel på off-grid PV-anlegg i India [66]

India er et av landene som er mest utsatt for klimaendringene blant annet pga. påvirkningen på regnfall og vindfrekvensen i området [67]. Det har ført til at staten har innført strategier for å takle utfordringene. Med over en milliard mennesker kan India bidra enormt for å nå klimamålene. Hvis landets forbruk kan legges om til å komme fra fornybare kilder vil det utgjøre en stor deler av verdens forbruk. I tillegg til å gjøre teknologiene som ligger bak utvinning av fossilt brensel renere, har den indiske staten i sin Intended Nationally Determined Contribution satt som mål at 40 % av elektrisk kapasitet skal ha opphav fra fornybare energikilder innen 2030 [67]. Til i dag har staten klart å forbedre graden av fornybar energi på sentralnettet med en seksdobling siden 2002 [67]. For å møte disse forventningene blir det viktig ikke å legge til totalforbruket med flere sluttbrukere knyttet til et kraftnett bestående av store andeler produksjonsenheter basert på fossile kilder. OGE med fornybare kilder blir derfor et gunstig bidrag for å nå klimamålene.

En forbruker som i dag ikke har tilgang til strøm, vil i første omgang være villig til å betale for simple systemer som belysning, men med tiden kan det oppstå ønsker om å dekke større behov som TV, kjøleskap og vifter. Behovene øker med forbrukerens dekning av tidligere behov og vekst i kundens økonomi.

## 5.6 OGE i Norge

I Lofoten ble det i januar 2015 bygget ferdig et moderne bolighus som er helt off-grid [68].

Huset skal ha samme nivå av komfort som andre boliger i Norge. I tillegg til å være frakoblet kraftnettet er dette huset også frakoblet vann- og avløpsnettet.



Figur 16: Off-grid bolighus i Lofoten [68]

Huset har et anlegg drevet av PV-moduler, jordvarme og vind. For å høste mest mulig energi er huset tilrettelagt for direkte sollys, med store vindusflater som flest passivhus. I kjølige deler av verden, som i Norge, kreves det mer enn PV for å dekke forbruket og fremdeles ha et godt nivå av komfort (Se vedlegg 3).

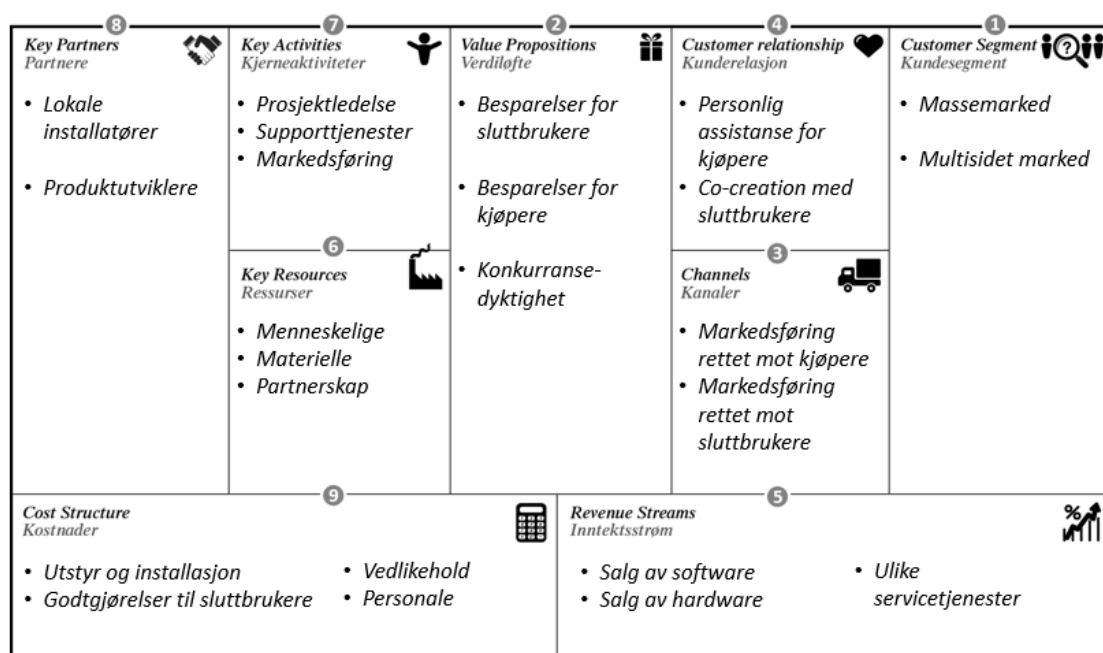


## 6. Analyse av aktørenes forretningsmodeller

### 6.1 Business Model Canvas - Aggregatoren

Gjennom kombinasjon av teknologiløsninger og servicetjenester, implementerer og styrer aggregatoren programmer for forbrukerfleksibilitet. De fleste aggregatorer tar ikke del i balansemarkedene, og størst profitt ved slike programmer oppnås derfor når det tilbys tjenester i forbindelse med kritiske situasjoner i kraftnettet eller ved ekstremt høye kraftpriser. Slike tilfeller oppstår imidlertid kun noen få ganger i året [38], og er grunnen til at mange aggregatorer er avhengige av å tilby mindre profitable tilleggstjenester. Dette inkluderer som regel salg av energieffektiviseringsteknologi, eller integrerte programmer for å implementere dette.

Figur 17 gir en overordnet oversikt over aggregatorens forretningsmodell. Hvert av de ni punktene vil analyseres i de kommende delkapitlene. Analysen er basert på informasjon hentet fra nettsidene [69]-[74].



Figur 17: Aggregatorens forretningsmodell representert gjennom Business Model Canvas

#### 6.1.1 Kundesegment

De fleste aggregatorer operer i to markeder, et multisidet marked ved programmer, og et massemarked ved kun salg av teknologiløsninger.

**Multisidet marked:** Dette innebærer at aggregatoren har to kunder, der kunde A legger grunnlaget for verdien som kunde B betaler aggregatoren for. Det kan derfor sies at kunde A er tilbyder av fleksibiliteten, mens kunde B er kjøper. I denne konteksten vil sluttbrukere fungere som tilbyderne, mens f.eks. systemoperatører, som betaler aggregator for å ha tilrettelagt for fleksibiliteten, er kjøpere. Tilbydere i denne forretningsmodellen er husholdninger, mens kjøpere er systemoperatører og kraftleverandører. Den viktigste kunden for aggregatorer i dette markedet er sluttbrukere. Det vil ikke skapes noen verdi for kjøper dersom de ikke tilbyr sin fleksibilitet.

**Massemarked:** Mange aggregatorer tilbyr også salg av teknologiløsninger til markedsaktører uten noen integrerte programmer. Dette kan f.eks. være en kraftleverandør som ønsker å installere utstyret hos sine sluttbrukere. I dette markedet utgjør markedsaktøren den eneste kunden og kjøper.

### 6.1.2 Verdiløfte

**Besparelser for sluttbrukere:** Aggregatoren gir verdi til sluttbrukere gjennom besparelser. Foruten de effekter slike programmer har for kraftprisen i et lengre perspektiv, vil sluttbrukere realisere lavere kostnader for bruk av strøm gjennom året, samt oppnå godtgjørelser når de tar del i programmer.

**Besparelser for kjøpere:** For systemoperatører vil besparelser komme i form av bedre utnyttelse av kapasitet i kraftnettet ved å redusere topplasten. I et større perspektiv betyr dette at kostnader for investeringer i kraftnettet kan utsettes. For kraftleverandører som kjøper inn og installerer aggregatorens løsninger, gir det store fordeler ved prognoser for forbruk, noe kraftleverandøren utnytter for å redusere ubalansekostnader. Andre fordeler for kjøpere er nevnt under 3.3, og kan klassifiseres under verdiløftet.

**Konkurransedyktighet:** Dette punktet er spesielt av interesse for kraftleverandører. Ved å vise til reduserte strømregninger for sine sluttbrukere, vil de kunne øke sin kundemasse og dermed stå sterkere i konkurrerende markeder.

### **6.1.3 Kanaler**

**Markedsføring rettet mot kjøpere:** De fleste aggregatorer vil benytte nettsider som apellerer til ulike markedsaktører. Gode ord fra tidligere kunder blir i mange tilfeller også brukt gjennom reklamer og sosiale medier.

**Markedsføring rettet mot sluttbrukere:** Når en avtale har blitt satt med en systemoperatør eller en kraftleverandør, tar de fleste aggregatorer på seg ansvaret for å tiltrekke kvalifiserte sluttbrukere til det aktuelle programmet. I noen tilfeller er et eget team spesialisert for markedsføring rettet mot disse. Avhengig av kundegruppe, brukes ulike metoder som direktepost, avisreklamer, sosiale medier, direktekontakt med eiendomsledere, sponning av lokale fellesarrangementer og opprettelse av nettside for det aktuelle programmet.

### **6.1.4 Kunderelasjon**

**Personlig assistanse for kjøpere:** For å nå de satte målene jobbes det i tett samarbeid med kjøper av tjenesten under programmets varighet. Som regel er et eget team spesialisert på å besvare henvendelser og assistere i forbindelse med programmet.

**Co-creation med sluttbrukere:** En slik relasjon innebærer at aggregator og sluttbruker sammen skaper selve tjenesten som blir solgt, her fleksibilitet. Et kontaktsenter er som regel opprettet for å assistere sluttbrukere gjennom prosessen fra registrering til installasjon, samt pågående kundestøtte.

### **6.1.5 Inntektsstrøm**

Aggregatorer selger løsninger som inkluderer software, hardware og servicetjenester. De kan selge dette i komplette pakker, eller hver for seg etter kjøperens behov. I en komplett pakke tilbyr aggregatoren et sett av tjenester som skal lede kjøperen til å oppnå sine lastendringsmål eller energisparingsmål, og aggregatoren har ansvaret for at dette realiseres. Nedenfor beskrives teknologiløsninger og tjenester som aggregatorer tilbyr.

**Salg av software/hardware:** Software brukes for styring av forbruk ved forbrukerfleksibilitet og energisparing. Typiske hardware er smarte termostater og automatiske lastbrytere, som reagerer etter signaler fra software.

**Ulike servicetjenester:** Dette inkluderer markedsføring til sluttbrukere, installering, vedlikeholdelse, prosjektledelse, kundestøtte, målinger, verifikasjon, samt utarbeiding av rapporter og analyser. Slike tjenester er som regel inkludert i programmene, men kan også tilbys hver for seg.

#### **6.1.6 Ressurser**

**Menneskelige:** Den viktigste ressursen for aggregatoren er av menneskelig karakter. Det er nødvendig med medarbeidere som har god kunnskap innenfor fagfeltet, gode evner til å finne innovative løsninger tilpasset kjøpernes utfordringer, samt gode prosjektlederegenskaper. I de fleste tilfeller vil aggregatorer selv ha teknikere og installatører som vil utføre installasjon og vedlikehold av utstyr hos sluttbrukere.

**Materielle:** Dette er i hovedsak utstyr som er nødvendig for å tilby de ulike tjenestene, som f.eks. software og hardware.

**Partnerskap:** Noen aggregatorer vil ikke selv stå for utvikling av software og hardware, men vil kjøpe slike tjenester fra andre med mer kunnskap innenfor feltet. I noen tilfeller kan det også være aktuelt for aggregatorer å inngå partnerskap med installasjonsbedrifter. Slike partnerskap er ikke alltid nødvendig for å levere verdiløftet, men bidrar til å øke kundemassen.

#### **6.1.7 Kjerneaktiviteter**

**Prosjektledelse:** Aktiv problemløsning gjennom prosjektledelse er en sentral aktivitet for å levere verdiløftet. Ulike kjøpere vil kreve ulike løsninger på sine problemer, og aggregatoren må på en innovativ måte tilpasse løsninger etter deres behov og utfordringer. Dette innebærer å analysere potensiale for forbruksendring samt planlegge og implementere løsninger mest mulig kostnadseffektivt. En kjerneaktivitet under programmets varighet kan f.eks. være reduksjon av forbruk hos sluttbrukere ved å sende kontrollsignaler til installert utstyr hos sluttbrukere.

**Supporttjenester:** Siden aggregatoren i mange tilfeller selv har utviklet sine løsninger, er aggregatoren i beste posisjon for å tilby support til sine kunder. Dette er en kjerneaktivitet, som tilbys både sluttbrukere og kjøpere av tjenesten.

**Markedsføring:** Aggregatoren er direkte avhengig av sluttbrukere når det inngås kontrakter i forbindelse med programmer. Det må derfor legges betydelig vekt på markedsføringen.

### 6.1.8 Partnere<sup>1</sup>

**Lokale installatører:** Potensielle partnere er lokale installasjonsbedrifter, avhengig av om aggregatoren selv har mannskap til det eller om det er produktivt å føre et slikt partnerskap.

**Produktutviklere:** Mange aggregatorer står for utviklingen av software og hardware i hovedsak selv, men kan være villige til å inngå partnerskap med andre aktører som har ekspertise innenfor feltet.

### 6.1.9 Kostnader

**Utstyr og installasjon:** Hvem som står for kostnadene for utstyr vil variere ved ulike programmer. Noen aggregatorer finansierer dette selv, og installasjonskostnader er som regel inkludert.

**Godtgjørelser til sluttbrukere:** I enkelte programmer gis en månedlig eller årlig betaling til sluttbrukere for deltagelsen, og i noen tilfeller vil sluttbrukere i tillegg få betalt etter antall kontrollsignaler som er besvart.

**Vedlikehold:** Avhengig av det installerte utstyret, vil vedlikeholdskostnader forekomme. Noen aggregatorer inkluderer vedlikeholdskostnader i prisen for programmet.

**Personale:** Personale i bedriften står for store deler av kostnadene. Disse består av serviceteknikere, prosjektledere, installatører og andre medarbeidere.

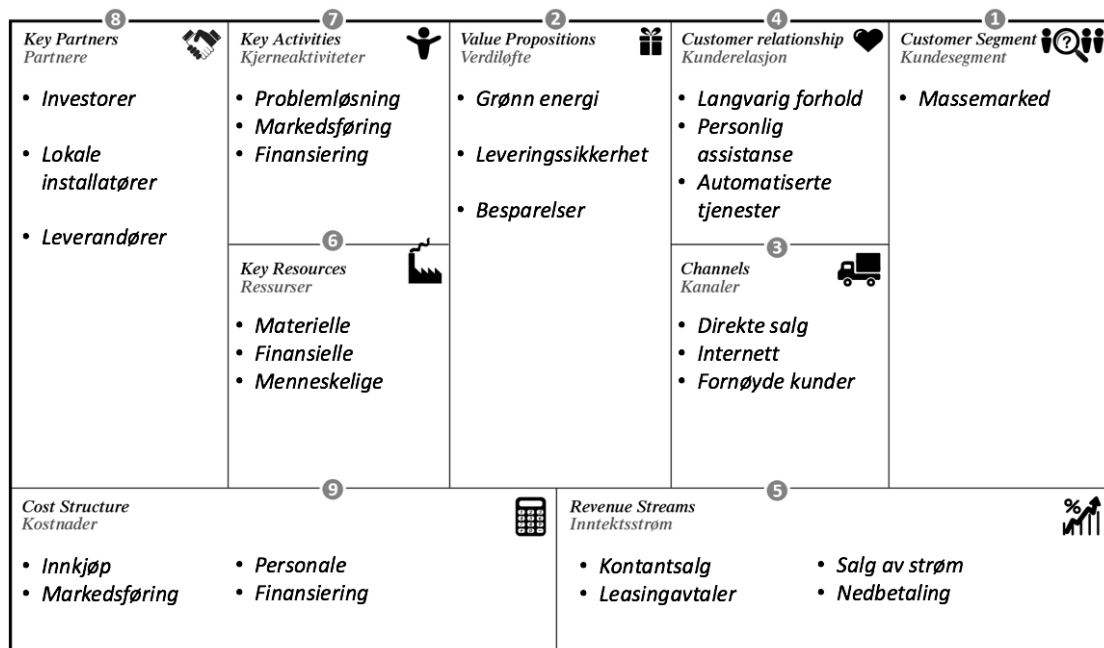
## 6.2 Business Model Canvas - Prosumentaktør

Prosumentaktører organiserer sin virksomhet i hovedsak på salg av anlegg for distribuert generering, montering, vedlikeholdelse og finansiering. De tilrettelegger videre for at overskuddsstrømmen blir solgt til kraftnettet i henhold til regelverket i det aktuelle området.

---

<sup>1</sup> Kraftleverandører og systemoperatører er i prinsippet med på å levere verdiløftet, men de er avhengig av tjenestene til aggregatoren for å løse sine problemer, finansierer ikke forretningen til aggregatorer, men gir dem heller en inntektsstrøm. Vi velger derfor å kategorisere dem som kunder heller enn partnere.

Figur 18 gir en overordnet oversikt over prosumentaktørens forretningsmodell. Analysen er basert på informasjon hentet fra nettsidene [75]-[77].



Figur 18: Prosumentaktørens forretningsmodell representert gjennom Business Model Canvas

## 6.2.1 Kundeselement

**Massemarked:** Alle som vil ha PV-anlegg og strømlagringsmuligheter er en del av kundeselementet, med husholdninger som det primære satsingsområdet. De viktigste kundene er folk som eier en enebolig, tomannsbolig eller rekkehus, da de har høyere forbruk og større takareal som kan dekkes av PV-modulene.

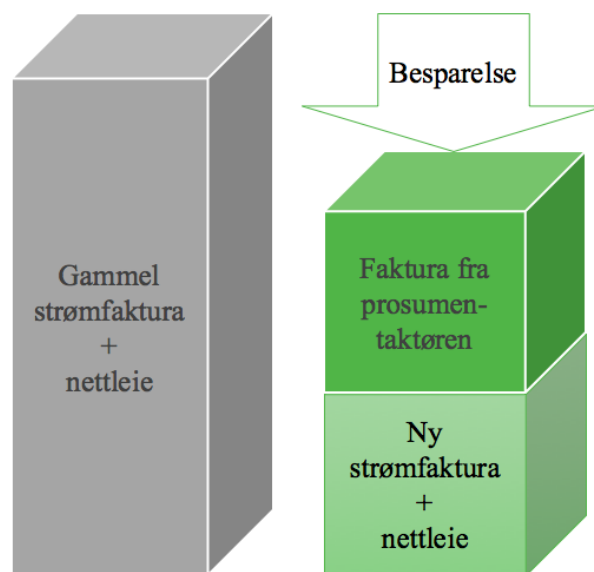
## 6.2.2 Verdiløfte

**Grønn energi:** Aktørene selger PV-moduler som produserer grønn energi. I tillegg tilbys batteriløsninger som i større grad gjør det mulig for kunden å bli selvforsynt. Miljøvennlighet og bærekraftighet er verdier som blir gitt til kunden gjennom virksomheten. Kundene tar også del i å hjelpe samfunnet gjennom fordelene distribuert generering gir til kraftnettet.

**Leveringssikkerhet:** En utfordring ved solenergisystemer er at mengden strømproduksjon er vanskelig å forutsi. Av den grunn vil mange som ønsker seg slike anlegg ikke ha tilstrekkelig insentiver til å investere i dette, pga. usikkerheten. Aktørene tilrettelegger for dette gjennom

sine strømgarantier. Garantien innebærer tilbakebetaling for strøm hvis PV-modulene ikke klarer oppnå en avtalefestet mengde strømproduksjon.

**Besparelser:** I tillegg til å bli selvforsynt i perioder, kan kunden selge overskuddsstrømmen til kraftnettet og oppnå en redusert strømregning. Totalt sett blir strømutgiftene lavere gjennom finansieringsavtalene, i forhold til hva en kan forvente for samme strømmengde når all strøm blir forsynt fra kraftnettet. Dette er illustrert i figur 19.



Figur 19: Illustrasjon som viser besparelsen for prosumenter

### 6.2.3 Kanaler

**Direkte salg:** Ansikt-mot-ansikt-markedsføring er den viktigste kanalen for å nå frem til nye kunder. Fysisk tilstedeværelse for beregninger og levering av anlegg blir brukt i de fleste tilfeller. Prosumertaktører satser høyt på salgskonsulenter som skal formidle budskapet gjennom dørsalg og ved byggevarekjeder [78].

**Internett:** Nettside med informasjon er opprettet for å formidle kunnskap om virksomheten. Her kan kunder som regel fylle ut skjemaer for å kjøpe tjenester. Etter ferdig utfylt skjema tas det kontakt med kunden, der vilkår for betalingsmåter fastsettes.

**Fornøyde kunder:** Fornøyde kunder fungerer som ambassadører for bedriften. De som ser en fungerende løsning i et reelt hus, vil være mer motivert for å kjøpe anlegg, og mange aktører

har derfor vervekampanjer. De eksisterende kundene får godtgjørelser dersom de verver andre.

#### **6.2.4 Kunderelasjon**

**Langvarig forhold:** Bedriften har et langvarig og kontinuerlig kundeforhold. For kunde-eide systemer, inngår kunder langsiktige salgskontrakter eller kjøper direkte. For selskapseide systemer, kjøper kunder energi gjennom leieavtaler eller kraftkjøpsavtaler.

**Personlig assistanse:** Interaksjon mellom prosumentaktøren og kunden starter i det en avtale inngås, og avsluttes når kunden sier opp avtalen. Anlegget som kundene kjøper kan være komplekst, og noen kunder vil måtte assisteres for å få ut de beste resultatene. Derfor er det viktig å ha kontinuerlig og god kontakt med kundene.

**Automatiserte tjenester:** For å forbedre ytelsen av kundenes anlegg, lagrer noen prosumentaktører kundespesifikk informasjon i sine systemer. Dette kan inkludere navn, adresse, status for kredittkort samt energibruk. På den måten vil disse aktørene identifisere problemer med anleggene, slik at kunden blir varslet. Dette muliggjør at kunden selv også kan følge energibruket sitt gjennom applikasjoner og nettsider.

#### **6.2.5 Inntektsstrøm**

**Kontantsalg:** Kontantsalg av anlegget er en viktig inntektskilde. Dette gir aktørene en inntektsstrøm allerede i starten av avtaler, som kan brukes for å investere i annet.

**Leasingavtaler:** Siden mange av prosumentaktørene tilrettelegger for at kunder skal finne anleggene overkommelige, kommer inntektene inn gjennom lengre tidsrom. Ved leasing blir en del av beløpet betalt i starten, mens resten er avtalefestet over lengre tidsrom.

**Salg av strøm:** Et av avtalene som noen prosumentaktører opererer med er at kunden må kjøpe den genererte strømmen fra anlegget av prosumentaktøren. Altså får kunder installert anlegget gratis eller til en lavere pris, men forplikter seg til å kjøpe strøm fra anlegget i en avtalefestet periode. Dette fungerer ikke som en nedbetalingsmulighet for anlegget.

**Nedbetaling:** Nedbetaling skjer enten som en månedlig nedbetaling eller strømfaktura etter mengden produsert strøm. Slike avtaler kan ha en varighet opp mot 20 år.



### 6.2.6 Ressurser

**Materielle:** PV-moduler, batteripakker og invertere er de viktigste fysiske komponentene som brukes i anleggene. Det som er positivt med slike ressurser er at de blir produsert i stor skala både på nasjonalt og internasjonalt nivå.

**Finansielle:** Det er krevende å dekke investeringskostnadene i forbindelse med anlegg. Finansieringsressurser er derfor viktig i en forretningsmodell som tilbyr nedbetalings- og leasingmuligheter. Samarbeidspartnere som kan være viktige støttespillere for finansiering er derfor en sentral ressurs.

**Menneskelige:** Tjenester som prosumentaktører tilbyr, krever kvalifiserte medarbeidere med kunnskap innenfor fagfeltet. Dette inkluderer alt fra selgere, markedsførere, installatører, prosjektledere, kundebehandlere og ingeniører.

### 6.2.7 Kjerneaktiviteter

**Problemløsning:** Bedriften må kartlegge hvor mye strøm som anlegget vil produsere, for å beregne nedbetalingsmuligheter for kunden. Medarbeidere hos aktøren må designe komplette løsninger med PV-moduler, batteribanker og invertere for å gi kundene leveringssikkerhet. Aktiv problemløsning for å tilby finansieringsmuligheter og for å dimensjonere anlegg etter kundenes behov er en sentral aktivitet.

**Markedsføring:** Anlegg som prosumentaktøren tilbyr er ikke utbredt i stor grad, og mange er ikke kjent med det. For å nå ut til mange kunder må det derfor legges betydelig vekt på markedsføringsdelen.

**Finansiering:** Anleggene har høye investeringskostnader, spesielt for de som inkluderer batteripakker med på kjøpet. Forretningsmodellen har som mål å gi minimale startkostnader for kundene gjennom ulike finansieringsalternativer. Slike avtaler inkluderer leasing og andre delbetalingsmetoder. Slike delbetalingsmetoder inkluderer f.eks. nedbetaling etter mengden strøm produsert eller med et fast beløp per måned.

### 6.2.8 Partnere

**Investorer:** Forretningsmodellen er kapitalintensiv, hvilket innebærer at aktøren kan trenge finansiering for å utføre sin virksomhet. Det er nødvendig å ha et godt forhold til samarbeidspartnere som investorer eller finansieringsselskaper for å kunne innhente kapital.

**Lokale installatører:** Noen av aktørene samarbeider med lokale installasjonsselskaper. Et slikt partnerskap er viktig da det i større grad muliggjør at aktøren når ut til flere kunder.

**Leverandører:** I de fleste tilfeller vil en prosumentaktør kjøpe inn komponenter fra spesifikke produsenter. Slike produsenter er viktige partnere. De tilbyr produksjon av komponenter til en lavere verdi mot at det kjøpes i større mengder.

### 6.2.9 Kostnader

**Innkjøp:** PV-moduler og batteribanker er kjent for sine høye kostnader. Dyre komponenter er i hovedsak årsaken til høye investerings- og kapitalkostnader for prosumentaktøren. Disse vil utgjøre den største delen av kostnaden.

**Markedsføring:** Forfremmelse av ukonvensjonelle produkter fører til at det legges betydelig vekt på markedsføringen, og kostnader i forbindelse med dette vil derfor påløpe.

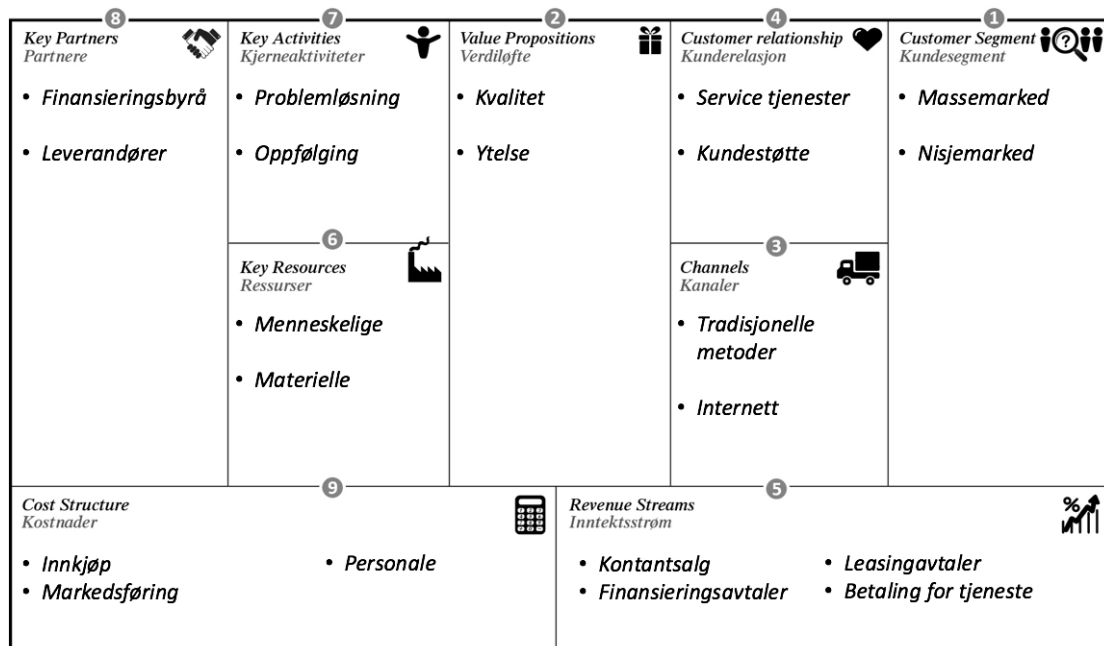
**Personale:** Dørsalg, installasjon, planlegging og prosjektering er ressurskrevende aktiviteter som må utføres av medarbeidere. Arbeidsstyrken til prosumentaktører utgjør derfor en sentral del av kostnadene.

**Finansiering:** Siden aktørene ved mange tilfeller eier anleggene og baserer virksomheten på fremtidige leie- og strøminntekter, vil kapital- og investeringskostnadene vise seg i regnskapet.

## 6.3 Business Model Canvas - OGE-aktør

Aktørene vi ser på opererer i OGE-markedet med SHS som hovedområdet med noe fokus på DRE-prosjekter. Dette fordi SHS alene ikke har store inntektsstrømmer [60]. For DRE vil dette gjelde de minste anleggene, da de fleste SHS-aktører vil ha vansker med å strekke seg langt nok for de større prosjektene på effektivitet og pris. Figur 20 gir en overordnet oversikt

over OGE-aktørenes forretningsmodell. Analysen er basert på informasjon hentet fra nettsidene [79]-[82].



Figur 20: OGE-aktørenes forretningsmodell representert gjennom Business Model Canvas.

### 6.3.1 Kundesegment

**Massemarked:** Dette er hovedsakelig husholdninger i mindre utviklede land der kraftnettet ikke når ut til landlige områder. Kundegruppen som ikke har tilgang til kraftnettet kan også befinne seg i mer veletablerte land, men med store geografiske avstander fra kraftnettet som kan gjøre det gunstig å sette opp OGE-anlegg.

**Nisjemarked:** Det finnes også kunder som ønsker å være mer miljøvennlige ved å ta i bruk fornybar energi og andre som ønsker å være selvforsynt.

Blant de store kundemassene finnes det hele lokalsamfunn som ikke har tilgang til strøm. Disse kundene vil være grunnlaget for DRE-anleggene. De viktigste kundene er den store massen som ikke har tilgang til kraftnettet, fordi deres utfordring og størrelse er størst.

### 6.3.2 Verdiløfte

**Kvalitet:** Kundene får strøm gjennom aktørenes anlegg så lenge værforhold tillater det. Løsningene som leveres kommer enten i komplette anlegg eller i enkeltkomponenter, men

skal alltid være av høy kvalitet med lang levetid. Anleggene skal være motstandsdyktige og tåle sterke værforhold.

**Ytelse:** Aktørene gir kunden verdi i form av grønn energi. Tilgang til strøm er et problem for mange kunder, og dette løses av aktørene. Aktørene leverer bærekraftige løsninger til kunder som ønsker å være miljøvennlige.

Behovet for å leve i takt med samfunnet vil bli tilfredsstilt hos de kundene som tidligere ikke har hatt tilgang til strøm. Andre kunder vil få behovet for selvforsyning oppfylt og miljøvennlige kunder vil kunne bidra til renere klima.

### **6.3.3 Kanaler**

**Tradisjonelle metoder:** Mange av kundene i landlige områder har verken tilgang til kraftnettet eller internett. Det blir derfor viktig å besøke disse områdene. Annonser i lokale aviser kan også benyttes. For DRE-prosjekter kan også statlige etater og andre styringsformer være en portal for å tilby løsningene til innbyggere.

**Internett:** For å nå ut til de mindre kundegruppene blir det viktig å markedsføre over internett. Det kreves samtidig at det bygges gode og informative nettsider. Gjennom oversiktlige nettsider vil potensielle kunder få interesse for aktørens løsninger. Sosiale medier vil også hjelpe til med å nå ut til disse kundene.

### **6.3.4 Kunderelasjon**

**Servicetjenester:** Ved installasjon er det viktig å ha et tett samarbeid med kunden. Med tiden vil forholdet til kunden omhandle vedlikehold og potensielle problemer som oppstår med anlegget. Relasjonen mellom aktør og kunde vil også omhandle kundens egen evne til å drive anlegget etter installasjon. Kunderelasjon prioriteres høyt, da ord sprer seg fort og bygger større kundegrunnlag. Det kan bidra til å gjøre andre observante på at løsningene fungerer og dekker behov kundene har.

**Kundestøtte:** Gjennom callcenter og kundestøtte må kunderelasjon opprettholdes etter installasjon. For leieavtaler og betalingstjenester vil relasjonen til kundene forbli viktig, så aktørene ikke mister disse kundene. For kunder gjennom kontantsalg og finansieringsavtaler

vil det ha en positiv effekt hvis problemer som oppstår etter installasjon blir møtt med skjønn, slik at kundene forblir fornøyde.

### 6.3.5 Inntektsstrøm

Ifølge The World Bank finnes det fire forskjellige inntektsmodeller for SHS [83]:

- **Kontantsalg**
- **Finansieringsavtaler** for systemet gjennom meglere og banker
- **Leasingavtaler**
- **Betaling for tjeneste** gjennom en fastsatt sum periodevis

Utover dette vil analyser av behovene hos kunden bli prisbelagt. Installasjonskostnader vil påberegnes kunden. Service og vedlikehold vil bli prisbelagt etterhvert som det blir nødvendig, noe som er avhengig av avtalen med kunden. Utstyr i enkeltform kan også bli solgt og leid ut.

Det blir kontraktfestet hvordan kunden skal betale aktøren. For alle ordningene utenom kontantsalg, kan det i noen områder være nødvendig med lokale supportsentre der kunden kan betale etter avtale. Videre vil bankoverføringer være mulig gjennom giro, både over post og internett.

### 6.3.6 Ressurser

**Menneskelige:** Det trengs mye kompetanse blant personale i selskapet. Dette gjelder spesielt serviceteknikere og installatører. Arbeiderne i selskapet må lære opp kundene til å kunne styre anleggene selv i fremtiden.

**Materielle:** Likviditet er viktig, slik at varer og utstyr kan bestilles når det trengs. Dette for at aktørene ikke mister viktige kontrakter i påvente av økonomiske ressurser.

Hovedsakelig vil aktører drive med PV-anlegg, men aktører burde ha finansielle ressurser og nettverk til å ordne andre løsninger utenfor deres hovedområde når det er nødvendig.

### 6.3.7 Kjerneaktiviteter

**Problemløsning:** Aktørene må drive med problemløsning gjennom planlegging og prosjektering. Kundene har problemer i forskjellige størrelsesorden. Disse må løses gjennom beregninger og planlegging av aktørens team, som må være i stand til å skreddersy systemer til både de individuelle og samlede husholdningene.

**Oppfølging:** Neste steg etter installasjon er oppfølging. Dette gjelder både det tekniske systemet og kundenes tilfredshet.

### 6.3.8 Partnere

**Finansieringsbyrå:** Det er mange kunder som ikke har råd til løsningen uten finansieringshjelp. Blant aktørenes viktigste partnere er finansieringsbyråer som kan tilby lån til kundene.

**Leverandør:** Leverandører av utstyr bidrar til å levere verdiløftet. De må ha en forståelse for hva som tilbys, slik at avtaler og vareleveranser blir prioritert. Tillit mellom aktør og leverandør står sentralt for å kunne levere verdiløftet. Aktørene må ha leverandører av PV-moduler, invertere, laderegulatorer, batterier samt ledninger og materiale til konstruksjon av anleggene.

Det vil også være nødvendig for aktørene å ha god relasjon til leverandører av andre energiløsninger, for å kunne bestille dette når det er nødvendig. Statlige etater og organisasjoner som jobber med fornybare prosjekter og forsyning er av viktighet, da gode forhold til disse blir essensielle for å kunne hente inn midler og kundegrupper til DRE-prosjekter. Dette bringer også inn eksterne krefter som hjelper til med gjennomføring av prosjektene.

### 6.3.9 Kostnader

**Innkjøp:** Utstyr og deler, sammen med lagerkostnader og leie av lokaler er de største kostnadene for aktørene.

**Markedsføring:** Aktiv markedsføring er nødvendig for å tilegne seg nye kunder, og kostnader vil beløpe i tråd med dette.

**Personale:** Mannskap hos aktørene i alle stillinger vil være en kostnad. Kunnskap og kompetanse hos personale er dyrt å hente, og dermed vil kostnadene i forretningsmodellen være både materielle og ikke-materielle på lik linje med ressursene.

## 7. Diskusjon av forretningsmodellene opp mot to fremtidsscenarier

Aktørenes forretningsmodeller blir diskutert opp mot to tenkte fremtidssenarioer. I begge scenariene forutsettes det at den tradisjonelle rollefordelingen i kraftsystemet er den samme. Det tenkes at en større andel fornybar energi innføres i kraftsystemet, at det fortsatt er et stort fokus på å nå utslippsmål, og at de nødvendige IKT-løsningene er tilgjengelige.

**Scenario 1:** Som følge av elektrifisering av transport og oppvarming, samt en stor befolkningsvekst, har forbruket av elektrisitet økt i større grad enn utbygging i kraftnettet. Dette fører til store flaskehalsar i enkelte områder og stor belastning i topplasttimene. Dette scenariet er valgt på bakgrunn av vekst i forbruk som nevnt i delkapittel 2.4. Det kan dermed bli et stort behov for utbygging i kraftnettet, noe som kan være en utfordring.

**Scenario 2:** Lagringsmuligheter for energi gjennom batterikapasitet og hydrogen har nådd langt, og prisen på disse har falt til et overkommelig nivå. Dette fører til større muligheter for aktører i kraftmarkedet. I delkapittel 2.4 kommer det frem at Li-on batterier skal ha et sterkt prisfall i fremtiden.

Disse scenariene har blitt valgt som eksempler på utfordringer og muligheter i fremtiden. Dagens utvikling viser at disse scenariene er sannsynlige. Det blir sett bort fra forhold som ikke er beskrevet i scenariene.

### 7.1 Scenario 1: Aggregator

Håndtering av kapasitetsskranke er en sentral utfordring for dagens kraftsystem. Diskusjonen i denne delen er derfor preget av noen aktiviteter som aggregatorer allerede tilbyr i dag.

I dette scenariet er det behov for å avlaste kraftnettet. Det betyr at det er behov for oppreguleringsressurser i det aktuelle området, hvilket kan innebære forbruksreduksjon eller en produksjonsøkning innenfor områder med flaskehalsar.

#### 7.1.1 Aggregatorens multisidede marked øker

Når prisene typisk er høye under topplasttider, og erfaring viser manglende respons fra alminnelige forbrukere, vil systemoperatører i større grad henvende seg til aggregatorer for å sikre forsyningssikkerheten i sitt område. Her vil aggregatoren drive lastkontroll for å skape forbruksreduksjon.

I et slikt scenariet vil kraft-ubalanser hos kraftleverandører ha større konsekvenser for kraftnettet, og dermed kan det tenkes at regulerkraftprisen øker. I sin tur kan dette føre til at

flere kraftleverandører henvender seg til aggregatorer for å styre sluttbrukernes laster. Aggregatorens rolle blir viktigere, og det multisidede markedet blir viktigere enn før.

### **7.1.2 Massemarkedet blir en viktigere inntektskilde**

Når kraftnettet utsettes for store kapasitetsskranke, kan det bli mer fokus på langsiktige energisparingsmål. Siden mange aggregatorer selger teknologi for energieffektivisering, kan det tenkes at slike løsninger blir viktigere. Staten kan tilby insentiver og støtte for bruk av disse. Slike tiltak kan gi kraftleverandører bedre innsikt i forbruk hos sluttbrukere, og det kan tenkes at massesalg av slik teknologi til kraftleverandører blir et større marked.

Massemarkedet vil kunne fungere som en viktigere inntektskilde.

### **7.1.3 Aggregering av DE blir mer aktuelt**

I områder med begrensninger i overføringen av strøm kan aggregatoren også tilby produksjon gjennom DE. Dette blir blant annet gjort av en aggregator i England [71], gjennom sluttbrukere som har standby generatorer eller uavhengig vannkraft tilgjengelig. En typisk kjøper av tjenesten vil være DSO, som med dette ønsker å øke forsyningen i sitt område.

Aggregatorer med nok tilgjengelige enheter vil også kunne ta del i regulerkraftmarkedet ved å tilby produksjon under driftstimen. Dette blir viktig med tanke på den store andelen fornybar teknologi i kraftsystemet. Kravene for å delta i regulerkraftmarkedet ligger på 10 MW for mindre aktører [84], og kan tilfredsstilles av aggregatorer som aggregerer nok enheter. DE kan også effektivt utnyttes for direkte utkobling av last fra kraftnettet. Når systemoperatører ser behov for reduksjon av last, kan eiere av disse generere strøm til seg selv og dermed koble av last fra kraftnettet.

### **7.1.4 Tilgjengelig fleksibilitetskapasitet blir viktigere**

I kapittel 3.5 har det blitt beskrevet ulike produkter en aggregator kan tilby kraftsystemoperatører. I svært anstrengte situasjoner, er det viktig å gi systemoperatører et klarsignal for å igangsette tiltaket. Siden planleggingen av slike hendelser som regel skjer en tid i forveien, må systemoperatøren vurdere ulike tiltak opp mot hverandre, med utkobling av sluttbrukere som det verst tenkelige. Dersom det er en viss usikkerhet i forhold til hvor godt aggregatoren kan tilby forbruksreduksjon, vil det være mindre aktuelt for systemoperatører å benytte seg av tjenesten til aggregatoren pga. konsekvensene dette kan medføre.

For kraftleverandører vil det på samme måte være viktig å beskytte seg mot de høye regulerkraftprisene ved ubalanser, og dersom aggregatoren ikke klarer å levere tjenesten kan



det føre til at aggregatoren selv må kompensere for kraftleverandørens kostnader. Det kan dermed være mer aktuelt å tilby CRP-kontrakter til markedsaktører, der man garanterer at det finnes en viss kapasitet tilgjengelig for forbruksreduksjon. Å ha fleksibilitetskapasitet tilgjengelig blir derfor viktigere, både for aggregatoren og kjøpere. Dette øker behovet for at sluttbrukere faktisk responderer på kontrollsignaler, og aggregatoren kan komme til å endre kontrakter for å sikre bedre respons. I dette scenariet kan det tenkes at kontrollsignaler vil sendes oftere, og en mulighet for aggregatoren er å øke godtgjørelsene til sluttbrukere etter antall besvarte kontrollsignaler.

### **7.1.5 Partnerskap med prosumementaktører**

Siden prosumenter også er sluttbrukere, kan de også bidra med forbruksreduksjon for aggregatoren. De kan imidlertid også bidra med å selge strøm til kraftnettet når de har overskudd av strøm, og kan på den måten betegnes som en distribuert genereringsenhet. Det er derfor potensiale for at prosumenter kan fungere som en tilbyder for aggregatoren, med både forbruksreduksjon og produksjonsøkning.

Prosumenterenes produksjonsevner eller lastreduksjonsevner er imidlertid begrenset ved at det kun kan tilbys ved ulike tidsrom på dagen, avhengig av om det eksisterer overskudd av strøm. Prosumementaktørene besitter allerede kunnskap om slike tidsrom gjennom prognoser, og det kan derfor være av interesse å føre partnerskap med dem. Profitten aggregatoren får ved å tilby denne tjenesten til markedsaktører vil dermed deles med en slik aktør. For at dette skal være interessant for prosumementaktører, vil det kreve at mange nok prosumenter er med i aggregatorens portefølje.

## **7.2 Scenario 1: Prosumementaktør**

Scenariet vil kunne øke prosumementaktørens aktivitet. Kundesegmentet forblir stort sett den samme som før, men antall kunder øker. Kunden vil i dette scenariet kunne bli selvforsynt til en viss grad dersom det blir problemer med strømforsyningen fra kraftnettet.

### **7.2.1 Redusert nedbetalingstid for installert utstyr**

Høye strømpriser fører til at strømproduksjonen fra anlegget er mer verdt når det gjelder salg til kraftnettet. Egenproduksjonen vil også være mer verdt ved selvforsyning. Dette kan i sin tur føre til at kundemassen øker når sluttbrukere ser større muligheter for inntjening. For

aktøren betyr dette blant annet raskere nedbetaling på installert utstyr, noe som tilsier at aktørens utfordringer med å skaffe kapital vil minske.

### **7.2.2 Dårlig forsyningssikkerhet fremmer selvforsyning**

Verdiløftet var tidligere basert på å spare strøm, og eventuelt selge strøm til kraftnettet. I dette scenariet spiller forsyningssikkerhet en større rolle for aktørens verdiløfte.

Siden forsyningssikkerhet er et større dilemma, kan salg av batterier bli et større marked tross de høye prisene. Sluttbruker vil da lagre strøm ved lave priser, og utnytte lagret strøm for sin egen sikkerhet eller selge med fortjeneste ved høye priser. Aktøren tjener dermed på å selge en tilleggskomponent som før ikke var like vanlig.

### **7.2.3 Nye avtaler for nedbetaling**

Prosumtøkerer kan nå ta et mindre beløp fra kundene for nedbetaling av utstyr, og kompensere ved å kreve retten til å benytte overskuddsstrømmen. På den måten vil verdiløftet, som innebærer å gi billigere løsninger, styrkes enda mer. Denne overskuddsstrømmen kan selges videre til kraftmarkedet, men det vil kreve at aktøren tilfredsstiller kravene for å delta. Avhengig av hvor høy prisen på strømmen blir, kan det bli aktuelt å tilby gratis anlegg til sluttbrukere.

### **7.2.4 DRE blir støttet**

Statlige instanser kan støtte DRE for å redusere problemene i kraftnettet. DRE nær sluttbrukere er en løsning for å dekke etterspørsel uten å bli begrenset av flaskehalser. Dersom staten tilbyr subsidier i et slikt scenarie, kan en del kostnader for utstyr og installasjon dekkes i større grad. Slike subsidier vil kunne øke aktiviteten til aktøren, og vil også fungere som en god markedsføringskanal.

### **7.2.5 Vanskeligheter med økende leasingavtaler oppstår**

Med høye strømpriser, sikre fremtidige gevinster og raskere nedbetaling, kan flere velge leieavtaler i stedet for å kjøpe utstyret med kontant betaling. Kontantsalg gir kapital for videre investering, mens leieavtaler gir prosumtøkeren en høyere og langvarig gevinst. Mange leasingavtaler kan føre til at aktøren sliter med å skaffe nok midler. Aktøren kan ønske å legge mer vekt på kontantsalg, og finansielle partnere kan bli en viktigere del av forretningsmodellen. Flere kunder betyr også en økning i bemanningen noe som igjen er kapitalkrevende.

### **7.2.6 Lagringsmuligheter kan avlaste kraftnettet**

Selv om batterier har lite kapasitet og er dyre, kan de benyttes for å balansere den uregulerbare produksjonen fra fornybare kilder. Aktøren kan samarbeide med aggregatorer for å utnytte den fleksibiliteten kundene med lagringsmuligheter har. Denne muligheten er beskrevet i nærmere detalj i kapittel 7.1.

## **7.3 Scenario 1: OGE-aktør**

Når flaskehalsen oppstår, vil OGE-aktører vinne over flere kunder fra områder som tidligere ikke var aktuelle. Det vil ikke lenger kun være fokus på landlige områder, og forbrukere i sentrale områder blir mer aktuelle for OGE-aktørenes løsninger.

### **7.3.1 Flaskehalsen fører til at flere kobler seg av**

Kundegruppene blir større ved flaskehalsen. Kundene kan koble seg av kraftnettet pga. høye kraftpriser eller dårlig tilgang til strøm, siden OGE blir et sikrere alternativ. Systemoperatører kan vurdere å bringe større kundegrupper til OGE-aktører ved store flaskehalsen, for å avlaste kraftnettet. Kunder kan også gå sammen om å sette opp DRE i f.eks. et borettslag hvis de anser løsningen bedre med tanke på forsyning og pris. Det kan også være en mulighet å få koblet av DRE-anlegg som mater strøm inn til kraftnettet, for å avlaste systemet.

Prosumenter har allerede et godt grunnlag, og disse kundene kan med en mindre tilleggsinvestering gå over til OGE. Kunder i områder som ikke har stor tilgang til solenergi, kan pga. flaskehalsene gå off-grid med andre løsninger enn PV-anlegg. Aktørene må i takt med dette utvide sitt kompetansenivå for å møte kravene som dukker opp i markedet.

### **7.3.2 Aktører tilbyr forsyning**

Sikkerhet i form av forsyning blir et nytt verdiløfte som blir levert. Forbrukere vil ha mindre fokus på kilden til strøm, og selve tilgangen blir prioritert. Behovet for å være en del av samfunnet og ha tilgang til strøm blir nå viktigere, da skrankene utelater folk fra å holde følge med utviklingen.

### **7.3.3 Ressurser og inntekter øker i takt med etterspørsel**

Med en økning i etterspørsel, vil det være aktuelt for aktørene å øke prisene på tjenester. De vil også trenge ressurser i form av kompetanse innenfor OGE-områder som tidligere ikke var

like aktuelle. Nye komponenter vil bli nødvendig for å imøtekomme behovene som dukker opp. Andre nødvendige ressurser vil være kapital for å kunne utvide driften i takt med økt etterspørsel. Det blir nå mer aktuelt for aktørene å operere i andre områder enn tidligere. Aktivitetene vil forandre seg i takt med etterspørselen, og med andre energiløsninger.

#### **7.3.4 Andre løsninger**

Det vil dukke opp nye partnere i form av leverandører for andre komponenter enn PV-moduler. Med nye komponenter vil det også bli nødvendig med større lagre for aktørene, og kostnader for varebeholdning kan øke i tråd med dette. Det er også en kostnad å innhente ny kunnskap i form av nye ansatte innenfor de nye feltene som dukker opp.

Aktørene kan fokusere mindre på å nå ut til kundene, da OGE vil være noe kundene i større grad oppsøker selv pga. problemene som oppstår i kraftnettet. Samarbeid med statlige instanser blir også viktigere, da disse i større grad vil være med på å løse problemene befolkningen får pga. flaskehalsene.

### **7.4 Scenario 2: Aggregator**

Økte lagringsmuligheter er av betydning for virksomheten til aggregatoren. For at dette skal fungere optimalt, er det nødvendig med teknologi som raskt av- og påkobler batterier automatisk etter ulike signaler. I diskusjonen under forutsettes det at aggregatoren har installert slik utstyr hos sine sluttbrukere.

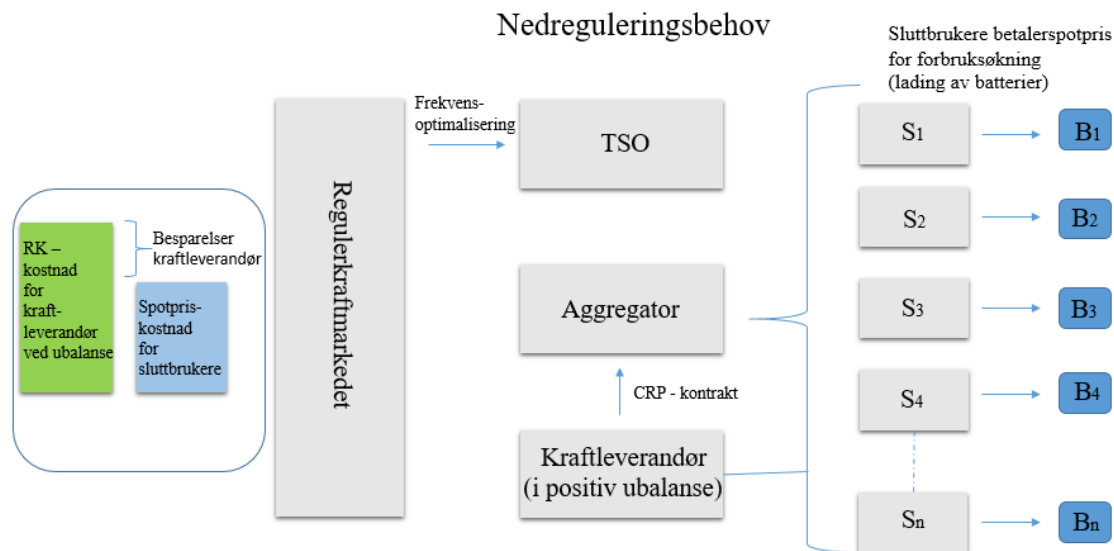
#### **7.4.1 Tjenester som kan tilbys systemoperatører**

Aggregatoren kan nå tilrettelegge for at sluttbrukere lagrer strøm når prisene er lave, og bruker denne strømmen i topplasttimer, da prisene er høyere. Fra systemoperatørens synspunkt betyr dette at last kuttes vekk fra topplasttimene, men at et tilsvarende forbruk belastes lavlasttimene.

Batterier muliggjør større fortjenester for aggregatører om de bruker dette som et effektivt virkemiddel i regulerkraftmarkedet. Sluttbrukere med batterier kan tilby både forbruksøkning og forbruksreduksjon. Produktet CRP kan bli mer aktuelt enn tidligere, dersom aggregatoren klarer å tilrettelegge for dette. I praksis vil det kreve at et stort antall sluttbrukere er inkludert i porteføljen til aggregatoren, og at man med sikkerhet kan vite hvor mye tilgjengelig kapasitet som kan lagres i batterier ved kontrolls signaler, til enhver tid. Dette er beskrevet nærmere i følgende delkapitler.

### 7.4.2 Tjenester som kan tilbys kraftleverandører

Slik som tidligere, er kraftleverandører fortsatt opptatt av å redusere kraft-ubalanser. I et samarbeid med aggregatorer, kan det nå tilrettelegges for bruk av batterier for å perfektionere kraftbalansen. Når f.eks. kraftleverandøren har kjøpt inn for mye kraft til sine kunder, kan aggregatoren aktivere batterier hos sluttbrukerne, slik at strøm trekkes og lagres når det ikke er behov for forbruk. En mulighet er at en liten mengde strøm lagres i batteriene til mange nok sluttbrukere, slik at det summeres opp til den ønskede mengden. Slik blir kostnaden liten for hver sluttbruker som betaler spotprisen. En annen mulighet er imidlertid at kraftleverandørens betaling til aggregatoren inkluderer slike kostnader, slik at aggregatoren kan kompensere sluttbrukere for dette. Dette gir mening for kraftleverandøren så lenge regulerkraftprisen for ubalanser ligger høyere enn spotprisen. Denne løsningen er illustrert i figur 21.

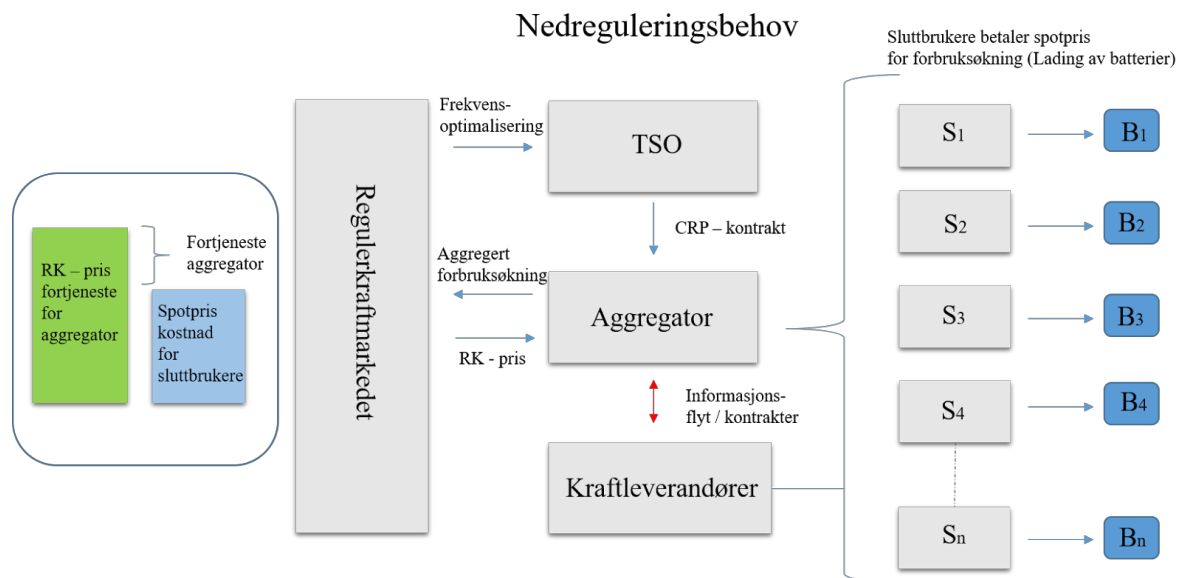


Figur 21: Aggregatorens tjenester til kraftleverandør ved bruk av batterier

### 7.4.3 Aggregatorens laststyring av sluttbrukere

Med batterier vil sluttbrukere kunne beholde sin passive atferd. Når prisene er lave, f.eks. om natten, kan batteriene bli ladet opp. Batteriene vil videre utlades i topplasttimene, og overgangen vil være lite merkbart for sluttbruker. Besparelser for sluttbrukere vil avhenge av differansen i kraftprisen mellom disse to periodene. I dette scenariet er det ikke antatt at det er begrensninger i kraftnettet, og prisforskjellen gjennom dagen vil ikke variere ekstremt.

Sluttbrukere kan ha en passiv holdning når de tar del i regulerkraftmarkedet også. Det vil kreve at aggregatoren har oversikt over hvor mye tilgjengelig kapasitet batteriene i hans kundeportefølje har til enhver tid. For å illustrere dette med et eksempel, kan vi ta i betraktning en situasjon der det er behov for nedreguleringsressurser. Dersom mange nok sluttbrukere har ledig kapasitet i sine batterier, kan aggregatoren styre disse i retning av å trekke mer fra kraftnettet, og dermed tilby forbruksøkning i regulerkraftmarkedet. Teoretisk sett vil aggregatoren kunne ta betalt regulerkraftprisen for sin tjeneste, dersom han har samme vilkår som andre i regulerkraftmarkedet. Til motsetning vil sluttbrukere måtte betale spotprisen for elektrisiteten de har ladet opp batteriene med. Avhengig av kontrakten mellom aggregator og sluttbruker, kan de økte forbrukskostnadene hos sluttbruker håndteres på ulike måter. En mulighet er at sluttbrukere godtgjøres med den variable regulerkraftprisen. Dette kan være aktuelt dersom aggregatoren tilbyr CRP-produktet til systemoperatøren, siden aggregatoren allerede har sikret en gevinst for å ha kapasitet tilgjengelig. Dette er illustrert i figur 22.



Figur 22: Aggregatorens tjenester til TSO ved bruk av batterier

## **7.5 Scenario 2: Prosumentaktør**

Når lagringsmuligheter er noe som folk flest har tilgang og råd til, kan de brukes aktivt for å balansere produksjonen fra de fornybare energikildene. Ett av kjerneaktivitetene til prosumentaktøren blir å tilrettelegge for dette.

### **7.5.1 På vei til fullstendig selvforsyning**

Fullstendige løsninger kan nå bli tilbudt flere kunder. Siden PV-moduler har sin maksimale produksjon midt på dagen når sola er på toppen, har det tidligere vært et problem fordi husholdningene har mest forbruk utenom denne tiden. En stor del av strømproduksjonen på dagtid ble dermed solgt til kraftnettet, og kundene ble nødt til å kjøpe strøm for å dekke sitt forbruk i den mørke delen av dagen. Overskuddsstrøm fra midt på dagen kan nå lagres i disse batteriene, og brukes ved senere anledninger. Med de riktige teknologiene og IKT-systemene kan prosumentaktøren nå tilrettelegge for større grad av selvforsyning i store deler av året. På en annen side kan muligheten for fullstendig selvforsyning skape større konkurranse med OGE-aktøren.

### **7.5.2 Automatiserte løsninger**

Når det ikke er produksjon av strøm fra PV-modulene, kan batteripakkene brukes for å lagre strøm fra kraftnettet når prisen er lav og selge tilbake når strømmen har en høyere pris. Prosumentaktøren kan tilby automatiserte løsninger for av- og påkobling av batteriene, og kan kreve retten til å kontrollere handelen og skape profitt.

### **7.5.3 Nye partnere**

Dersom transportsektoren i større grad lykkes med elektrifisering, kan prosumentaktøren inngå samarbeid med aktører fra transportsektoren. Sluttbrukere kan f.eks. få rabatt på PV-anlegg hvis de kjøper elbiler fra en samarbeidspartner. Disse kan lades med overskuddsstrøm fra PV-anleggene. Overskuddsstrøm kan benyttes for å lage hydrogen gjennom elektrolyse. Et lignende samarbeid kan være aktuelt med aktører som selger hydrogenbiler.

### **7.5.4 Avtalene får en annen form**

Med mer kompliserte anlegg, kan prosumentaktøren tilby nye avtaler og tjenester som overvåking, veiledning for maks utnyttelse av utstyr og salg av produksjon enten i form av strøm eller hydrogen. Aktøren kan selge systemene billigere og beholde retten til å bruke

overskuddsstrømmen som benyttes for slike formål. En mulighet er at det settes et tak for hvor mye overskuddsstrøm som kunden kan benytte selv, mens resten blir brukt av prosumentaktøren i henhold til profittmaksimerende aktiviteter.

### **7.5.5 Aktøren får nye roller**

Istedenfor å basere sin virksomhet i hovedsak på finansiering, kan prosumentaktøren trå inn i en rolle som rådgiver eller analytiker. Aktøren kan utvikle løsninger som tillater rask respons for å lagre eller selge strøm basert på variasjon i strømprisen. Beregning og planlegging blir viktigere, og det skal være enda viktigere om hydrogen eller batteri vil være det mest passende for en kunde. Spørsmål som hvor stort et anlegg skal være, om det er nok med en størrelse som dekker eget behov eller hvorvidt man skal ha en viss kapasitet for salg i tillegg, vil stå sentralt.

Prosumentaktøren kan også innta en viktig rolle i hydrogenbransjen. Kundenes hydrogenanlegg kan brukes som stasjoner der prosumentaktøren samler inn produsert hydrogen fra kundene sine og selger videre.

### **7.5.6 Investorer spiller mindre rolle i lengden**

Med høyere gevinster for sluttbrukere, kan nedbetalinger skje raskere. Det kan tenkes at betaling i mindre grad skjer som leasing. Det betyr at prosumentaktøren vil ha en høyere inntektsstrøm i begynnelsen av salget, og behov for investorer kan reduseres. Når prisen faller til et nivå som er akseptabelt for folk flest, vil insentiver bli mindre aktuelt.

## **7.6 Scenario 2: OGE-aktør**

Med bedre lagringsmuligheter vil OGE bli mer lønnsomt for flere forbrukere. Aktørene burde i tråd med dette øke sitt tilbud og endre hvem de har som sentrale partnere.

### **7.6.1 Billigere batterier gjør prisene overkommelige**

Med billigere og bedre batterier, blir OGE mer konkurransedyktig enn tidligere. Det vil føre til at flere forbrukere som tidligere ikke har hatt råd til løsningen, vil kunne oppnå dette nå. Med større kapasitet på batteriene blir også løsningen mer aktuell for kunder med større forbruk.

Det å være miljøvennlig vil ikke lenger være like dyrt. Prosumenter som tidligere har solgt strøm til kraftnettet, kan gå over til OGE ved å investere litt mer i anlegget med større



batteribanker. Med dette vil de kunne bruke strømmen de produserer selv, som vil være attraktivt om dagens lover og regler for salg tilbake til kraftnettet holder seg.

Kunder som tidligere ikke har funnet løsningen gunstig pga. sikker forsyning fra kraftnettet kan finne OGE lønnsomt, nå som investeringskostnaden er mindre enn tidligere. Større boligsameier kan mye enklere gå off-grid i form av DRE med bedre kapasitet i batteriene, og med dette lagre energi som er nødvendig å ha på lager. Løsningen vil også bli vurdert i områder der tilgangen på solenergi ikke er så stor, siden lagringsmulighetene har blitt mye bedre. Aktørene må med dette utvide drift og tilbud for å kunne skape mest mulig verdi.

### **7.6.2 Markedsførings- og inntektsmodellen endrer seg**

Det vil nå være enklere å hente inn flere kunder over internett. Flere kunder vil finne OGE-løsningen interessant pga. lavere investeringskostnader, og miljøvennlighet vil kunne lønne seg i en større grad.

Batteribankene vil bli en større del av anleggene, og salget av batterier vil dermed øke. Andre lagringsmetoder som hydrogen kan også havne blant aktørenes tilbud. Ettersom anleggene blir billigere vil leieavtaler bli mindre brukt, men burde fremdeles være en del av modellen. Dette for å ha et stort tilbud for flest mulig forbrukere.

### **7.6.3 Finansiering ikke lenger en viktig del av forretningsmodellen**

Finansieringsbyråer vil ikke lenger være viktige partnere, da kunder i større grad vil kunne finansiere de nye anleggene selv. Det vil dukke opp flere partnere i form av leverandører slik at kundene kan få et bredere valg også utenom PV. Statlige etater trenger ikke lenger å støtte ordningene, og vil derfor falle bort som viktige partnere. Kostnader innenfor bemanning og kompetanse vil øke med et større tilbud, mens innkjøpskostnader vil falle i takt med billigere priser fra leverandørene.

## 8. Konklusjon

Kraftsystemet er under store endringer, noe som gir rom for nye forretningsmodeller og nye aktører i det eksisterende kraftmarkedet. Formålet med denne masteroppgaven var å finne ut hvordan forbrukerinvolverende aktører kan tilpasse sine forretningsmodeller i tråd med fremtidens utfordringer og muligheter. Det er forventet at disse aktørene kan tilpasse seg markedet raskere enn markedet kan tilpasses dem. Business Model Canvas ble brukt som analyseverktøy for å dekomponere og forstå forretningsmodellene til aktører innen forbrukerfleksibilitet, prosumertjenester og off-grid.

To scenarier ble lagt til grunn for å besvare problemstillingen. Det ene scenariet beskrev en situasjon med store kapasitetsskranke i kraftnettet, mens det andre beskrev en situasjon hvor prisen på lagringsmuligheter har falt og effektiviteten økt. Forretningsmodellenes tilpasningsmuligheter til disse scenariene ble deretter analysert.

Studien har vist at for begge scenariene vil alle tre type aktører øke sin verdiskapning, i det eksisterende kraftmarkedet, ved at deres kundemasser øker. I tillegg burde de tilpasse sine forretningsmodeller for å øke verdiskapningen ytterligere;

**Scenario 1: Aggregatoren** blir i perioder med store kapasitetsskranke mer attraktiv for kraftleverandører dersom prisen på regulerkraft øker. Samtidig må aggregatoren stimulere sluttbrukerne til å respondere på kontrollsignaler i større grad. Salg av energieffektiviseringsteknologi bør tillegges ekstra vekt. **Prosumertaktøren** kan, pga. høye kraftpriser, overta deler av overskuddsstrømmen og selge den selv. For å få en raskere inntektsstrøm kan aktøren endre inntektsmodellen ved å satse mer på nedbetalingsplaner. DRE blir viktigere for å løse kapasitetsproblemene, og et partnerskap mellom aggregatoren og prosumertaktøren kan være lønnsomt. **OGE-aktøren** blir nødt til å utvide tilbudet sitt utenom PV. Markedsføring blir mindre nødvendig, men den må baseres på garantier for å dekke forsyningsbehov. Samarbeid med statlige organer kan bedres for å avlaste kraftnettet med OGE.

**Scenario 2: Aggregatoren** tilrettelegger for både forbruksøkning og forbruksreduksjon ved bruk av batterier hos sluttbrukere, og har potensiale for å delta mer effektivt i regulerkraftmarkedet. I dette tilfellet kan aggregatoren tilrettelegge for at sluttbrukere godtgjøres med regulerkraftprisen. Det må tilrettelegges for at sluttbrukere samarbeider i større grad. **Prosumertaktøren** burde øke fokus på kontantsalg fremfor leasingavtaler. Tjenester som rådgivning eller overvåking kan bli mer aktuelle. Aktøren kan også danne partnerskap med forhandlere av el- og hydrogenbiler, i form av pakkeavtaler.

**OGE-aktøren** burde rette seg mot kunder med større forbruk og satse mer på DRE-prosjekter. Batterileverandører blir viktigere partnere fremfor finansieringsbyråene. Markedsføring rettet mot prosumenter kan lønne seg for OGE-aktøren.

Masteroppgaven har ikke tatt for seg kvantitative vurderinger. Tilpasning i forhold til scenariene burde også begrunnes gjennom tallfestet informasjon og analyse. Aktørene og deres markeder er vidt forskjellige, og det kunne derfor blitt benyttet ulike analyseverktøy tilpasset de ulike aktørene. Påvirkning på kraftsystemet gjennom aktørenes aktiviteter har blitt lagt mindre vekt på, til tross for at det er av stor betydning for deres vekstmuligheter. Da dette er nytt tema og det finnes lite forskning på området, har nettsider blitt brukt for å innhente mye av informasjonen. Direkte kontakt med aktuelle aktører ville ha gitt bedre grunnlag for analysen av deres forretningsmodeller. Disse elementene burde bli tatt i betraktning for å danne et bilde av hvilke implikasjoner som forekommer i fremtiden med de aktuelle utfordringene og mulighetene. En studie i form av kvantitative analyser vil være et godt supplement til denne studien.

## Referanser

- [1] Union Bank of Switzerland. (2014). *Will solar, batteries and electric cars re-shape the electricity system?*. Zürich. 11s.
- [2] University of Cyprus. *Future Power*. [Lest 07.05.2016]. Tilgjengelig fra: [http://psm.ucy.ac.cy/wp-content/uploads/2015/08/Future\\_Power.jpg](http://psm.ucy.ac.cy/wp-content/uploads/2015/08/Future_Power.jpg)
- [3] Yin, R.K. (2014). *Case Study Research: Design and Methods*. Thousand Oaks: SAGE Publications.
- [4] Jørgensen, S. & Pedersen, L. J. T. (2013). *Ansvarlig og lønnsom: Strategier for ansvarlige forretningsmodeller*. Oslo: Cappelen Damm Akademisk. 31 s.
- [5] Financial Times. *Definition of business model*. [Lest 07.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://lexicon.ft.com/term?term=business-model>
- [6] Innovasjon Norge. *Slik lager du forretningsmodell*. Bilde lastet ned fra powerpoint presentasjon lagt ved i artikkelen [Lest 07.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://www.innovasjon norge.no/no/grunder/ideutvikling/slik-lager-du-en-forretningsmodell/>
- [7] Osterwalder, A. & Yves, P. (2010). *Business Model Generation*. New Jersey: John Wiley & Sons. 288 s.
- [8] DNB. *Starte egen bedrift*. [Lest 07.05.2016]. Tilgjengelig fra: <https://www.dnb.no/bedrift/tema/starte-as/nyheter/141030-inspirasjon-canvas-1-2.html>
- [9] Fornybar.no. *Kraftoverføring*. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://www.fornybar.no/overforing-og-lagring-av-energi/kraftoverforing>
- [10] Olje- og energidepartementet. *Strømforsyning og strømnettet*. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/energi/stromnettet/stromforsyning-og-stromnettet/id2353792/>
- [11] Hafslund ASA. *Slik er strømnettet bygd opp*. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <https://www.hafslund.no/omhafslund/nett/3082>
- [12] Statistisk sentralbyrå. *Elektrisitet, desember 2015*. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/elektrisitet/maaned/2016-02-04>
- [13] Rosvold, K.A. (14.02.2015). *Kraftselskap*. [Internett], Store norske leksikon. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/kraftselskap>
- [14] Olje- og energidepartementet. *Heleide selskaper*. [Lest 10.05.2016]. <https://www.regjeringen.no/no/tema/energi/statlig-eierskap-i-energisektoren/heleide-selskaper/id2353253/>

- [15] Forskrift om systemansvaret i kraftsystemet. *Fastsatt av Norges vassdrags- og energidirektorat 7. mai 2002 med hjemmel i forskrift av 7. desember 1990 nr. 959 om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m. (energilovforskriften) § 9-1, og lov av 29. juni 1990 nr. 50 om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m. (energiloven) § 10-6.*
- [16] Olje- og energidepartementet. *Prop. 35 L (2015-2016)*. [Lest 10.05.2016]  
<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/prop.-35-l-20152016/id2465718/?q=&ch=4,4.3>
- [17] Rosvold, K.A. (21.12.2015). *Kraftleverandør*. [Internett], Store norske leksikon. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/kraftleverandør>
- [18] Bye, T. Bjørndal, M. Doorman, G. Kjølle, G. & Riis, C. (2010). *Flere og riktigere priser - Et mer effektivt kraftsystem*. Oslo: Ekspertutvalget om driften av kraftsystemet.
- [19] Brekke, T. A. Breidlid, E. Johnsen, J. Karsrud, A. Rye, E. A. & Haraldseth, M. S. (2015). *Markedsløsninger for neste generasjon kraftsystem*. Oslo: Statnett SF
- [20] Statnett SF. *Primærreserver (FCR)*. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://www.statnett.no/Drift-og-marked/Markedsinformasjon/Primarreserver/>
- [21] Statnett SF. *Sekundærreserver (FRR-A)*. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://www.statnett.no/Drift-og-marked/Markedsinformasjon/sekundarreserver/>
- [22] Statnett SF. *Tertiærreserve (FRR-M)*. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://statnett.no/Drift-og-marked/Markedsinformasjon/RKOM1/>
- [23] NVE. *Nettleie*. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/stromkunde/nettleie/>
- [24] WADE. *What is DE?*. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: [http://www.localpower.org/deb\\_what.html](http://www.localpower.org/deb_what.html)
- [25] Solar Choice. *Residential solar PV price index - September 2015*. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://www.solarchoice.net.au/blog/residential-solar-system-prices-september-2015>
- [26] Murray, B. & Christiansen, C. (2015). *Energy Storage Study*. Sydney: AECOM Australia Pty Ltd. 10 s.
- [27] International Energy Agency. (2015). *World energy Outlook 2015 Factsheet*. Paris: IEA.
- [28] NVE. *Ny teknologi og forbrukerfleksibilitet*. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/elmarkedstilsynet-marked-og-monopol/sluttbrukermarkedet/ny-teknologi-og-forbrukerfleksibilitet/>
- [29] U.S. Department of Energy. (2006). *Benefits of Demand Response and Recommendations*. 10 s.

- [30] Ikäheimo, J. Evens, C. & Kärkkäinen, S. (2010). *DER Aggregator Business: the Finnish Case*. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland.
- [31] Rosvold, K.A. (14.02.2009). *Grunnlast*. [Internett], Store norske leksikon. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/grunnlast>
- [32] Public Service Commission of Wisconsin. (2011). *Electricity Use and Production Patterns*. Madison: PSC. 2 s.
- [33] Havskjold, M. (2010). *Valg av energikilde for grunnlast i et fjernvarmesystem*. Oslo: Xrgia Analyse & Rådgivning. 12 s.
- [34] Clarke, C. (05.07.2012). *Explainer: Base Load and Peaking Power*. KCET. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <https://www.kcet.org/redefine/explainer-base-load-and-peaking-power>
- [35] ENTSO-E. (2014). *ENTSO-E Overview of transmission tariffs in Europe: Synthesis 2014*. 15 s.
- [36] Mandatova, P. & Mikhailova, O. (2014). *Flexibility and Aggregation: Requirements for their interaction in the market*. Brussel: EURELECTRIC. 7 s.
- [37] Labatut, M. Mandatova, P. & Renaud, C. (2015). *Designing fair and equitable market rules for demand response aggregation*. Brussel: EURELECTRIC. 10 s.
- [38] ADDRESS. (2012). *Aggregate Consumer's Flexibility in Consumption and Generation to Create "Active Demand"*. 6 s. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: [http://www.addressfp7.org/config/files/Nordac10\\_ADDRESS.pdf](http://www.addressfp7.org/config/files/Nordac10_ADDRESS.pdf)
- [39] Statnett SF. (25.06.2015). *Vilkår for anmelding, håndtering av bud og prissetting i regulerkraftmarkedet (RKM)*.
- [40] Hu, Q. & Li, F. (2015). *An Optimal Framework for Residential Load Aggregators*. IEEE
- [41] Comverge. (2015). *Will SMECO CoolSentry affect my comfort level?*. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://www.smecocoolsentry.com/residential/faq.php#program1>
- [42] NVE. (02.05.2016). *Plusskunder*. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/elmarkedstilsynet-marked-og-monopol/nettjenester/nettleie/tariffer-for-produksjon/plusskunder/>
- [43] Honkasalo, N. & Géron, A. (2015). *Prosumers - an integral part of the power system and the market*. Brussel: EURELECTRIC. 6 s.
- [44] Chmielewski, A. & Radkowski, S. (2015). *Prosumer on the Energy Market: Case Study*. Warszawa: Warsaw University of Technology. 24 s.
- [45] Bramslev, K. T. (2015). *Høringssvar - Måling og avregning av plusskunder*. Oslo: Grønn Byggallianse. 1 s.

- [46] Aadland, C. (21.03.2016). *Han selger videre strømmen han ikke trenger selv*. [Internett], Syslagrønn. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: [http://syslagronn.no/2016/03/21/syslagronn/han-selger-videre-strommen-han-ikke-trenger-selv\\_79125/](http://syslagronn.no/2016/03/21/syslagronn/han-selger-videre-strommen-han-ikke-trenger-selv_79125/)
- [47] NVE. (10.12.2015). *Solenergi*. [Lest 23.04.2016]. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/energiforsyning-og-konsesjon/solenergi/>
- [48] PV Parity. (2012). *Electricity prices scenarios until at least the year 2020 in selected EU countries*. Munich: WIP - Renewable Energies. 3 s.
- [49] Nilsen, J. (20.10.2015). *Oslo utvider støtteordning for solceller*. [Internett], Teknisk Ukeblad. [Lest 23.04.2016]. Tilgjengelig fra: <http://www.tu.no/artikler/oslo-utvider-stotteordningen-for-solceller/275805>
- [50] Sandnes, E. & Fladen, B. A. (2015). *Forslag til endring i kontrollforskriften og avregningsforskriften vedrørende plusskundeordningen*. Oslo: NVEs hustrykkeri.
- [51] Vogt, Y. (01.02.2012). *Nye solceller fanger opp tre ganger så mye energi*. [Internett], Forskningsmagasinet Apollon. [Lest 24.04.2016]. Tilgjengelig fra: <https://www.apollon.uio.no/artikler/2009/nano-solceller.html>
- [52] Benjaminsen, C. (12.03.2015). *Framtidens solceller blir byggevare*. [Internett], Gemini. [Lest 24.04.2016]. Tilgjengelig fra: <http://gemini.no/2015/03/framtidens-solceller-bli-byggevare/>
- [53] Rosvold, K.A. (14.02.2009). *Nettap*. [Internett], Store norske leksikon. [Lest 25.04.2016]. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/nettap>
- [54] Sand, K. (14.09.2012). *Smart Grids - The Norwegian situation*. Sion: National Conference on Smart Energy. 14 s.
- [55] Rickerson, W. Couture, T. Barbose, G. Jacobs, D. Parkinson, G. Chessin, E. Belden, A. Wilson, H. & Barrett H. (2014). *Residential Prosumers - Drivers and Policy Options (RE-PROSUMERS)*. Utrecht: IEA-RETD. 50-54 s.
- [56] Ehara, T. (2009). *Overcoming PV grid issues in the urban areas*. IEA. 10 s.
- [57] U.S Department of Energy. *Off-Grid or Stand-Alone Renewable Energy Systems*. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://energy.gov/energysaver/grid-or-stand-alone-renewable-energy-systems>
- [58] Kempener, R. d'Ortigue, O. L. Saygin, D. Skeer, J. Vinci, S. & Gielen, D. (2015). *Off-Grid Renewable Energy Systems: Status and Methodological Issues*. Bonn: IRENA, Innovation and Technology Centre. 7-18 s.

- [59] Grenn Rhino Energy. *Annual Solar Irradiance, Intermittency and Annual Variations*. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://www.greenrhinoenergy.com/solar/radiation/empiricalevidence.php>
- [60] Pallassana, K. (2015). *The Business Case for Off-Grid in India*. New Delhi: The Climate Group.
- [61] Weinrub, A. (2011). *Community Power: Decentralized Renewable Energy in California*. Oakland CA: Local Clean Energy Alliance. 7-9 s.
- [62] Bergh, M. Bleskestad, B. & Bøeng, A. C. (2014). *Høye mål for fornybar energi*. Oslo: Statistisk sentralbyrå. 3 s.
- [63] Solar Systems USA. (18.01.2014). *How to Attain Energy Self Sufficiency with Solar Energy*. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://www.solarsystems-usa.net/how-to-attain-energy-self-sufficiency-with-solar-energy/>
- [64] Preusch, M. (28.08.2008). *Powering Up*. [Internett], The New York Times. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://www.nytimes.com/2008/08/29/greathomesanddestinations/29grid.html>
- [65] Rosen, N. (2008). *How to live off-grid: Journeys outside the system*. London: Bantam Books.
- [66] Imperial College Business School. *Solar Photovoltaics for Rural Electrification and Emissions Mitigation in India*. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://wwwf.imperial.ac.uk/business-school/research/gandhi-centre/research-and-publications/solar-photovoltaics-for-rural-electrification-and-emissions-mitigation-in-india/>
- [67] Just Climate Action. “*We have ambitious goals for renewable energy*”. Ministry of Environment, Forest and Climate Change. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://www.justclimateaction.org/ambitious-goals-for-renewable-energy.html>
- [68] Drevon, F. (21.11.2015). *Her bor de helt avkoblet fra både strømmnett, vann og avløp*. [Internett], Teknisk Ukeblad. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://www.tu.no/artikler/her-bor-de-helt-avkoblet-fra-bade-stromnett-vann-og-avlop/276110>
- [69] Comverge. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: [www.comverge.com](http://www.comverge.com)
- [70] CPower. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://cpowerenergymanagement.com>
- [71] Flexitricity Limited. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <https://www.flexitricity.com>
- [72] NRG Energy Inc. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://demandresponse.nrg.com>
- [73] Innoventive Power. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://innoventivepower.com>
- [74] EnerNOC Inc. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: [www.enernoc.com](http://www.enernoc.com)
- [75] Sunrun. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <https://www.sunrun.com>



- [76] SolarCity. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://www.solarcity.com>
- [77] SunPower Corporation. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://us.sunpower.com>
- [78] SolarCity. *Best Buy stores where you can find SolarCity*. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://solar.solarcity.com/promotions/bestbuy/>
- [79] SMA Solar Technology AG [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://www.sma-america.com>
- [80] Silicon Solar. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://www.siliconsolar.com>
- [81] Juwi India Renewable Energies Pvt Ltd. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://www.juwi.in>
- [82] IBC Solar. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <https://www.abc-solar.in>
- [83] Palit, D. & Krithika, P. R. (2013). *Participatory Business Models for Off-Grid Electrification*. London: Springer-Verlag. 189 s.
- [84] Statnett SF. *Notat: Endring av vilkår for Regulerkraftmarkedet*. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://www.statnett.no/Global/Dokumenter/Vitensenter/RKM/Endring%20av%20Vilk%C3%A5r%20for%20regulerkraftmarkedet%20sep%2009.pdf>
- [85] Statistisk sentralbyrå. (14.07.2014). *Energibruk i husholdningene, 2012*. [Lest 11.05.2016]. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/husenergi/hvert-3-aar/2014-07-14>
- [86] Statistisk sentralbyrå. (18.12.2012) *Folke- og bolig tellingen, husholdninger, 2011*. [Lest 11.05.2016]. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/befolkning/statistikker/fobhushold/hvert-10-aar/2012-12-18>
- [87] Ericson, T. & Halvorsen, B. (2008). *Hvordan varierer timeforbruket av strøm i ulike sektorer?*. Oslo: Statistisk sentralbyrå.
- [88] Sæle, H. & Grande, O. S. (2011). *Demand Response From Household Customers: Experiences From a Pilot Study in Norway*. Trondheim: SINTEF. 108 s.
- [89] Statistisk sentralbyrå. (25.02.2016). *Elektrisitetspriser, 4. kvartal 2015*. [Lest 11.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/elkraftpris>
- [90] Fornybar.no. *Solenergi: Produksjon og marked*. [Lest 11.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://www.fornybar.no/solenergi/produksjon-og-marked>
- [91] Rickerson, W. Couture, T. Barbose, G. Jacobs, D. Parkinson, G. Chessin, E. Belden, A. Wilson, H. & Barrett H. (2014). *Residential Prosumers - Drivers and Policy Options (RE-PROSUMERS)*. Utrecht: IEA-RETD. 26 s.

- [92] Smart energi. *Solceller for hus, rekkehus og leiligheter*. [Lest 11.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://www.smartenergi.com/produkter/solcellepanel-hus/>
- [93] Solcellekompaniet. *Solcellepanel til privatboliger*. [Lest 11.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://www.solcellekompaniet.no/privatboliger/>
- [94] Hafslund ASA. *Målere og utstyr*. [Lest 10.05.2016]. Tilgjengelig fra: [https://www.hafslundnett.no/priser/maalere\\_og\\_utstyr/12300](https://www.hafslundnett.no/priser/maalere_og_utstyr/12300)
- [95] Klima- og energifondet. (2014). *Kommunens tilskuddsordning for enøktiltak i boliger med 1 - 4 boenheter*. Oslo kommune.
- [96] Enova. *Tilskudd for el-produksjon*. [Lest 11.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://www.enova.no/finansiering/privat/enovatilskuddet-/el-produksjon/914/0/>
- [97] Sunny Portal. *2322 Evenstad-Hoiskolen-Laven*. [Lest 11.05.2016]. Tilgjengelig fra: <https://www.sunnyportal.com/Templates/PublicPageOverview.aspx?page=aa73fe7d-0b27-4b4a-86b8-7055513049a4&plant=225ab166-58fb-4816-8fa0-9e34e7377b3d&splang=en-GB>
- [98] Kure, H. M. (2011). *Strømforbruk i norske husholdninger*. Trondheim: NTNU. 15-16 s.
- [99] Bishop, B. & Dzieza, J. (01.05.2015). *Tesla Energy is Elon Musk's battery system that can power homes, businesses, and the world*. [Internett], The Verge. [Lest 11.05.2016]. Tilgjengelig fra: <http://www.theverge.com/2015/5/1/8525309/tesla-energy-elon-musk-battery-announcement>

## Vedlegg 1

### Regneeksempel - Lastendringspotensiale for husholdninger i Norge

Potensiale for lastendring hos husholdninger vil variere fra land til land, og insentivene for deltagelse er generelt sterkt avhengig av strømprisen i landet. I dette regneeksempelet redegjøres det for hva en husholdning kan tjene på å delta i insentivbasert fleksibilitetsprogram i Norge, samt hvilke fordeler det kan gi kraftsystemet. Følgende informasjon legges til grunn:

- Årsforbruk for husholdning: 16 000 kWh [85]
- Andel forbruk i toppplasttimene: 25% (4000 kWh)
- Strømpris i toppplasttimene: 35 øre/kWh
- Strømpris i lavlasttimene: 25 øre/kWh
- 15 kontrollsignaler sendes i løpet av året, der last reduseres tilsvarende 1 kW i tre timer. Forbruket tas ikke opp igjen senere.

Dersom husholdningen flytter 30 % av topplastforbruket i året<sup>2</sup> (1200 kWh), kan en forvente en reduksjon i strømgregningen på  $1200 \text{ kWh/år} \cdot 0,1 \text{ kr/kWh} = 120 \text{ kr/år}$

Det totale reduksjonspotensialet gjennom kontrollsignaler vil være:

$1 \text{ kW/signal} \cdot 3 \text{ h} \cdot 15 \text{ signaler/år} = 45 \text{ kWh}$ . Dette gir husholdningen en besparelse på:  
 $45 \text{ kWh} \cdot 0,9 \text{ kr/kWh}$  (inkl. nettleie og avgifter) = 40,5 kr

For at forbrukerfleksibilitet skal være relevant for sluttbruker, kan en tenke seg insentiver nok til at de tjener 1000 kr i løpet av året. Aggregatoren må da ut med omtrent 840 kr til hver husholdning for å tilfredsstille denne summen.

Selv om insentivene ikke er store, kan en gjennom følgende anslag se hvilken betydning et slikt program kan ha for kraftsystemet:

- Antall husholdninger i Norge: 2 240 000 [86]
- Gjennomsnittlig topplast: 2,5 kW [87]

Dersom 50 % av husholdninger i Norge deltar, og man klarer å flytte eller redusere omlag 30 % av topplasten, vil man avlaste  $2240000 \cdot 0,5 \cdot 0,3 \cdot 2,5 \text{ kW} = 840 \text{ MW}$  i toppplasttimene.

Dette tilsvarer 3,5 % av Norges topplastforbruk i 2010 [88].

---

<sup>2</sup> Reduksjonspotensiale i toppplasttimene har i en tidligere pilotstudie blitt bestemt til 1 kW i Norge, noe som tilsvarer 40 % av topplastforbruket til en husholdning. Pilotstudien tok i bruk tariff, fjernstyring av last, symboler som gjorde husholdningene oppmerksom på toppplasttimene samt en begrenset mengde med husholdninger [88]. Pga. andre forutsetninger i dette regneeksempelet, har vi valgt å benytte 30 % isteden.

## Vedlegg 2

### Regneeksempel - Økonomisk lønnsomhet for en prosument i Norge

For at prosumentaktørens aktivitet skal være relevant for kunder, må de kunne tjene på dette. Et regneeksempel med følgende informasjon er lagt til grunn for å se om det er lønnsomt for prosumenten i Norge:

- Kraftpris ved kjøp fra kraftnettet: 80,1 øre [89]
- Kraftpris ved salg til kraftnettet: 25,9 øre [89]
- Økonomisk levetid for PV-anlegget: 25 år [90]
- Andel egenforsyning: 40% [91]
- Antall driftstimer ved optimale forhold i Norge: 1250 t/år [92]
- Pris for 5 kW-anlegg: 105000 kr [93]
- Pris for smartmåler: 3500 kr [94]
- Støtte fra Oslo kommune: 40% av totalkostnad [95]
- Enova-tilskudd for PV-anlegg: 10000kr + 1250kr/kW [96]

Et kW-anlegg produserer 6250 kWh/år med 1250 optimale driftstimer. 40% av produksjonen går til selvforbruk og resten blir solgt til kraftnettet. Det betyr at 2500 kWh/år går til selvforbruk og 3750 kWh/år selges til kraftnettet.

Når produksjonen dekker forbruk sparer sluttbrukeren 80,1 øre/kWh som består av kraftpris, nettleie og avgifter. Salg til kraftnettet gir bare spotprisen som ligger omtrent på 25,9 øre/kWh. Vi antar at disse prisene er konstante over levetiden på 25 år.

Nåverdien til inntektsstrøm over 25 år utgjør 51782 kr. Totale kostnader for hele anlegget er 108500 kr. Med støtte gitt av Oslo Kommune og Enova på tilsammen 58250kr, vil nettonåverdien til anlegget være 1532 kr. Dette tilsier at det ikke er lønnsomt uten tilskudd fra staten med dagens kraftpriser, da også med en lav fortjeneste.

## Vedlegg 3

### Regneeksempel - Potensiale for OGE med kun PV i Norge

Det er lite solintensitet i et land som Norge. Potensiale for dagens OGE-aktører med PV som hovedområde er avhengig av kostnadene som kundene må dekke for løsningen. Et regneeksempel med følgende informasjon er lagt til grunn for å se hvor mye det koster kunden å gå off-grid i et land som Norge:

- En gjennomsnittlig husholdning har et årlig strømforbruk på 16000 kWh [85].
- For å dekke det gjennomsnittlige forbruket, trengs det et 13kW-anlegg som koster 320 000 kr [93].
- PV-moduler har neglisjerbar strømproduksjon fra og med november til januar i store deler av Norge. [97]
- Det gjennomsnittlige strømforbruket for en enebolig i Norge er 24000 kWh/år [98].
- Eneboliger har omtrent 7700 kWh i gjennomsnittlig strømforbruk i perioden nov-jan [98].
- 10kWh-batterier av nyeste teknologi produsert av Tesla koster \$3500 [99], som tilsvarer 28900 kr i dagens kurs.

Det gjennomsnittlige strømforbruket i perioden nov-jan for husholdninger tilsvarer  $(7700 \cdot 16000)/24000 = 5100$  kWh. For å dekke dette forbruket er det nødvendig med 510 Tesla-batterier. Dette gir en investeringskostnad på  $510 \cdot 28900 = 14740000$  kr.

Selv med finansieringshjelp er kostnadene for dette alternativet for høyt. Det kommer med dette fram at det heller lønner seg å investere i flere energiproduserende anlegg i et land som Norge, for å ha nok strømproduksjon i perioden nov-jan. Andre lagringsmuligheter kan også vurderes, som f.eks. hydrogenanlegg.







Norges miljø- og biovitenskapelig universitet  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway